

## 10 Personal Fabrication & Rapid Prototyping

Nachdem nun der Produktions- und Konsumprozess vom traditionellen Bereich immer mehr in Richtung Kunde geöffnet wurde, wird in diesem Kapitel vor dem Hintergrund der Personal Fabrication die komplette Übernahme der Produktionsaktivitäten auf den Nutzer und Anwender übertragen. Diese können nun nicht nur selbst innovieren, sondern auch eigenständig, ohne die Vorgaben eines dominierenden Unternehmens, frei produzieren.<sup>836</sup> Hierbei helfen neue Technologien wie Plotter oder 3D Drucker.<sup>837</sup>

Teilweise wird bereits von einer Revolution auf dem Desktop gesprochen.<sup>838</sup> Ob dies wirklich der Fall ist, bleibt abzuwarten. Vielmehr handelt es sich um eine natürliche Weiterentwicklung der Open Innovation, die dem Nutzer nun nach der industriellen Revolution wieder mehr Möglichkeiten bietet. Produkte werden nun nicht mehr zentral an einem Ort, sondern wie vor der industriellen Revolution von Vielen gefertigt. Von daher handelt es sich weniger um revolutionäre Aspekte; vielmehr besinnt man sich nach den überzogenen Linien der Arbeitsteilung wieder auf alt Bewährtes, der Eigenentwicklung und Eigenproduktion.

Von daher knüpft die Idee meiner Ansicht wieder an die Komponenten vorindustrieller Produktionstechniken an, welche jedoch heute mit modernen Mitteln wie Computern und 3D-Plottern in die Zukunft getragen werden. In diesem Zusammenhang also von einer Desktoprevolution zu sprechen, ist mehr als fragwürdig und dient eher marketingrelevanten Verkaufsargumenten.

Dennoch ist die Loslösung von zentralisierten Unternehmen ein maßgeblicher Schritt, in dem die Macht aus den Unternehmen heraus auf den einzelnen Nutzer übertragen wird.<sup>839</sup> Dieser kann sich in Einzelfertigung oder Kleinstserien eigene Produkte herstellen, die in der Regel lediglich etwa auf dem asiatischen Markt in einer Massenfertigung produziert wurden.

Hierbei kommen neue Technologien zum Einsatz, die in den folgenden Kapiteln vorgestellt werden. Derzeit ist die Technik noch nicht so weit, als dass sie sinnvoll in jedem Haushalt zum Einsatz kommen könnte, zumal die 3D-Drucker noch nicht korrekt und sauber arbeiten. Dennoch schreitet die Entwicklung hier rasant voran, sodass diese Technik schon bald auch für alltägliche Anwendungen interessant werden kann. Dann ist die Technik nicht mehr nur für Nerds und Spezialisten interessant, die rein technologisch motiviert sind.

Vielmehr findet auch bei der breiten Bevölkerung zunehmend ein Wandel im Konsum statt.<sup>840</sup> Gerade in der derzeit geprägten Wirtschaftssituation, die von Finanzkrisen und Staatspleiten geprägt ist, fragt sich der Einzelne, ob er sich weiterhin abhängig von Unternehmen, Banken

---

<sup>836</sup> vgl. Bergmann (2012), S. 141

<sup>837</sup> vgl. Sennett (2009), S. 118

<sup>838</sup> vgl. Friebe / Ramge (2008), S. 20 ff.

<sup>839</sup> vgl. Bergmann (2012), S. 205

<sup>840</sup> vgl. Belz / Karg / Witt (2007), S. 24

und der Gesellschaft machen soll.<sup>841</sup> Es bahnt sich damit ein Wandel in den Köpfen der Konsumenten und Nutzer und folglich auch in der gesamten Konsumwelt an.

Die Nutzer entwickeln nicht mehr nur mit, sondern produzieren auch selber. Dabei stehen die Massenproduzenten außen vor, die durch ihre Produkte die Bedürfnisse der Kunden bestimmen wollen. Denn durch das sogenannte Fabbing oder auch Personal Fabrication hat der Kunde wieder die Möglichkeit, seine Bedürfnisse direkt zu befriedigen, indem er seine Ideen selbst umsetzt und produziert. Dabei stellt er keine Massenware her, sondern produziert für seinen persönlichen Bedarf.

Diese Klein- und Kleinstserien sind auch in anderer Weise sehr sinnvoll. Hier ist es nicht mehr nötig, dass ein Produkt weit weg vom Verbraucher produziert und dann transportiert wird. Somit wird ein wesentliches Problem dieser Welt als Nebeneffekt mit angegangen. Dieses besteht nämlich nicht in einem allgemeinen Mangel oder einem generellen Überfluss, sondern vielmehr in einer ungleichen Verteilung. Die Produkte, die benötigt werden, befinden sich meist nie am richtigen Platz und müssen kostenintensiv transportiert werden. Durch die Dezentralisierung kann die gesamte Produktionsstruktur an den Ort des Bedarfs und damit auch an den Ort des Verbrauchs überführt werden. Damit verschieben sich die Rollen zwischen den einstigen traditionellen Innovatoren, den Produzenten, Händlern und Konsumenten.<sup>842</sup>

Wenn die Produktion und der Konsum von einer Partei realisiert wird, so rücken die Märkte wieder mehr zusammen, die in den letzten Jahren immer mehr durch eine zunehmende Globalisierung immer weiter auseinander drifteten. Damit wird der Kunde zum aktiven Innovator wie auch zum aktiven Prosumer und Wertschöpfungspartner.<sup>843</sup>

In diesem Kapitel wird dargestellt, welche Wege derzeit möglich sind und was technisch realisiert werden kann. Dabei wird auf verschiedene Verfahrensweisen eingegangen, mit denen derzeit das sogenannte Fabbing betrieben werden kann. Im Anschluss daran wird auf die Bereiche eingegangen, in denen die dezentralisierte Produktion immer mehr an Bedeutung gewinnt. Im darauffolgenden Kapitel wird dann im Rahmen der Untersuchung auch auf das Fabbing eingegangen. Hier wird untersucht, was derzeit möglich ist und was möglich wäre.

## 10.1 Wege und Möglichkeiten

Der Leser darf seinen Gedanken einmal in seine Küche schweifen lassen. Jeder hat es sicherlich einmal selbst erfahren, dass Bedienknöpfe von Küchengeräten gesplittert oder Haltegriffe vom beliebten Kochtopf abgebrochen sind. Ein Ersatz ist meist, wenn überhaupt, nur vom Hersteller selbst mit wochenlangem Warten realisierbar. Wie gestaltet sich also der Gedanke, dass ein ambitionierter Heim-Küchen-Chef seine Bedienknöpfe und Haltegriffe selbst produzie-

---

<sup>841</sup> vgl. Köhler (2008), S. 33 ff.

<sup>842</sup> vgl. Bergmann (2006), S. 125

<sup>843</sup> vgl. Piller (2006), S. 85

ren und in 3D ausdrucken kann? Die Idee scheint zu schön und klingt auf den ersten Blick eher realitätsfern.

Das Fab Lab an der RWTH in Aachen bietet jedoch bereits die Möglichkeit, einen eigenen Drucker herzustellen und diesen im Rahmen von Workshops auch sinnvoll einzusetzen.<sup>844</sup> Hier werden Knöpfe, Teller oder nicht mehr am Markt erhältliche Bedienelemente und Haltegriffe für den persönlichen Gebrauch ausgedruckt und hergestellt. Folglich müssen eventuelle Ersatzteile vom Hersteller nicht mehr auf Vorrat produziert, sondern können vom Kunden und Anwender „on demand“ hergestellt werden.

Damit gewinnt nicht nur der Hersteller, indem er die oft auf Jahrzehnte zu lagernden Ersatzteile kostenintensiv aufbewahren muss, sondern auch der Kunde und Anwender, der schneller diese Ersatzteile verfügbar hat. Denkbar ist später, dass ein Unternehmen dem Nutzer nur noch die entsprechende Datei - wie beispielsweise einer Bedienungsanleitung auf den Serviceseiten eines Laserdruckerherstellers - zur Verfügung stellt und diese dann vom Kunden und Anwender einfach ausgedruckt und eingesetzt werden. Eine Lagerung der Ersatzteile findet dann nur noch in Form von digitalen Daten auf den Festplatten und Servern der Beteiligten statt.

So wird man unter Umständen den Haltegriff eines Topfes auch durch einen anderen, standardisierten Haltegriff ersetzen können. Einen Knopf vom Jackett des Anzugs wird sich sicherlich auch noch im nächsten Kaufhaus oder in der Änderungsschneiderei finden. Komplizierter wird es jedoch bei Dingen, die sich nicht so ohne weiteres lagern lassen. Ein Beispiel ist der Zahnersatz oder bestimmte Knochen, die irreparabel bei einem Unfall gesplittert sind.

Dabei hat die Technologie, die diese Art der schnellen und individuellen Produktion ermöglicht, nichts mehr mit den traditionellen Verfahrensweisen zu tun. Es wird nicht mehr eine Skulptur oder ein Körper aus einem Materialblock herausgefräst, sondern diese entsteht durch schichtweises Auftragen von Material und Masse, welche sich dann zu einem Gesamtgebilde zusammenfügt.<sup>845</sup> Dabei können Produkte erarbeitet werden, die zuvor unter den traditionellen Verfahrensweisen nicht möglich waren. Ein Beispiel sind verschachtelte Gebilde mit mehreren Ebenen und frei beweglichen Kugeln im Inneren. Hierbei gibt es keine Schweißfugen oder Schnittkanten, da das gesamte Gebilde aus einer Einheit heraus entstanden ist.

Diese Methode, in Bezug auf die schnelle Herstellung von Zahnersatz oder Knochen, wird als Rapid Prototyping bezeichnet. Hierbei handelt es sich um einen übergeordneten Begriff, der das sogenannte Fabbg, auf welches später näher eingegangen wird, einschließt. Es können auch im Industriegüterbereich ohne großen Aufwand Teile produziert werden, welche sich dann im Rahmen der Prototypenentwicklung gut einsetzen lassen. Derzeit dauert es sehr lange, bis ein Bauteil gefertigt ist, da die Drucker selbst noch im Prototypenstatus stehen. So kann der Ausdruck eines Bauteils je nach Komplexitätsgrad schon einmal mehrere Stunden oder gar Tage dauern. Von daher ist das Schnelle, also der Bestandteil „Rapid“ in der Bezeichnung, der-

---

<sup>844</sup> s. Internetadressenverzeichnis, Eintrag Nr. 8

<sup>845</sup> vgl. Zäh (2006), S. 12 f.

zeit noch nicht allzu ernst zu nehmen. Dennoch ist diese Verfahrensweise jetzt schon schneller als die Herstellung mit traditionellen Verfahrensweisen.

Die Entwicklung der derzeit im Prototypenstatus stehenden Drucker schreitet sehr schnell voran. Daraus ist dann auch zu schließen, dass sich das Thema mit mehreren Unterbereichen sehr schnell öffnet und ausbreitet.<sup>846</sup> So bildet ein Bereich des Rapid Prototyping das sogenannte Rapid Manufacturing. Hierbei handelt es sich um die gleiche Vorgehensweise wie beim Rapid Prototyping, jedoch wurden die Ergebnisse zuvor auf ihre Anwendbarkeit hin überprüft und können ohne Probleme am Markt in kleinen Chargen angeboten werden. Hier ist es denkbar, dass sogar - ähnlich wie bei der Einzel- oder Sonderfertigung - eine bedarfsbezogene Produktion eingeleitet wird. Diese sagt aus, dass ein Produkt erst dann produziert wird, wenn der Bedarf durch einen Kunden angesprochen wurde.

Dennoch ist der Übergang vom Rapid Prototyping hin zum Rapid Manufacturing fließend. Letztlich wird durch den vermehrten Einsatz die gesamte Technologie ausgereifter und kann durch weitere Druckerversionen immer unkomplizierter und schneller zum Einsatz kommen.

Interessant wird es in diesem Zusammenhang dann, wenn das Rapid Prototyping in Bereichen eingesetzt wird, in denen schnell eine Lösung gefunden werden soll. Beispiele lassen sich hier im Bereich der Medizin finden, in dem beispielsweise Knochen des Patienten zuvor gescannt und dann entsprechend individuell produziert und eingesetzt werden können.<sup>847</sup> Durch entsprechende 3D-Drucker, werden dann Formteile hergestellt, die in den menschlichen Körper eingesetzt werden.

Ähnliche Beispiele lassen sich aber auch im Hobbybereich von Restauratoren nennen. Sind beispielsweise die Armaturen eines Oldtimers nicht mehr rekonstruierbar, so können diese in einem CAD-Programm unter Vorlage von historischen Photos neu gezeichnet und anschließend wieder ausgedruckt bzw. ausgefräst werden. Mit dieser Methode lassen sich also unkompliziert einzelne Werkstücke herstellen, die andernfalls nur mit einem sehr großen Aufwand herzustellen wären.

Ein Ableger des Rapid Prototypings stellt neben dem Rapid Manufacturing auch das Rapid Tooling dar. Hierbei handelt es sich um eine geschickte Herangehensweise des selber Bauens von Werkzeugen, die dann wiederum eingesetzt werden, um im Rahmen des Rapid Prototypings oder Rapid Manufacturing neue Produkte zu erstellen.<sup>848</sup>

So stellt man am Fab Lab an der RTWH Aachen bereits eigene Drucker her, mit denen dann Bauteile für weitere Anwendungen hergestellt werden.<sup>849</sup> Folglich drucken die Partizipanten dort ihren Drucker selber aus, um wiederum eigene individuelle Produkte herstellen zu können. Hier

---

<sup>846</sup> vgl. Sennett (2009), S. 113 ff.

<sup>847</sup> vgl. Neef (2005), S. 12

<sup>848</sup> vgl. Neef (2005), S. 14 f.

<sup>849</sup> s. Internetadressenverzeichnis, Eintrag Nr. 8

ergibt sich im Vergleich zu traditionellen Herstellern auch ein wesentlicher Vorteil hinsichtlich der Zeit und den Kosten. Denn wenn ein Partizipant seine Werkzeuge selber herstellt, so vermag er direkt aktiv zu werden, ohne seine Vorstellung erst einmal einem Dritten klarzumachen.

Dieser versteht die Ausführungen des Auftraggebers unter Umständen nicht und produziert ein falsches Werkzeug, welches dann wiederum angepasst oder ganz neu geplant werden muss, da es in der Form mit den Maschinen des Produzenten nicht herstellbar ist. Am Beispiel der Personal Fabrication sind bisher nicht dagewesene Herstellmöglichkeiten realisierbar. Derzeit lassen sich Werkstücke in unterschiedlichen Kunststoffen wie auch Aluminium oder Keramik herstellen. Beispielsweise ist es auch möglich, dass ein einzelnes Modell durch einen 3D-Scanner in einen Rechner eingelesen und anschließend wieder in Form eines Kunststoffes oder eines Keramikbauteils ausgedruckt oder ausgelasert wird. Somit lassen sich schnell Einzelfertigungen herstellen, welche die bisherigen Möglichkeiten der klassischen Einzelfertigung bei weitem übertreffen.

Ein Produkt, welches also in einer virtuellen, digitalen 3D-Welt hergestellt wurde, kann nun auf die Realität übertragen werden. Somit wird das, was man vom klassischen Ausdruck eines Textes durch einen Drucker gewohnt ist, nun auch auf 3D-Artikel wie Bauteile und Werkzeuge übertragen. Folglich ist nicht mehr die Hardware Voraussetzung um, wie bei der traditionellen Programmierung, Software zu produzieren, sondern es wird Software benötigt um Hardware zu produzieren. Diese Umkehrung des klassischen Produktionsprinzips mag auf den ersten Blick als Revolution gelten: sie ist jedoch nach einem genauen Hinsehen eigentlich nichts weiter als die Ausdehnung von bisher dagewesenen Möglichkeiten.

So fräht eine CNC-Maschine eines herkömmlichen Produktionsbetriebes durch die Eingabe von entsprechenden Eckdaten ein Werkstück entsprechend der Vorgaben, die durch die Software zuvor einprogrammiert wurden. Ein Worddokument (Software) wird durch einen Drucker auf ein Blatt Papier übertragen. Folglich handelt es sich auch hier um die „rapide Herstellung“ eines Textes. Von daher kann an dieser Stelle nicht nachvollzogen werden, wenn 3D-Drucker als etwas revolutionäres dargestellt werden.<sup>850</sup> Letztlich handelt es sich um eine schnelle Herstellung von Werkstücken und Prototypen mit neuen Wegen und Möglichkeiten, ähnlich wie beim Ausdruck eines am Computer geschriebenen Textes.

Revolutionär hingegen ist jedoch, dass die Werkstücke sich nun in dreidimensionaler Form herstellen lassen. Es wird nicht mehr die dominierende Macht eines Unternehmens und Zwischenhändlers benötigt, die im Falle der Einzelfertigung hohe Summen verlangen, um ein Werkstück zeitnah herstellen zu können. Vielmehr geht die Macht auf den Konsumenten über, der somit gleichzeitig auch Produzent ist.<sup>851</sup> Er hat jetzt durch die Erweiterungen seiner Möglichkeiten die Entscheidungsgewalt über die Herstellung eines Produktes zu hinnehmbaren (Selbst-)Kosten.

---

<sup>850</sup> vgl. Friebe / Ramage (2008), S. 20 ff.

<sup>851</sup> vgl. Sennett (2009), S. 19 ff.

Die Konsumenten und zukünftigen Produzenten können nun selbstständig bestimmen, welche Produkte wie gefertigt werden.<sup>852</sup> Ihnen ist nur hinsichtlich ihres Kreativitätspotentials eine Grenze gesetzt, die sich jedoch durch die sich im Rapid-Prototyping etablierten Communityportale, basierend auf Web 2.0-Technologien, schnell überschreiben lassen. Hier ist zu beobachten, dass sich Menschen aus unterschiedlichen Bereichen zusammenfinden, um an einer Idee zu arbeiten.

So geben sich Modellbauer nicht mehr mit den vorgefertigten und ausgestanzten Modellreihen im Laden zufrieden. Sie wollen individuelle Nachbauten unterschiedlicher Dinge bauen, die in einem Geschäft gar nicht angeboten werden. Dabei ist zu beachten, dass der Individualität hierbei eine große Aufmerksamkeit geschenkt wird. Ambitionierte Modellbauer wollen nicht ein Modell aus vorgefertigten Schablonen in einem klar definierten Maßstab nach Vorgaben zusammenkleben.

Hierbei handelt es sich oft um hoch spezialisierte Ingenieure, die in ihrer Freizeit eine Beschäftigung gewählt haben, welche ihrem hohen Anspruch gerecht wird, welchen sie auch im Berufsleben nachgeben müssen. So werden dann oftmals Modelle gebaut, die auch vollkommen einsatzbereit sind. Ein Flugzeugmodell wird dann nicht nur ins Wohnzimmer gestellt, sondern es wird mit Turbinen angetrieben, welche über eine Kerosineinspritzung versorgt wird.

Schaut man sich in der Literatur um, so wird deutlich, dass zum Thema des Fast Prototyping wie auch des Personal Fabrications noch nicht viel Literatur existiert. Heraus sticht jedoch ein Werk von *Gershenfeld*, welcher am MIT ein Institut für Bits and Atoms inne hält.<sup>853</sup> *Gershenfeld* äußert sich hinsichtlich der Macht der Desktop-Besitzer, die nur durch ihre eigene Kreativität eingeschränkt werden können. Somit kann jeder Endbenutzer das Rapid Prototyping in seine persönliche Umgebung holen, ohne die Dienste eines dominierenden Unternehmens in Anspruch nehmen zu müssen.<sup>854</sup>

Folglich ist der einstige Konsument, der gekauft, konsumiert und weggeworfen hat, vielmehr Bedarfsermittler, Produzent und Konsument in einem. Nach *Gershenfeld* soll das, was bisher von der Großindustrie bezogen wurde, nun selbst hergestellt werden. Hierbei geht es nicht nur um mechanische Strukturen; vielmehr sollen Dinge mit elektronischen und datenverarbeitenden Funktionen herstellbar sein, die dann dem Produzenten und Anwender einen Nutzen bieten.

*Gershenfeld* macht in diesem Zusammenhang auf die Kosten der Produktion aufmerksam. So erwähnte er in einem Bericht der SZ, dass man mit 20 000 Dollar einen Maschinenpark zusammenstellen könne, der es mit den Fabriken von Sony und Co. durchaus aufnehmen könnte.<sup>855</sup> Es haben sich bereits aus der Idee heraus Netzwerke von Minifabriken gegründet. Dabei sind den Produktionsmöglichkeiten weitgehend keine Grenzen gesetzt. So wurden beispielswei-

---

<sup>852</sup> vgl. Bergmann (2012), S. 204

<sup>853</sup> vgl. Gershenfeld (2005), S. 54

<sup>854</sup> vgl. Gershenfeld (2005), S. 19 ff.

<sup>855</sup> vgl. SZ 10./11. April 2010, Nr. 82

se GPS Antennen, Schmuck oder Analysegeräte zur Bestimmung des Fettgehalts in der Milch entwickelt.<sup>856</sup>

Es wird also deutlich, dass die 3D-Plotter in ihrer Handhabung immer einfacher werden und somit nicht mehr das exklusive Werkzeug von Ingenieuren und Spezialisten sind. Jedem Anwender mit ambitionierten Erfahrungen wird es ermöglicht, verschiedene Bauteile, ja ganz neue Maschinen herzustellen. Hier ist zu hoffen, dass das kreative Potential, welches sich in Online-games und Communityplattformen verbreitet, auch auf die reale Welt übertragbar wird.

Somit lässt sich mit Hilfe des Rapid Prototypings eine autarke Welt schaffen, die im großen und ganzen von Machtstrukturen dominierender Unternehmen befreit ist.<sup>857</sup> Weitgehend ist damit das Rapid Prototyping für Dinge geeignet und gedacht, die es so auf dem Markt nicht zu kaufen gibt. Dies können Ersatzteile für einen Oldtimer sein, welche nicht mehr vom Hersteller produziert werden oder der Bedienknopf eines alten Schallplattenspielers, welcher andernfalls im Müll entsorgt werden müsste.

Weiterhin ist diese Art der Fertigung für Personen gedacht, die sich nicht mehr mit den vorgefertigten Möglichkeiten der Möbelhäuser zufrieden geben. Sie wollen mehr, indem sie ihre eigenen Möglichkeiten verwirklichen und neue Dinge herstellen, die es im Massengeschäft nicht gibt. So werden durch diese Technologie, ähnlich wie bei einem Papierdrucker, der einen Text ausdrückt, dreidimensionale Dinge, wie beispielsweise eine Kaffeetasse, ein Bedienknopf oder ein Schlüssel ausgegeben.

Diese Herangehensweise ist durchaus plausibel. In einer Zeit, in der ohnehin die Menschen zunehmend länger am Computer sitzen und konstruieren, schaffen, kommunizieren und verändern - sei es ein Video auf einer Onlineplattform oder eine Diashow für Freunde auf einem Community-Portal - wird es für sie auch ein Leichtes sein, eigene Ideen für die reale Welt zu erschaffen.

In diesem Zusammenhang ist auch auf die wirtschaftliche Konsequenz des Selbermachens einzugehen. Der Handel und die Spezialisierung, die mit dem Zuge der Industrialisierung Wohlstand und Vermögen gebracht haben, entfällt dann weitgehend, wenn allen Beteiligten eines Marktes es ermöglicht wird, alles herzustellen. Im Kleinen konnte dies bereits Online in der digitalen Welt *Second Life* erlebt werden.<sup>858</sup> Im Jahre 2006 erfuhr die mit einer realen Ökonomie ausgestattete digitale Welt regen Zuspruch. Einige Nutzer konnten Dinge bauen und erfolgreich vertreiben. Hier wurden digitale Unternehmen gegründet und professionelle digitale Produkte geschaffen, die dann durch einem breiten Nutzerkreis zahlreiche Abnehmer fanden. Eine zweite, digitale Welt wurde geschaffen.

---

<sup>856</sup> vgl. SZ 10./11. April 2010, Nr. 82

<sup>857</sup> vgl. Bergmann (2012), S. 20 f.

<sup>858</sup> s. Internetadressenverzeichnis, Eintrag Nr. 9

In den nachfolgenden Jahren wollten jedoch zunehmend mehr Nutzer auf die Schaffung eigener Produkte aufspringen. Die Möglichkeiten, die sich dabei ergaben, waren auch hier nur durch die Kreativität und die Kompetenzen der Nutzer limitiert. Kunden, die zuvor Dinge ausschließlich gekauft hatten, fingen nun an selbst zu bauen, da sie mit den gekauften Produkten nicht zufrieden waren. Folglich gab und gibt es derzeit mehr Angebot als Nachfrage. Dadurch, dass sich die zweite Welt derzeit nur noch aus Spezialisten besteht, die all das, was sie zum Existieren benötigen, selber produzieren, lässt diese zusammenbrechen. Folglich nehmen die Nutzerzahlen bis zum heutigen Zeitpunkt kontinuierlich ab.

Dieser Effekt läuft auch Gefahr, sich auf die reale Welt zu übertragen, wenn theoretisch Alle alles produzieren und dadurch der Handel ausgehebelt wird. Dennoch wird sich, sollte dies möglich sein, der Tauschhandel wie auch die Arbeitsteilung weiterhin durchsetzen. Es scheint jedoch denkbar, dass in einigen Sparten den dominierenden Unternehmen einiges an Macht durch die neuen Wege der Produktion abgenommen wird.

Auf der anderen Seite ergeben sich jedoch auch neue Märkte. So wird von den traditionellen Druckerherstellern wie HP oder Canon zu erwarten sein, dass sie demnächst den ersten 3D-Drucker in herkömmlichen Fachmärkten zum Verkauf anbieten.<sup>859</sup> Denkbar ist es dann auch, dass die Unternehmen kein Vorratslager mehr für eventuelle Ersatzteile aufrechterhalten müssen, welches eventuell nach einigen Jahren entsorgt werden muss, da die Versorgungsgarantie mit Ersatzteilen ausgelaufen ist. Dies stellt sich sogar nicht nur als ein Vorteil des Unternehmens heraus, welches nun Kosten zum einen durch die Produktion von Ersatzteilen einplanen sollte, die später eventuell gar nicht nachgefragt werden, sondern auch als ein Vorteil durch den Einsatz von Energie und CO<sub>2</sub>-Emissionen dar, die dann nicht mehr umsonst verbraucht werden.

So wird es möglich sein, dass ein Kunde sich später, je nach Bedarf den Konstruktionsplan eines Bauteils von der Herstellerseite herunterlädt, sich diesen ausdruckt und selber einbaut. Ein Downloadportal für Ersatzteile wird folglich schon in naher Zukunft als realistisch erscheinen. Hier kann der registrierte Kunde entweder die Verschleißteile kostenlos herunterladen und selber ausdrucken oder diese gegen eine Gebühr downloaden, sollte er nicht registriert sein.<sup>860</sup>

Bedenken könnte es in diesem Zusammenhang jedoch hinsichtlich eventueller Raubkopien geben. So haben heute immer noch viele Unternehmen Vorbehalte gegenüber der Veröffentlichung ihrer Baupläne und Programmiercodes.<sup>861</sup> Ein Unternehmen, welches herkömmliche Hardware herstellt, könnte demnach ebenso ein Opfer von Produktpiraterie werden, wie es die Musik- und Filmgesellschaften in den vergangenen Jahren erfahren mussten.

---

<sup>859</sup> s. Internetadressenverzeichnis, Eintrag Nr. 10

<sup>860</sup> Eine diesbezügliche Bewegung gibt es bereits. So haben sich im Automobilbereich bereits Hersteller von Ersatzteilen angesiedelt, welche die Originalteile, welche unter Umständen Sollbruchstellen haben, mit besseren und langlebigeren Materialien nachbauen.

<sup>861</sup> Dies könnte auch ein maßgeblicher Grund dafür sein, dass Open Source Betriebssysteme wie Linux im Desktopbereich nicht erfolgreich werden.



Es bleibt also abzuwarten, wohin die Entwicklungen innerhalb der nächsten Jahre gehen werden. Dass das Personal Fabrication die Wirtschaft maßgeblich beeinflussen wird, ist zu bezweifeln. Dennoch wird sich der Möglichkeitsradius der Kunden und Anwender erweitern.<sup>862</sup> Folglich werden zunächst einfache Produkte wie der Bedienknopf für das alte Autoradio oder die Radkappe des Oldtimers herstellen lassen. Ob sich jemals kompliziertere Produkte wie ein Mobiltelefon oder das Objektiv einer Digitalkamera ausdrucken lassen, bleibt abzuwarten. Bis dahin wird noch jede Menge Entwicklungszeit in Anspruch genommen werden müssen. Tatsache ist jedoch, dass die digitale Revolution, wie sie von den Medien derzeit kommuniziert wird, nicht mit einem modernen Mobiltelefon oder superschnellen Kommunikationsverbindungen enden. Vielmehr geht es in der Entwicklung ständig weiter. Das Personal Fabrication versucht in diesem Zusammenhang die Entmündigung des Kunden in gewissen Maßstäben zu lockern und ihnen ihre eigenen Ideen verwirklichen zu lassen.

Dies setzt jedoch voraus, dass die Ideen von den Kunden in jeder Hinsicht von Kreativität geprägt sind. An ambitionierten Plänen mangelt es hingegen nicht. So wurden bereits Schaltungen für ein Elektrogerät auf einem Blatt Papier ausgedruckt. Denkbar ist hier in Zukunft, dass ein Kunde sich seinen Computer selbst herstellen und seinen Prozessor selbst ausdrucken kann. Folglich werden Möglichkeiten eröffnet, die zuvor nur in hoch technisierten Unternehmen möglich waren. Arbeiten, die ein ganzes Entwicklerteam benötigten, können jetzt am heimischen Desktop erledigt werden. Damit wird dann in einem zukünftigen Businessplan nicht mehr die Betriebsausstattung und die Investition in kostenträchtige Maschinen und CNC-Fräsen das entscheidende Merkmal sein. Vielmehr kann ein 3D-Drucker eine komplette Betriebsausstattung weithin ersetzen.

Dies scheint gerade in autarken Gebieten ein entsprechender Vorteil. Schwellen- wie auch Entwicklungsländer sind zunehmend von einer Infrastruktur abhängig, um überhaupt produzieren zu können. Der Einsatz des Personal Fabrications oder allgemein des Fabbings umgeht diese Abhängigkeit. Mit bereits geringen Investitionen können den Unternehmen in solchen Regionen ungeahnte Möglichkeiten geboten werden.

Jedoch sollte es klar sein, dass das Rapid Prototyping derzeit noch in den Anfängen steckt und deshalb viele geplante Eigenschaften noch nicht realisierbar sind. Schon jetzt wird versucht, das Rapid Prototyping mit anderen Technologien, wie der Nanotechnologie zu verbinden. Hier ist jedoch noch unklar, wie sich die Technologien untereinander verhalten.

So wird bereits versucht, sich selbst replizierende Maschinen zu bauen. Dabei sollen sogar die Batterien, die diese Maschinen antreiben, von den Mutterexemplaren mit ausgedruckt werden.<sup>863</sup> Die Materialien werden dann, wie bei einem Farbdruker aus verschiedenen Materialien zusammengedruckt. Dabei besteht die Druckerpaste, ähnlich wie bei einem Farblaserdrucker, aus unterschiedlichen Pulvern, wie Metallpulver, Kunststoffpulver oder Silikonabdichtmasse.

---

<sup>862</sup> vgl. Bergmann (2012), S. 204

<sup>863</sup> vgl. Neef (2005), S. 19

Obwohl es im Rapid Prototyping bereits einige Drucker gibt, stellt sich die Technik als noch entwicklungsbedürftig heraus. Zwar gibt es bereits an die 10 Druckerhersteller; hierbei handelt es sich jedoch eher um Spezialmaschinen und nicht um Produkte, die in jedem Wohnzimmer stehen könnten. Von daher kann aus heutiger Sicht gesagt werden, dass die 3D-Drucker noch verbessert werden müssen, auch wenn erste Serienprodukte bereits verkauft werden. Die Funktionsweise eines 3D-Druckers sollte man sich so vorstellen wie ein herkömmlicher Tintenstrahldrucker, welcher mit einem absenkbaaren Schlitten versehen ist. Auf diesem Schlitten wird eine Grundplatte eingezogen, auf der dann das auszudruckende Werkstück aufgebaut wird. Schicht für Schicht wird so das Produkt ausgedruckt und direkt unter einer UV-Lampe ausgehärtet.

Die Geräte existieren derzeit in unterschiedlichen Größen und können somit unterschiedlich dimensionierte Werkstücke ausdrucken. Es fängt dabei an, dass ein Drucker nicht mehr größer ist als ein herkömmlicher Laserdrucker. Der Vorteil dabei ist, dass sich die Drucker von jedem herkömmlichen Heim-PC mit entsprechender 3D-Software steuern lassen. Derzeit sind am Markt um die 15 Hersteller bekannt. Die Preise sind in den letzten Jahren aufgrund des steigenden Konkurrenzkampfs gesunken. Dennoch liegen sie immer noch im oberen vierstelligen Bereich. Aus diesem Grund ist es aus jetziger Sicht noch eher unwahrscheinlich, dass sich ein Heimanwender diesen Drucker für den Hausgebrauch anschaffen wird. Dennoch geht die Entwicklung meiner Ansicht in genau diese Richtung.

Denn durch die rasante Entwicklung ist es nur eine Frage der Zeit, bis sich der Heimanwender einen solchen Drucker leisten und neben einem herkömmlichen Tintenstrahl- oder Laserdrucker als Zweitgerät aufstellen wird. Denkbar ist es also in Zukunft, dass ein verlorener Buchstabe auf der Tastatur eines Computers schnell ausgedruckt und ersetzt werden kann. Dabei spielt auch ein gewisser Entwicklerinstinkt der Partizipanten mit. Hier könnten leicht zerstörbare Bauteile, wie die Halterung einer Tastatur, durch andere Materialien besser ersetzt werden.<sup>864</sup> Folglich läuft ein Kunde nicht mehr in Gefahr, dass ein langlebiges Produkt nicht mehr repariert werden kann, wenn der Hersteller vor Jahren in Konkurs geraten ist oder die Produktlinie und die Versorgung mit Ersatzteilen eingestellt hat.

Kinder könnten sich neue Spielzeuge für ihre Actionfiguren oder das zerbrochene Ersatzrad des Modellautos selbst ausdrucken. Jedoch ist auch die Übertragbarkeit auf Gegenstände des Alltags denkbar. So kann der alte Lichtschalter oder die Halterung des Außenspiegels leicht nachgedruckt werden, ohne beim Händler ein Originalteil teuer erwerben zu müssen. Dies scheint gerade dann von Vorteil, wenn es sich um Oldtimer handelt, die seit Jahren nur noch im Oldtimermarkt gehandelt werden und für die es keine originale Ersatzteile mehr gibt. Von daher entwickelt sich das Engagement des Kunden, ausgehend von *Pillers* Vorstellung des Mass Customizations, hin zum Self- oder Single Customization.

---

<sup>864</sup> Dies findet beispielsweise im Automobilsektor bereits statt. Durch modernste Scanning und Printing-technologien werden Bauteile von Fahrzeugen als Nachbauten mit längerer Lebensdauer hergestellt. So hält ein Auspufftopf eines PKW lediglich wenige Jahre. Das nachgebaute Teil hingegen wird aus Edelstahl gebaut und hält somit länger als das Originalteil.

Unternehmen wie die in den USA angesiedelte ENNEX etablieren sich bereits als Dienstleister, welche für den Kunden 3D-Druckaufträge durchführt.<sup>865</sup> *Burns*, unterhält mit der ENNEX Corporation eine große Bandbreite an neuen Druckern, die für den Kunden Druckaufträge entgegennimmt. Darüber hinaus sind Labore auf internationaler Ebene geplant, die dann den Kunden ermöglichen, eigene Produkte vor Ort zu produzieren. Weiterhin ist *Burns* als aktiver Forscher tätig und bietet gleichzeitig mehrere Beratungsangebote an.

*Burns* stellte bereits vor Jahren eine Vision auf, an der zahlreiche Unternehmen heute intensiv arbeiten. So sollte ein Drucker über entsprechende Kartuschen - wie beim Vorbild des Tintenstrahldruckers - mit verschiedenen Rohmaterialien oder Substanzen ausgestattet sein, welche dann unter Hitzeeinwirkung verflüssigt und schichtweise auf die zuvor angesprochene Grundplatte aufgebracht werden.<sup>866 867</sup>

Es bleibt für die Zukunft in jedem Fall abzuwarten, inwieweit sich die Personal Fabrication-Drucker durchsetzen und an Marktanteil gewinnen werden. Derzeit verfügen die Drucker nur über ein begrenztes Verarbeitungsvermögen, welches jedoch mit der Zukunft weiterentwickelt wird. Aktuelle Drucker können lediglich ein Werkstück aus einem einzigen Material herstellen. Zudem lassen sich die Drucker nicht immer leicht bedienen, da es auch hinsichtlich der benötigten CAD-Software umfangreicher Kenntnisse benötigt, um selber partizipieren zu können.

Denkbar sind jedoch einzelne Werkstätten, die - ähnlich wie eine Autoreparaturwerkstatt oder ein Copyshop, bei dem man wissenschaftliche Arbeiten binden lassen kann - Werkstücke für den Kunden ausdrucken. Durchaus ist es denkbar, dass derzeitige Copyshops, um am Markt bestehen zu können, auch in baldiger Zukunft schon ihren Service im 3D-Bereich erweitern müssen. Derzeit sind diese Dienstleistungsangebote lediglich auf spezialisierte Unternehmen beschränkt.<sup>868</sup> Aufgrund des zunehmenden Fortschritts wie auch des zunehmenden Konkurrenzdrucks werden sich neben den spezialisierten Unternehmen auch in Zukunft herkömmliche Copyshops diesem Thema annehmen.

Wie sich die Zukunft auch entwickeln mag, das eigentlich Revolutionäre an dieser Technik besteht darin, dass dem Konsumenten nicht mehr eine Lösung von einem dominierenden Unternehmen aufgezwungen wird, also kein „Traditionelles Beschaffungs-, Produktions- und Absatzmanagement“ mehr stattfindet. Vielmehr wird dem Kunden nach der Variantenfertigung und den zahlreichen Lockerungen hin zum Partizipanten ein Höchstmaß an Freiheit geboten. Ob und inwiefern dies die Wirtschaft und das Miteinander der Menschen verändern wird, bleibt abzuwarten. Aus heutiger Sicht ist jedoch noch nicht von einer Revolution auszugehen, die vom Desktop gesteuert wird. Rapid Prototyping wird wohl nicht das klassische Handwerk entkräften und ganze Berufszweige auslöschen.<sup>869</sup>

---

<sup>865</sup> s. Internetadressenverzeichnis, Eintrag Nr. 11

<sup>866</sup> s. Internetadressenverzeichnis, Eintrag Nr. 12

<sup>867</sup> vgl. Zäh (2006), S. 12 ff.

<sup>868</sup> s. Internetadressenverzeichnis, Eintrag Nr. 13

<sup>869</sup> Vielmehr werden durch diese Art der Fertigung Nischen hinsichtlich der Produktionsprozesse entstehen.

Ähnliche Befürchtungen konnte man bereits bei der Einführung des Faxgerätes in den siebziger Jahren des letzten Jahrhunderts, des Internets und dem massenhaften Versenden von E-Mails hören. Hier wurde der klassischen Briefpost der Tod vorausgesagt, was jedoch bis heute noch nicht eingetroffen ist. Vielmehr hat das Internet und die Kommunikation über E-Mail das Postwesen vor dem Hintergrund des Online-Handels erheblich angekurbelt. Unbestritten ist, dass durch diese Technologien Änderungen am Markt möglich waren, diese jedoch nicht vollkommen ersetzt wurden.

In weiteren Kapiteln wird nun auf die Möglichkeiten eingegangen, die derzeit am Markt beobachtet werden können. Inwiefern sich die einzelnen Techniken weiterentwickeln und etablieren werden, bleibt abzuwarten. Wichtig ist jedoch in jedem Fall, dass die Bestrebungen, den Nutzern mehr Entscheidungsfreiheiten und Möglichkeiten geben, ein wesentlicher Antrieb ist. Die Dezentralisierung von Machtstrukturen im wirtschaftlichen Umfeld ist ein wichtiger Bereich, der durch jeden einzelnen Partizipanten mitbestimmt werden kann.<sup>870</sup>

## 10.2 Derzeitige Fabling-Technologien

Wie bereits im vorherigen Kapitel deutlich wurde, basiert das Rapid Prototyping, oder das Fabling, wie es von *Gershenfeld* bezeichnet wird, auf einer recht komplizierten Technologie. So sollte neben dem herkömmlichen PC und einer damit verbundenen CAD-Software auch noch der Druckausgang vorhanden sein. Dieser basiert auf unterschiedlichen Lösungen, die in diesem Kapitel vorgestellt werden.

Ob die Technologie, wie sie im derzeitigen Stand der Technik nachher beschrieben wird, etwas Magisches an sich hat, mag der Leser für sich selbst entscheiden. Letztlich handelt es sich um nichts weiteres wie um einen Drucker, der in die dritte Dimension druckt. Ob sich die Technik so weiterentwickelt, wie sie als sogenannte Repiliaktoren aus Science Fiction-Filmen bekannt geworden ist, darf man aus heutiger Sicht eher bezweifeln. Das Fabling wird in diesem Zusammenhang gerne als Revolution vom Desktop her bezeichnet. Dennoch ist anzumerken, dass es sich hierbei nicht um ein Technikwunder handelt. Vielmehr basieren diese Drucker auf den Gesetzen der Physik.

Der Ausdruck von Materie erfolgt aus Kartuschen, die in den Drucker eingesetzt oder durch Schläuche aus einem Vorratsbehälter gespeist werden. Die Vision, komplette Produkte, welche aus unterschiedlichen Materialien bestehen, direkt auf einem Drucker ausdrucken zu können, wird meiner Meinung auch eine solche bleiben, da die Schwierigkeit darin besteht, die unterschiedlichen Schmelzgrade von Metall und Kunststoff nur schwer in einem Produkt zusammengebracht werden können.

---

<sup>870</sup> vgl. Bergmann (2012), S. 141 ff.

Zunächst soll die Technologie vorgestellt werden, die hinter Rapid Prototyping steht. Dabei soll zunächst der Begriff vorgestellt werden, welcher seinen Ursprung in der Computerindustrie fand, genauer gesagt, im Bereich der Programmierung. Hier wurden erste Modelle entwickelt, bei denen untersucht wurde, ob ein Projekt den Vorüberlegungen entsprechend durchführbar war oder nicht. Dabei wurde der Begriff des Rapid Prototypings auch von den Ingenieuren benutzt, die hierbei eine Möglichkeit sahen, schnell ein Modell eines späteren neuen Produkts zu bauen. In diesem Zusammenhang wurden die elektronischen Schaltpläne dann in eine reale Schaltung übernommen, um diese auf ihre Validität zu überprüfen.<sup>871</sup>

Der Begriff hat sich jedoch im Laufe der Zeit auch auf andere Bereiche übertragen. Heute steht er für eine Fertigungsvariante, bei der Werkstücke ohne lange Entscheidungswege und schnell aufgebaut werden sollen.<sup>872</sup> Dabei kommt dem Rapid Prototyping die Aufgabe zu, rasch Anschauungsmodelle zu erstellen. Entscheidungsträger oder Kunden sollen ihre Verbesserungsvorschläge nicht mehr anhand von Plänen, sondern auch anhand eines Modells erläutern können. Ist das Entwicklerteam dann einen Schritt weiter, so kann wiederum ein verbessertes Modell ausgedruckt werden, an dem dann weiterentwickelt wird. Somit nähert sich das Entwicklerteam in einer schrittweisen Annäherung seinem gewünschten Zustand.

Darüber hinaus sind auch noch weitere Anwendungsmöglichkeiten denkbar. So sind Proportions-, Ergonomie-, Design- und Funktionsstudien denkbar, bei denen die Gebrauchseigenschaften in der Realität schnell erfasst werden können.<sup>873</sup> Folglich werden Mängel in der Konstruktion früher erkannt. Eventuelle Verschleißbereiche am Material können unter Umständen bereits im Vorfeld verstärkt werden. Zudem ist es denkbar, dass die traditionellen Maschinen bereits aufgrund des Modells eingerichtet werden.

Es wird also deutlich, dass die Modellerstellung vor dem Hintergrund des Rapid Prototypings in sämtlichen Entwicklungsphasen genutzt werden kann. Folglich lassen sich Anwendbarkeit und eventuelle Produktmängel bereits im Vorfeld erkennen. Die eigentliche Idee dieses Verfahrens geht jedoch in die Richtung, dass sich die Benutzer eigene Produkte herstellen können, ohne einen herkömmlichen Produzenten im Rahmen einer Sonderanfertigung aufsuchen zu müssen. Aus derzeitiger Sicht ist diese Art des Fabrizierens jedoch aufgrund der hohen Kosten für Drucker wie auch der hohen Kosten für den Betrieb eher nachteilig anzusehen. Aus diesem Grund bleibt es abzuwarten, wie sich die Technologie in dieser Hinsicht entwickeln wird.

Ein 3D-Printer arbeitet mit handelsüblichen Computern zusammen, auf denen eine herkömmliche CAD-Software installiert ist. Die im CAD-Programm hergestellten Dateien werden dann an den Drucker ausgegeben und dort frei produziert. Jedoch ist es auch möglich, ein Produkt zu duplizieren, indem es zuvor von einem 3D-Scanner erfasst und dann an den Drucker ausgegeben wurde. Ein solcher Scanner funktioniert wie der Vorläufer im 2D-Format. Hier werden nur die unterschiedlichen Ebenen und Winkel des Körpers in der dritten Dimension erfasst

---

<sup>871</sup> s. Internetadressenverzeichnis, Eintrag Nr. 14

<sup>872</sup> vgl. Neef / Burmeister / Krempf (2005), S. 26

<sup>873</sup> vgl. Neef / Burmeister / Krempf (2005), S. 26

und dann direkt an das CAD-Programm weitergegeben, wo dann eventuell Verbesserungen oder Korrekturen eingepflegt werden können.<sup>874</sup> Hier ist es mithilfe der Röntgentechnik sogar möglich, das Innenleben eines Hohlkörpers zu erfassen.

Jedoch kann nicht einfach wie bei einem Worddokument der Druckbefehl über das Menü erfolgen. Vielfach müssen zahlreiche Einstellungen vorgenommen werden, damit das, was erwartet wird, auch tatsächlich herauskommt. Daher sind nach heutigem Stand die Drucker nur für erfahrene Nutzer anwendbar. So ist es oftmals notwendig, dass die Dateien, welche in einem CAD-Programm erstellt wurden, erst einmal umgewandelt werden müssen, damit der Drucker sie überhaupt lesen und interpretieren kann.

Damit sich der Leser vor dem Hintergrund des Rapid Prototypings eine Vorstellung machen kann, wie die Technik funktioniert, soll an dieser Stelle nun auf die einzelnen, derzeit möglichen Technologien eingegangen werden. Die Verfahren haben alle gemeinsam, dass sie auf dem schichtweisen Auftragen von Material basieren.<sup>875</sup>

### 10.2.1 Stereolithographie

Als ein übliches Verfahren kann die Stereolithographie genannt werden.<sup>876</sup> Hierbei handelt es sich um ein Verfahren, bei dem ein klassisches Druckverfahren, nämlich die Lithographie, zu Grunde gelegt wurde.<sup>877</sup> Im Rapid Prototyping wird dabei die dritte Dimension eingesetzt, indem die entsprechenden Schichten übereinander gedruckt werden. Bei dieser Funktion können Plastikteile hergestellt werden, die, nachdem sie vom Drucker ausgegeben wurden, unter Zuhilfenahme von UV-Licht ausgehärtet werden.<sup>878</sup>

Zunächst wird ein flüssiger Epoxidharz in einen Behälter gefüllt. Im Anschluss wird eine Senkplatte in den Tank eingelassen. Auf dieser wird das Werkstück dann durch einen Laserscheibchenweise gebrannt. Nach jedem Vorgang fährt die Senkplatte um Bruchteile von Millimeter weiter herunter, sodass die nächste Schicht eingebrannt werden kann. Der Vorgang dauert aufgrund der mechanischen Abläufe einige Stunden. Das Ergebnis ist jedoch durchaus brauchbar. Es entsteht hier, wie bei anderen Technologien, kein sogenannter Treppeneffekt der einzelnen Schichten.

In einer Nachbearbeitung wird das Werkstück poliert, gesäubert und in einem UV-Schrank ausgehärtet. Trotz eines Verfahrens, welches dem Begriff Rapid durch seine, je nach Komplexitätsgrad, umfangreiche und lange Verfahrensweise alles andere als eine Ehre macht, ist es jedoch weitgehend schneller als traditionelle Verfahrensweisen. Zudem können Dinge produziert werden, die unter herkömmlichen Verfahrensweisen nicht denkbar wären. Das sehr genaue

---

<sup>874</sup> vgl. Zäh (2006), S. 23

<sup>875</sup> vgl. Zäh (2006), S. 12 ff.

<sup>876</sup> vgl. Zäh (2006), S. 33

<sup>877</sup> vgl. Hopkinson / Hague / Dickens (2006), S. 12 ff.

<sup>878</sup> vgl. Zäh (2006), S. 36

Verfahren der Stereolithographie ermöglicht es, dass die ausgedruckten oder ausgelaserten Werkstücke binnen kurzer Zeit einsetzbar sind.<sup>879</sup>

So ist beispielsweise ein durchaus wichtiges Anwendungsgebiet in der Medizin denkbar. Ein komplizierter Schädelbruch oder die Wirbelsäule eines Menschen kann zuvor gescannt und dann mit Hilfe der Stereolithographie ausgegeben werden. Die behandelnden Ärzte können dann anhand eines 3D-Modells direkt beraten, wie sie vorgehen wollen. Auch ist es denkbar, dass genaueste Implantate für den Patienten angefertigt werden können und dadurch die Gefahr von Komplikationen nach der Operation umgangen wird.<sup>880</sup>

Viele weitere Verwendungsmöglichkeiten können in der Industrie genannt werden. Hierbei können komplette Ersatzteile - auch im Rahmen der Mikrostereolithographie - schnell und unkompliziert erstellt werden. Auch ist auf die individuelle Gestaltung aufmerksam zu machen. So ist es folglich möglich, einen Kopfhörer oder Ohrstöpsel zu fertigen, der individuell auf das Ohr des Kunden hin angefertigt wird.

### 10.2.2 Selektives Laser-Sintern

Das selektive Laser-Sintern kann als eine Weiterentwicklung der oben vorgestellten Stereolithographie bezeichnet werden. Hierbei können Kunststoffe, Metalle und Sande als Grundlage für den Bau von Modellen verwendet werden.<sup>881</sup> Die Vorgehensweise ist grundlegend ähnlich zur Stereolithographie. Jedoch werden hier pulverförmige anstelle von flüssigen Materialien verwendet. Dabei wird ein Bett aus feinstem pulverförmigen Material ausgegossen, welches mit einem Schieber glatt verstrichen wird.

Ein Laser setzt nun in dem Pulvermaterial an und brennt das Material entsprechend zusammen.<sup>882</sup> Danach wird der Schlitten - genau wie bei der Stereolithographie - etwas abgesenkt. Der Schieber streicht dann wieder neues Material über das Modell, und eine weitere Schicht wird gebrannt. Folglich können auch hier sehr komplizierte Modelle aus einem Lasergang produziert werden.<sup>883</sup>

Der Vorteil beim selektiven Laser-Sintern liegt darin, dass das produzierte Gut sofort eingesetzt werden kann, ohne dass es in einem UV-Ofen ausgehärtet werden muss, damit es verwendet werden kann. Durch den Laser wird das Pulver sofort verhärtet. Dadurch, dass das Pulver bereits vorgeheizt ist, kann diese Technologie auch schnellere Ergebnisse erzielen, da der Laser nicht so lange auf einer Stelle brennen muss. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass für kompliziertere Modelle keine Verstrebungen mehr notwendig sind, die später von Hand entfernt werden müssen.

---

<sup>879</sup> vgl. Abb. 33 - Übersicht des Stereolithographie-Verfahrens (vgl. Neef (2005), S. 29)

<sup>880</sup> vgl. Zäh (2006), S. 40 f.

<sup>881</sup> vgl. Hopkinson / Hague / Dickens (2006), S. 64 f.

<sup>882</sup> vgl. Zäh (2006), S. 47 f.

<sup>883</sup> vgl. Zäh (2006), S. 49

Nachteile ergeben sich jedoch hinsichtlich der Oberflächengestaltung beim selektiven Lasersintern. Durch das Pulver, welches wie Zementpulver zwar sehr fein gehalten ist, bleiben jedoch immer kleinste Unebenheiten auf der Oberfläche bestehen. Auch die Stabilität des gelasserten oder ausgedruckten Materials ist aufgrund der Verschmelzung des Pulvers nicht so gut gegeben wie bei der Stereolithographie.<sup>884</sup>

Abhilfe schafft hier ein Verfahren des in Bayern ansässigen Unternehmens EOS. Hier wird anstelle des Kunststoffpulvers ein entsprechendes mit Metall angereichertes Pulver verwendet, welches dann nach dem Verschmelzen eine sehr hohe Stabilität aufweist.<sup>885</sup> Zudem lässt es sich im Anschluss an das Sintern gut polieren. Darin besteht dann auch ein weiterer Vorteil. So kann das ausgedruckte Material im Nachhinein entsprechend nachbearbeitet oder manuell angepasst werden. Dies scheint bei Kunststoff zwar auch der Fall; jedoch leidet hier die Stabilität entsprechend.

Interessant wird es dann, wenn, wie im FabLab der RWTH Aachen, die gefertigten Produkte nicht nur Endprodukte, sondern Werkzeuge oder gar Ersatzteile für den eigenen Drucker darstellen.<sup>886</sup> So drucken die Wissenschaftler aus Aachen sich bereits ihren eigenen Drucker aus, der dann betriebsbereit funktioniert.

Die Produktionstechnik des Lasersinterns wird in der Praxis bereits angewandt. Stückzahlen von mehreren Tausend können durch die derzeit am Markt vertretenden Maschinen ohne weitere Probleme gefertigt werden.<sup>887</sup> Jedoch liegt die eigentliche Stärke in einer geringen Stückzahl. Hier können die Kunden mit ihrer CAD-Datei selbst zum Druckanbieter kommen, der diese dann einliest und ausdruckt.

Im Bereich der Tiefzieh- oder Spritzgusstechnik wird es mit diesem Verfahren einfacher, komplexe Formen zu gestalten. Zuvor ist es notwendig, die Form aus einem Aluminiumblock herauszufräsen, was sehr zeitintensiv sein kann. Mit der Lasersintertechnik ist die Erstellung des Negativs binnen weniger Stunden möglich. Folglich ist es durch die Technik des Lasersinterns möglich, dass neben Kunststoffteilen auch Metallteile hergestellt werden können.<sup>888</sup> Hierbei sind bisher nicht dagewesene Funktionen und Formen denkbar. So sind beispielsweise in einer Tiefziehform spezielle Wärme- oder Kühlkammern integrierbar, die dafür sorgen, dass das gezogene oder gespritzte Material schneller abkühlt. Dies erscheint sehr sinnvoll, da nach dem Ablegen des noch heißen Materials sich dieses je nach Form häufig wieder verbiegt.

---

<sup>884</sup> vgl. Abb. 34 - Übersicht der Verfahrensweise zum selektiven Lasersintern (SLS)

<sup>885</sup> s. Internetadressenverzeichnis, Eintrag Nr. 13

<sup>886</sup> s. Internetadressenverzeichnis, Eintrag Nr. 8

<sup>887</sup> Bei diesen Stückzahlen spricht man jedoch nicht mehr vom Rapid Prototyping. Werden mehrere Produkte bzw. eine Serie gefertigt, kommt der Begriff des Rapid Manufacturing zum Einsatz. Hopkinson spricht hier von einer Art des End User Developments, welches dem Nutzer die schnelle und unkomplizierte Fertigung von Teilen erlaubt. Weiterhin definiert er den Begriff als eine auf CAD basierende automatisierende Fertigungstechnik, die Produkte direkt herstellen und finalisieren kann (vgl. Hopkinson / Hague / Dickens (2006), S. 1).

<sup>888</sup> s. Internetadressenverzeichnis, Eintrag Nr. 13



Das Lasersintern kann in groben und feinen Schritten durchlaufen werden. Während grobe Schritte einen schnelleren Fortschritt ermöglichen, sind feinere Schritte zwar länger, sie ermöglichen jedoch die bessere Ausarbeitung von Details. Von daher sollte je nach Anwendungsfall unterschieden und das Gerät entsprechend justiert werden.

### 10.2.3 Fused-Deposition-Modeling (FDM)

Hierbei handelt es sich um eine Fertigungsvariante, die seit bereits geraumer Zeit am Markt verfügbar ist. Dieses Verfahren kommt der Variante gleich, wie sie auch im FabLab der RWTH Aachen verwendet wird. Dabei werden mehrere Schichten eines Materials auf eine Grundplatte gespritzt und dadurch der gewünschte Gegenstand geformt.<sup>889</sup> Es können unterschiedliche Materialien wie ABS, Nylon, Polyethylen, Polyamide oder Wachs verwendet werden. Die Materialien werden - ähnlich wie bei einer Heißklebepistole - erhitzt und dann durch den Schlitten in allen drei Dimensionen Schicht für Schicht aufgetragen. Die Schichten können in ihrer Stärke angepasst werden. Entsprechend sind dann auch die Details des später ausgedruckten Produkts erkennbar.

Als Beispiel kann an dieser Stelle das Unternehmen Solidscape vorgestellt werden.<sup>890</sup> Die Projektentwickler haben im Maßstab 1:5 ein Bentley-Oldtimer mit ihren Druckern ausgedruckt.<sup>891</sup> Hierbei wurden die einzelnen Teile durch eine CAD-Zeichnung an den Drucker gegeben und später lediglich zusammengefügt.

Solidscape ist einer der führenden Hersteller, welche sich durch eine Ready-To-Go-Lösung auszeichnen. Hierbei kann der Drucker wie ein herkömmlicher Laserdrucker gekauft und an den Rechner angeschlossen werden. Der Drucker verwendet zwei Düsenköpfe; die unterschiedlichen Materialien werden zusammen auf die Ebene gesprüht und härten dann aus.<sup>892</sup>

Sollen dabei Formen entstehen, die eventuell Stützen während des Aufbaus benötigen, dann können diese mit einem wasserlöslichem Material gestützt werden. Nach Fertigstellung werden die Stützen dann einfach in einem Wasserbad aufgelöst und verschwinden.

Die Maschinen von Solidscape können durch ihre kleine Größe auch in einem Büro oder in einem Druckerraum stehen. Durch das schichtweise Auftragen des Materials entsteht bei dieser Methode jedoch der bereits oben angesprochene Treppeneffekt.<sup>893</sup> Die Genauigkeit ist deshalb nicht so exakt gegeben wie bei der Stereolithographie. Aus diesem Grund müssen die meisten Materialien im Anschluss auch noch einmal nachgearbeitet werden.

---

<sup>889</sup> vgl. Zäh (2006), S. 70

<sup>890</sup> s. Internetadressenverzeichnis, Eintrag Nr. 16

<sup>891</sup> s. Internetadressenverzeichnis, Eintrag Nr. 17

<sup>892</sup> vgl. Abb. 36 - Inkjet-Drucker (eigene Darstellung nach Neef (2005), S. 35)

<sup>893</sup> vgl. Zäh (2006), S. 71

Das Fused-Deposition-Modeling ist eine geeignete Methode, um Prototypen kleinerer Bauteile herzustellen, die dann direkt am Projekt getestet werden können. Hierbei sind jedoch durch die grobe Oberflächenstruktur nur verwendbar, wenn sie nicht zu genau gefertigt werden müssen. Andernfalls sollte durch manuelle Korrekturen nachgeholfen werden.

Durch die bisher noch nicht mögliche Herstellung von komplizierten Bauteilen eignet sich das FDM beispielsweise in der Forschung, um eine DNA plastisch darzustellen. Zudem ist es möglich, dass beispielsweise in der Medizin Implantate aus Metall hergestellt werden, die nach einer Nachbearbeitung dem Patienten dann eingesetzt werden können.<sup>894</sup>

#### 10.2.4 Inkjet-Printing

Diese Methode ist im Grunde genommen am geeignetsten für den professionellen Anwender. Hierbei ist der Inkjet nicht mit einem normalen Tintenstrahldrucker zu verwechseln. Auch in seiner Anwendung ist er weitaus komplizierter als ein herkömmlicher Officedrucker. Hier ist auch wieder Solidscape als Hersteller zu nennen. Sie bieten einige Thermodrucker an, bei denen mit zwei Arten von Düsen gearbeitet wird. Das eigentliche Kunststoffmaterial wird aus winzigen Düsen gespritzt, welches aus einem Vorratsbehälter gepumpt wird. Durch das Aufspritzen härten beide Materialien recht schnell aus, sodass ein fertiges Ergebnis rasch realisierbar ist. Das Inkjet-Verfahren hat ebenfalls das Unternehmen Solidscape vor über 10 Jahren eingeführt.<sup>895</sup>

Eine Variante hat das Unternehmen Objet Geometrics bereits in der Jahrtausendwende vorgestellt.<sup>896</sup> Hier wurden 5 000 Düsen eingesetzt, um mit kleinsten Tröpfchen von zwei verschiedenen Harzen, die lichtempfindlich sind, ein Modell zu bauen. Dabei gilt der eine Kunststoff auch hier als Produktionswerkstoff und der andere als Stütze. Diese Stützen sind wasserlöslich und werden später ausgewaschen.<sup>897</sup>

Das Verfahren, wie es von Solid Scape eingesetzt wird, ist besonders dann zu empfehlen, wenn eine sehr feine und detaillierte Abbildung eines Modells notwendig ist. Indessen wird dann auch mehr Zeit in Anspruch genommen. Die Drucker sind jedoch für den Heimanwender nur in begrenztem Maß nutzbar, da die Preise im mittleren fünfstelligen Bereich liegen. Bessere Modelle gehen sogar in den sechsstelligen Bereich. Als vorteilhaft stellt sich jedoch heraus, dass die Geräte sehr leise arbeiten und deshalb im Büro oder einem Druckerraum aufgestellt werden können und keiner aufwendigen Wartung unterliegen. Bei Anlagen, die im Industriebereich angesiedelt sind, ist der Druckprozess durch die mechanischen Teile oftmals laut. Jedoch wird stetig daran gearbeitet, leisere Geräte herzustellen.

---

<sup>894</sup> s. Internetadressenverzeichnis, Eintrag Nr. 18

<sup>895</sup> vgl. Zäh (2006), S. 84

<sup>896</sup> s. Internetadressenverzeichnis, Eintrag Nr. 19

<sup>897</sup> vgl. Abb. 36 - Inkjet-Drucker (vgl. Neef (2005), S. 35)

### 10.2.5 Rapid Production

Die Rapid Production-Methode ermöglicht umfangreiche Freiheiten. Dieses Verfahren wurde am Massachusetts Institute of Technology (MIT) entwickelt.<sup>898</sup> Hierbei handelt es sich, wie bei allen anderen Verfahren auch, um eine Rapid Prototyping-Technologie, welche sich durch eine rasante Produktionstechnik auszeichnet. Dabei ist die Produktionstechnik vergleichbar mit der des Laser-Sinterns. Auch hier wird mit pulverförmigen Werkstoffen gearbeitet, die dann von der Maschine genutzt werden können.<sup>899</sup>

Aus einem Vorratsbehälter wird das Pulver zugeführt, verdichtet und ausgewalzt. Die Injet-Düse verbindet das ganze dann mit einem Bindemittel. Dabei werden durch die Düse die vorgegebenen Muster entsprechend jeder Schicht ausgespritzt. Das nicht verbundene Pulver wird nach Vollendung durch Druckluft weggeblasen. Beim Aufbau bildet das Pulver selbst ein Gerüst; aus diesem Grund ist keine zweite Masse notwendig. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass die Drucker recht schnell arbeiten. Aufgrund des Pulvers sind die ausgedruckten Materialien jedoch nicht sehr stabil und reißen leicht.

Diese Technologie erlaubt es jedoch, dass die Produkte direkt eingesetzt und verwendet werden können. Das MIT hat mit dieser Verfahrensweise ein Unternehmen - die Specific Surface - gegründet.<sup>900</sup> Jetzt bietet es Interessenten an, das Verfahren im Rahmen eines Lizenzvertrages zu nutzen. So können Filter für die Industrie oder Arbeitsgeräte für die Medizintechnik erstellt werden. Bei Letzterem ist es denkbar, dass beispielsweise Prothesen in der Zahnindustrie aus Keramik sehr leicht und präzise gefertigt werden können. Aber auch in der Künstlerszene erfreuen sich diese Maschinen einer immer größeren Beliebtheit, da Kunstwerke in bisher nicht geahnter Art und Weise ausgedruckt werden können.

### 10.3 Rapid-Prototyping-Markt

Seit etwa zwanzig Jahren sind Rapid-Technologien käuflich erwerblich. Der Trend kam aus dem angloamerikanischen Raum, wo sich derzeit eine regelrechte Industrie um diese Verfahren gebildet hat. Diese hat sich in drei verschiedene Bereiche untergliedert. So existieren zunächst die Spezialanbieter bezüglich der Hard- und Software, die in einem engen Verhältnis zusammenarbeiten. Desweiteren gibt es die Bereiche der Zulieferer. Hier unterscheiden sich die Hersteller und Händler, welche die Rohmaterialien liefern, die in den Druckerkartuschen verwendet werden. Diese Materialien können nur für diese Rapid-Verfahren eingesetzt und müssen deshalb eigens produziert werden.

Der dritte Bereich besteht aus den Dienstleistern, den sogenannten Copyshops. Aufgrund der immer noch hohen Anschaffungskosten werden auch weiterhin viele Nutzer diesen Service

---

<sup>898</sup> s. Internetadressenverzeichnis, Eintrag Nr. 20

<sup>899</sup> vgl. Zäh (2006), S. 78

<sup>900</sup> s. Internetadressenverzeichnis, Eintrag Nr. 21

in Anspruch nehmen und ihre Ideen direkt bei einem Dienstleister ausdrücken. Des Weiteren können diese Dienstleister für den Endkunden auch weitere Services wie Workshops, Training und Beratung, auch im Namen der Hersteller, anbieten.

Dabei ist es auch nicht zu vernachlässigen, dass die Technologien auf Werkzeug- und Formbau-Fachmessen präsentiert werden, da hier B2B-Kunden trotz der hohen Anschaffungskosten als Investition über eigene Anlagen verfügen könnten. Weiterhin existieren Mailinglisten und Internetforen zum Thema, wie die der finnischen Universität in Lahti oder der Technischen Universität München.

Die Hersteller der zuvor dargestellten Lösungen sollen im Folgenden vorgestellt werden. Aufgrund des breiten Marktes können nicht sämtliche Hersteller genannt und näher beschrieben werden. Von daher wird sich auf einige dominierende Unternehmen beschränkt. Wichtig ist zu erwähnen, dass ein großer Teil der Unternehmen wesentliche Forschungs- und Entwicklungsarbeiten leistet. Ein MeToo-Markt, auf dem lediglich kopiert wird, hat sich derzeit noch nicht etabliert. Dies liegt sicherlich auch daran, dass die oftmals inhabergeführten Unternehmen von einem gewissen Forscherdrang motiviert waren. Dennoch versuchen auch große Unternehmen wie Hewlett-Packard in die Entwicklung einzusteigen.

Die meisten Unternehmen befinden sich in den USA, gefolgt von Europa. Einige wenige Anbieter findet man in Japan. Die Unternehmen wurden, trotz des oben angesprochenen Forscherdrangs, dennoch kopiert. Dies mag aber in erster Linie daran liegen, dass die bisherigen Lösungen für die Anwender nicht als zufriedenstellend angesehen wurden und deshalb zu neuen Wegen inspirierten. Solches veranlasst einige Unternehmen natürlich zu umfangreichen Patentanmeldungen in diesem Bereich. So wurden im Jahre 2004 bereits über 2 000 Patente rund um Rapid Prototyping angemeldet.<sup>901</sup> Jährlich kommen Hunderte von neuen Patenten hinzu, sodass unter [additive3d.com](http://additive3d.com) eine eigene Datenbank ins Leben gerufen wurde, die einen entsprechenden Überblick über die derzeitigen Patente gibt.<sup>902</sup>

An dieser Stelle soll nunmehr eine Auflistung einiger Hersteller folgen. Dabei werden vornehmlich die Bekanntesten genannt, da die große Anzahl der Hersteller nicht komplett berücksichtigt werden kann.

### 10.3.1 EnvisionTEC GmbH

Die *envisionTEC GmbH* mit ihrem Hauptsitz in Deutschland stellt sich als ein Unternehmen vor, welches seit seiner Gründung im Jahre 2002 einen stetigen Wandel hin zum Hidden Champion gemacht hat. Nach eigenen Angaben wurde es zum Weltmarktführer für Rapid Prototyping und Rapid Manufacturing-Maschinen. An das Unternehmen angeschlossen sind weitere Zweig-

---

<sup>901</sup> vgl. Neef (2005), S. 48

<sup>902</sup> s. Internetadressenverzeichnis, Eintrag Nr. 22

stellen und Betriebe in den Vereinigten Staaten und in Großbritannien.<sup>903</sup> Bereits zwei Jahre nach seiner Gründung wurde im Jahre 2004 auf dem chinesischen Markt Fuß gefasst. Dort konnte mit einem Verkaufsbüro der Markt gezielt bearbeitet werden. Seit seiner Gründung hat das Unternehmen nach eigenen Angaben weit über 1 000 Systeme verkauft.<sup>904</sup>

Dieser Erfolg stützt sich weitestgehend auch auf ganz neue Ansätze wie einen sogenannten Bioplotter. Dieser erlaubt es beispielsweise in einer zukünftigen Entwicklungsphase, dass ein neues Organ eines Patienten direkt ausgedruckt werden kann. Bereits jetzt ist es möglich, über den von envisionTEC entwickelten 3D-Bioplotter eine große Bandbreite von Biomaterialien mittels CAD-Vorgaben mit einer zuvor festgelegten Struktur auszudrucken.<sup>905</sup>

Im Zuge dessen sind je nach Vorgabe verschiedene Materialien einsetzbar. Neben wasserlöslichen Gelen können auch Polymere oder Metallstrukturen aufgebracht werden. Dabei ist der 3D-Plotter bestens geeignet, um auch in sterilen Umgebungen zu arbeiten. Wird später beispielsweise ein Bioimplantat ausgedruckt, dann ist dies besonders wichtig. Dabei ist die Technik, die hinter diesem Drucker steht, bei weitem nicht kompliziert oder als sehr umfangreich zu betrachten. Dies stellt sich auch als ein wesentlicher Vorteil im Vergleich zu Geräten diverser Mitbewerber heraus.

Angeschlossen wird der Plotter an einen herkömmlichen Rechner, der das gesamte Drucksystem überwacht. Hierbei können herkömmliche CAD-Dateien verwendet werden, die der Drucker interpretieren kann. Der Drucker selbst verfügt jedoch auch über eine Art Überwachungssoftware, welche den gesamten Druckprozess kontrolliert. Der Drucker selbst kann über alle drei Achsen drucken und dabei selbstständig verschiedene Werkstoffe und Werkzeuge einsetzen. Hierbei ist zu erwähnen, dass der Drucker fünf verschiedene Tonerkartuschen benutzen und damit gleich so viele Materialien verarbeiten kann. Die Temperaturen, in denen die Materialien verarbeitet werden können, belaufen sich auf bis zu 250°C. Hierbei ist es auch beachtlich, dass die Dosierköpfe unterschiedliche Temperaturwerte verarbeiten können. Damit das aufgebrachte Material sich aufgrund der unterschiedlichen Temperaturen nicht zu schnell abkühlt, kann die Grundplatte auch erhitzt werden. Bei Bedarf ist es jedoch auch möglich, diese und damit das ausgedruckte Werkstück herabzukühlen.

Des Weiteren stellt envisionTEC ein kostengünstiges System namens „Perfactory“ vor.<sup>906</sup> Hierbei handelt es sich um einen Digitalen Desktop-Drucker, der dezentralisiert in jedem Büro stehen könnte. Basierend auf einer von Texas Instruments entwickelten Technologie kann das System direkt an das unternehmensinterne LAN angeschlossen werden. Folglich ist es über einen Printerserver direkt mit den Arbeitsplätzen verbunden. Dabei kann er von jedem im Netzwerk angeschlossenen Rechner überwacht und gesteuert werden.

---

<sup>903</sup> s. Internetadressenverzeichnis, Eintrag Nr. 23

<sup>904</sup> vgl. Zäh (2006), S. 43

<sup>905</sup> s. Internetadressenverzeichnis, Eintrag Nr. 24

<sup>906</sup> s. Internetadressenverzeichnis, Eintrag Nr. 25

Die Druckrate dieses Systems kann unterschiedlich eingestellt werden. Hierbei sind Stärken von 20 Millimeter bis zu mehreren Zentimeter pro Stunde möglich. Je nach Druckrate ist dabei der Detaillierungsgrad ausgeprägt. In jedem Fall wird das Verbrauchsmaterial auch so eingesetzt, dass keine nennenswerte Verschwendung auftritt. Bei den derzeitigen hohen Preisen der speziellen Pulver und PVC-Materialien ist dies ein entscheidender Punkt. Letztlich gilt neben diesem genannten Umstand jedoch auch die Erkenntnis, dass das System einfach zu bedienen und weitgehend wartungsfrei ist.

Das Prefactory-System basiert auf der Stereolithographie-Methode, welches oben vorgestellt wurde. Dabei werden die zu produzierenden Werkstücke aus einem flüssigen Basismaterial hergestellt. Man kann sich die Produktionsweise wie einen Fotokopierer vorstellen. Hier werden Blatt für Blatt Drucke nach digitalen Vorgaben ausgegeben. Diese Drucke werden im Prefactory-System jedoch Schicht für Schicht übereinandergelagert, sodass gegen Ende ein 3D-Objekt erstellt wurde. In jeder Schicht, die in das flüssige Basismaterial projiziert bzw. gelasert wird, projiziert man ein anderes Bild, welches an das untere anknüpft.<sup>907</sup>

Wichtig ist bei diesen Maschinen zu erwähnen, dass ein zu hoher Detaillierungsgrad nicht zu Lasten der Geschwindigkeit geht. Schließlich handelt es sich, wie aus der Bezeichnung zu entnehmen ist, um ein Rapid, also ein schnelles Prototyping.

Im Folgenden soll sich an verschiedenen Verkaufsargumenten der envisionTEC GmbH orientiert werden. Dabei ist anzumerken, dass an dieser Stelle nicht der Eindruck einer Verkaufveranstaltung entstehen soll. Vielmehr zeigen die verschiedenen Argumente deutlich, auf welche Dimensionen bei einem Prototyping-System geachtet werden sollte. Dies macht letztlich die Systeme vergleichbarer. Dabei können leicht die Vor- als auch Nachteile hinsichtlich traditioneller Produktionsweisen dargestellt werden.

So ist ein wesentlicher Vorteil die hohe Bauteilqualität zu nennen, welche ursprünglich nur von spezialisierten Unternehmen gefertigt werden konnte. Der dabei ausgesprochen hohe Detaillierungsgrad wird durch die kleinen Düsen gewährleistet. Diese können durch ihre spezielle Bauweise kaum verstopfen und unterliegen keinen umfangreichen Wartungsaufgaben, wie dies beispielsweise bei der Lasertechnologie der Fall ist. Hier kann es vorkommen, dass der Laser nach einigen Betriebsstunden neu justiert werden muss, damit er wieder gute Ergebnisse liefert. Dies scheint gerade dann der Fall, wenn mechanische Bauteile eingesetzt werden, die sich im Laufe der Zeit abnutzen. Auch die bei dieser Methode eingesetzte Lampe hat eine Lebensdauer von etwa 1 000 Stunden, was die Betriebskosten erheblich senkt. Im Falle eines Austauschs kann dieser auch leicht vom Anwender durchgeführt werden. Ein Servicedienstleister, der hier beispielsweise einen Laser neu justieren muss, ist nicht notwendig, um den Betrieb des Gerätes aufrecht zu erhalten. Dies erspart wiederum Zeit und Kosten.

---

<sup>907</sup> vgl. Zäh (2006), S. 44

### 10.3.2 Eos

Eos stellt sich als der Marktführer in Deutschland vor.<sup>908</sup> Der aus München stammende Hersteller von Laser-Sinter-Systemen bietet jedoch auch weltweit anwendungsoptimierte Lösungen für die verschiedensten Branchen wie der Medizin, Werkzeugbau, Luft- und Raumfahrt, der Automobilindustrie sowie der Konsumgüterindustrie. Das Unternehmen stellt eine Reihe von Systemen her, welche für unterschiedliche Einsatzbereiche verwendet werden können.

Jedoch hat im Laufe der Zeit das Unternehmen erkannt, sich auch im Bereich des Personal Fabrications auf eine Verfahrensart, nämlich das Selektive Laser Sintern, zu spezialisieren. Das Unternehmen verfolgt dabei nicht nur die Strategie des Rapid Prototypings, sondern auch die des Rapid Production. Ziel ist es hierbei, direkt von der CAD-Zeichnung zur Anwendung zu kommen. Folglich können direkt Kleinserien gefertigt werden, ohne dass es notwendig ist, einen umfangreichen Produktionsapparat anzuschließen.

Beispiele, mit denen Eos zeigt, dass sich die Methode des Fast Prototypings wie auch der fast Production durchaus als alltagstauglich herausstellt, gibt es viele.<sup>909</sup> So wurden beispielsweise Sonnenbrillen, Hörgerätemuscheln, Dentalkameras oder Pumpengehäuse hergestellt. Der Anwendungsbereich liegt somit im B2B wie auch im B2C-Bereich. Bei letzterem kann am Beispiel der Sonnenbrille dargestellt werden, wie die neuen Produktionstechniken es erlauben, dass individuelle Produkte ohne großen Aufwand schnell hergestellt werden können. Auch ist es denkbar, dass im Rahmen einer Nullserie oder einer ersten Serie die Reaktion des Marktes erst einmal abgewartet wird. Floppt bereits die kleine erste Serie, so wird das Produkt entweder verbessert oder von einer weiteren Verfolgung des Ziels wird abgesehen.

Im Bereich des Mass Customization ist es somit auch denkbar, dass beim Beispiel eines Konsumgüterproduktes wie einer Sonnenbrille oder anderen Konsumgütergegenständen, die Kunden sich ihr Produkt selber durch vorgegebene Variationen herstellen lassen können; oder sie gestalten mit Hilfe von CAD Programmen ihre eigenen Produkte, die dann von einem Dienstleister ausgedruckt werden.

Die durch die Methode des Selektiven Laser-Sinterns ausgedruckten Modelle müssen jedoch noch finalisiert werden.<sup>910</sup> Zudem werden die einzelnen Bauteile lackiert oder mit einer robusten Kunststoffschicht überzogen, die jedoch hinsichtlich des Designs und der Gestaltungsfreiheit des Anwenders nahezu keine Grenzen setzt. Interessant wird es gerade dann, wenn Fertigungslösungen eingesetzt werden, die mit einem herkömmlichen Spritzgussverfahren kaum realisierbar sind.

Eos bietet ein weiteres sinnvolles Verfahren in der Medizintechnik an. Im Zuge dessen können beispielsweise Muscheln für Hörgeräte hergestellt werden. Dies scheint insbesondere des-

---

<sup>908</sup> s. Internetadressenverzeichnis, Eintrag Nr. 26

<sup>909</sup> s. Internetadressenverzeichnis, Eintrag Nr. 27 bis 30

<sup>910</sup> vgl. Zäh (2006), S. 33

halb interessant, da der Gehörgang eines Menschen jeweils unterschiedlich ist. Hier kann dieser leicht durch einen Laserscanner oder durch einen Wachsabdruck abgebildet werden, was dann die Vorlage für eine individuell zu fertigende Hörmuschel gibt. Folglich wird es möglich, dass ein Hörgerät speziell auf die Bedürfnisse des Anwenders angepasst werden kann.

Ein weiteres Beispiel soll im Bereich der Medizintechnik genannt werden. Hier gibt es einen hohen Bedarf an individualisierten Produkten im Bereich der Dentaltechnik. So könnten beispielsweise Brücken oder einzelne Zähne mit Hilfe des Selektiven Laser-Sinterns individuell hergestellt werden. Folglich ist es also möglich, eine Kleinserienfertigung unter überschaubaren Kosten herzustellen. Weiterhin sind die gestalterischen Möglichkeiten nicht mehr an traditionelle Fertigungstechniken dritter Unternehmen gebunden. Diese dritten Unternehmen üben also keine Macht mehr auf den einzelnen Anwender aus. Vielmehr geht die Macht von den Anwendern auf die Unternehmen über, da sie nun bestimmen, welche Art der Fertigung sie bevorzugen.<sup>911</sup> Wird sich ein machtausübendes Unternehmen diesen neuen Gegebenheiten nicht stellen und nur unflexibel auf die neuen Anforderungen des Anwenders reagieren, dann werden sie sich schnell ins Abseits stellen.

Ersatzteile im Rahmen des Rapid Prototypings oder des Rapid Manufacturing stellen ein weiteres vielversprechendes Anwendungsgebiet dar. Hier kommen gerade in Gebieten mit einer gering ausgearbeiteten Infrastruktur einige interessante Entwicklungen zu. Auf diesen Aspekt wird im Gegenstand der Untersuchung jedoch eingegangen. So könnten diese Ersatzteile in abgelegenen Regionen schneller selber erstellt als von weither bestellt werden.

Auch ist das schnelle Fertigen von Ersatzteilen beispielsweise im Bereich der Autoteileindustrie sehr sinnvoll, speziell im Feld der Oldtimer oder im Modellbau. Hier können Teile, die auf einem herkömmlichen Ersatzteilemarkt nicht mehr beschafft werden können, ohne weiteres durch CAD neu konstruiert und dann durch ein entsprechendes Laser-Sinter-Verfahren ausgedruckt werden.

Darüber hinaus könnte das Verfahren auch für Produkte eingesetzt werden, welche noch auf dem Markt verfügbar sind. In Entwicklungsländern beispielsweise ließen sich Produkte herstellen, die dringend benötigt werden, und wo die Beschaffung in Industrieländern kostenintensiver ist als die direkte, unkomplizierte Eigenproduktion mit Hilfe des selektiven Laser-Sinterns. In Entwicklungsländern werden oft Produkte eingesetzt, die in Industrieländern nicht mehr benötigt werden. Beispiele sind hier Fahrräder, Autos oder Computer und Mobiltelefone. Oft sind daher keine Ersatzteile auf den herkömmlichen Märkten mehr verfügbar.

Vor allem diese sensiblen Geräte sind von jedem einzelnen Bauteil abhängig. Funktioniert eines dieser Bauteile nicht, so ist das gesamte Gerät aufgrund der zunehmenden Spezialisierung unbrauchbar. Mit Hilfe des Selektiven Laser-Sinter-Verfahrens könnten jedoch Geräte, denen nur ein kleines Bauteil fehlt, weil es zerbrochen oder abgebrochen ist wieder instand gesetzt

---

<sup>911</sup> vgl. Bergmann (2012), S. 190 ff.



werden, wie beispielsweise die Akkuabdeckung eines Mobiltelefons. Diese Vorgehensweise ist insoweit dann auch sinnvoll, da dies die Umwelt in mehrfacher Hinsicht schont. Zum Einen ist es nicht notwendig, ein komplett neues Gerät anzuschaffen, zum Anderen wird das alte Gerät nicht unsachgemäß entsorgt, wie es weithin der Fall ist.

Auch bei Produkten, bei denen die Ersatzteillieferung - wenn sie auch teurer wäre - gar nicht mehr verfügbar ist, weil die Produktion dieser Artikel bereits vor Jahren ausgelaufen ist, stellen die Methoden des Rapid Prototypings wie auch des Rapid Productions einen wesentlichen Beitrag zur Lebenserhaltung alter, jedoch noch gebrauchsfähiger und funktionierender Produkte dar.

Denkbar ist in diesem Zusammenhang, dass sich vor Ort sogenannte Rapid Prototypers oder Rapid Manufacturers gründen, die wie eine Art Werkstatt oder Copyshop agieren. Sinnvoll ist es in diesem Zusammenhang, sich an eine bestehende Werkstatt anzugliedern, welche dann Aufträge an den Rapid Manufacturer gibt. Dieser fertigt die benötigten Bauteile dann im Auftrag der übergegliederten Werkstatt oder im Auftrag Dritter.

Weiterhin ist es möglich, kleine Minifabriken aufzubauen, welche für jede Art der Ersatzteillieferung eine schnelle Lösung konstruieren können. Dies setzt jedoch einen erheblich starken Kompetenzgrad der Anwender und Nutzer voraus. Beide Gruppen müssen sich über ihre Ziele im Klaren sein und wissen, wie zum einen umfangreiche CAD-Programme bedient werden können als auch wie später das ausgedruckte Material veredelt wird.

Es scheint deshalb notwendig, dass die Mitarbeiter in einem Rapid Manufacturing-Shop ein hohes Maß an Problemlösefähigkeit besitzen, um entsprechende Bauteile fertigen zu können.<sup>912</sup> Weiterhin ist es wichtig, dass ein sogenanntes Netzwerk an Produzenten aufgebaut wird, die sich über das Internet gegenseitig beraten und bei Problemen untereinander unterstützen.

### 10.3.3 Ausländischer Markt der Rapid Prototypers

Auf dem amerikanischen Markt stellt sich das Unternehmen 3D Systems als der Marktführer dar.<sup>913</sup> Der Hersteller hat eine Reihe von 3D-Printern im Sortiment, die ständig erweitert werden. 3D Systems ist darauf bedacht, Lösungen zu entwickeln, die etwas unter 10 000 USD liegen. Allgemein bedeutet diese untere Preismarke eine Revolution im 3D-Printing. Die unterschiedlichen Wege, die 3D Systems verfolgt, spiegeln sich in den Verfahrensweisen wieder, in denen produziert werden kann.

Teilweise handelt es sich hierbei auch um Lösungen, die an einen stark ambitionierten Hobbycharakter erinnern. Die Drucker werden teilweise in Handarbeit zusammengesetzt, sind jedoch in einem weitreichenden Feld beheimatet. So sind die Drucker dafür geeignet, in der Medi-

---

<sup>912</sup> vgl. Zäh (2006), S. 32 ff.

<sup>913</sup> s. Internetadressenverzeichnis, Eintrag Nr. 31

zin schnelle Resultate - beispielsweise in der Operation von Patienten - herzustellen. So können mit Hilfe dieser Drucker nicht nur Ersatzteile für den Körper hergestellt werden; vielmehr wird es auch möglich, spezielle für eine individuelle Operation notwendige Tools, also Werkzeuge herzustellen, welche dann für einen Patienten einmal benutzt werden.

Weiterhin ist ein weitreichendes Anwendungsgebiet im Bereich der Zahntechnik denkbar. Hier werden Zahnmodelle zunächst durch einen Gipsabdruck gefertigt, die dann später durch einen 3D Drucker ausgegeben werden können. Diese Vorgehensweise ist hinsichtlich einer beschleunigten Behandlung der Patienten auch ein Gewinn für den ausführenden Zahnarzt, da er unter Effizienzgedanken einen Patienten schneller und günstiger unter steigenden Qualitätsvorgaben behandeln kann.

Ein weiterer Bereich, der für 3D Systems interessant ist, liegt im Bereich der Luftfahrt sowie im Militärbereich. Hier wurden beispielsweise in verschiedenen Krisenregionen verschiedene Drucker verwendet, um innerhalb weniger Stunden spezielle Ersatzteile fertigen zu können. Diese sind dann nicht nur im Kunststoffbereich, sondern auch aus Metall herstellbar. Gerade im militärischen Einsatz kann ein kleines Spezialteil, wenn es unter sonst unüblichen Bedingungen dem Verschleiß unterliegt, schnell wieder gefertigt werden. Eine Fertigung über den Hersteller kann einschließlich der Lieferung unter Umständen Wochen in Anspruch nehmen. Weiterhin ist im Bereich der Luftfahrt - insbesondere in der Entwicklung - ein hohes Anwendungspotential verankert. Hier werden Teile für unbenannte Flugobjekte oder den Brückenbau erstellt.

Im Konsumgüterbereich sieht 3D Systems Möglichkeiten in der Designentwicklung von Lampen, Inneneinrichtungsgegenständen, individuellen Produkten oder personalisierte Accessoires sowie der Kunst.<sup>914</sup> In diesem Bereich sind neuartige Dinge und Kunstwerke herstellbar.

Im Automobilbereich wird ein weiteres Anwendungsgebiet gesehen.<sup>915</sup> Hier können neue Funktionen und Möglichkeiten unkompliziert und schnell getestet werden, ohne dass ein aufwendiges Produktionsverfahren hinsichtlich des Prototypenbaus angeschoben werden muss, damit neue Erkenntnisse gemacht werden können. Folglich ist es auch ohne größeren Aufwand möglich, neue Ideen unkompliziert zu testen. Dies scheint insoweit wichtig, da direkt am Produkt Neuerungen diskutiert werden können. Die plastische Gestalt von Ideen hilft den Beteiligten Innovatoren am konkreten Produkt Neuerungen rascher zu begreifen und Verbesserungen zu diskutieren.

Ein weiteres Unternehmen auf dem angloamerikanischen Markt ist das Unternehmen Stratasys.<sup>916</sup> Bereits vor 10 Jahren verbuchte das Unternehmen über 50 Millionen USD an Umsatz. Das Unternehmen hat sich im Bereich des Fused Deposition Modeling angegliedert und sieht seine Aufgaben darüber hinaus im 3D Inkjet Printing.

---

<sup>914</sup> s. Internetadressenverzeichnis, Eintrag Nr. 32

<sup>915</sup> s. Internetadressenverzeichnis, Eintrag Nr. 33

<sup>916</sup> s. Internetadressenverzeichnis, Eintrag Nr. 34

Die vom Unternehmen hergestellten 3D-Drucker haben die Möglichkeit, im thermoplastischen Verfahren Bauteile herzustellen, die traditionell gefertigten Produkten in nichts nachstehen. Der eigentliche Vorteil besteht zudem darin, dass zur Fertigung kein spezielles Werkzeug und auch keine Werkstätten benötigt werden. Die ausgedruckten Bauteile sind in der Regel direkt einsetzbar.

Die Produkte von Stratasys gliedern sich teilweise an den Office und Home Office-Bereich wie auch an den Industriebereich an. Hier sind Geräte in der Größe eines herkömmlichen Laserdruckers wie auch in Größe eines Serverschranks erwerbbar. Die Desktopgrößen der Serie „uPrint SE 3D“ sind für kleinere Bauteile geeignet, während die größeren Drucker für größer dimensionierte Bauteile vorgesehen sind.

Ob die Hersteller untereinander immer noch, wie anfänglich geschehen, in einem starken Preiskampf verwickelt sind, ist fraglich, da jedes Unternehmen in einer Sparte mit einem Produktionsverfahren versucht, sich zu spezialisieren. Stratasys gelingt dies erfolgreich im Bereich des Fused Deposition Modeling.

Jedoch ist Stratasys trotz der angesprochenen Spezialisierung als ein Mitbewerber von 3D Systems zu nennen. Letzteres Unternehmen schloss zu Beginn des Jahres 2012 eine Kooperation mit der Z Corporation ab, welche ein Übernahmevermögen von 135,5 Millionen USD beinhaltete.<sup>917</sup> Die Z Corporation war bis dahin Teil der Ratos AB, eines Private Equity-Unternehmens mit dem Sitz in Stockholm.

Folglich wurden zu Beginn des Jahres 2012 die Produkte und Dienstleistungen von Z Corp in die Angebote der 3D Systems integriert. Damit konnte das Unternehmen sein Wachstum erheblich stärken und den Vorsprung vor den anderen Mitbewerbern erweitern. Z Corp bleibt jedoch als Marke bestehen und bietet damit weiterhin 3D-Technologien an, mit denen neue Produkte und Dienstleistungen effektiver als mit allen anderen Verfahren erstellt werden können.

Diese Technologien sind insoweit für den Nutzer attraktiv, da sie ihn unterstützen, Designzyklen zu komprimieren und neue Methoden zu entwickeln. Weiterhin lassen sich am vorhandenen 3D-Modell Probleme schneller erkennen. Folglich kann die Kommunikation beim Anwender optimiert werden. Dies fördert letztlich die Zusammenarbeit der Beteiligten untereinander, da sie sich Problemfelder nicht mehr abstrakt vorstellen müssen. Folglich können Lösungen einfach, schnell und unkompliziert erarbeitet werden.

In Japan und China zeigen sich ebenfalls interessante Entwicklungen. Hier konzentriert man sich hauptsächlich auf die Stereolithographie, welche sogar durch ein jährliches Symposium verstärkt wird. Vorreiter der Technik sind in Japan die D-Mec Ltd., welche unterschiedliche Lösungsansätze geht, um Dinge zu fertigen. Die D-Mec Ltd. hat sich darauf spezialisiert, kleinste Bauteile zu fertigen, welche unter Umständen nur von einem Elektronenmikroskop sehbar sind.

---

<sup>917</sup> s. Internetadressenverzeichnis, Eintrag Nr. 35

So können Zahnräder oder Ventilatoren in der Größe von wenigen Mikrometern hergestellt werden, die dann im mikrotechnischen Bereich eingebaut werden.<sup>918</sup>

Als weiteres ernstzunehmendes Unternehmen stellt sich die CMET Inc. vor.<sup>919</sup> Hierbei handelt es sich um ein japanisches Unternehmen, welches sich ebenfalls auf die Stereolithographie spezialisiert hat. Derzeit stellt das Unternehmen zwei Drucker her, welche für unterschiedliche Größen von Produkten ausgelegt sind. Interessant wird es in diesem Zusammenhang, weil die ausgedruckten Produkte auch in Klarsicht hergestellt werden können. Dies scheint gerade dann von Vorteil, wenn Produkte produziert werden sollen, die im Konsumbereich angesiedelt sind. Hier gilt neben Funktionalität auch ein gewisser Designeffekt, der bei Endkunden einen erheblichen Anteil ausmacht.

Ein weiterer japanischer Anbieter ist die Kira Corporation, welche Bauteile aus unterschiedlichen Materialien fertigen kann.<sup>920</sup> Kira hat in diesem Zusammenhang eine Micro Milling Maschine, eine Drilling Machine wie auch eine Micro Fabricationslösung im Angebot. Jede Maschinen-Gruppe besteht wiederum aus unterschiedlichen Maschinentypen mit einem unterschiedlichen Leistungsspektrum.

Der chinesische Markt hat seit Öffnung seiner Restriktionen vor etwa zwanzig Jahren einen schnellen Wandel durchlebt. Folglich hat sich auch der Markt für Rapid Prototyping-Hersteller positiv entwickelt. Durch das seit dieser Zeit ins Leben gerufene Entwicklungsprogramm hat sich auf dem chinesischen Markt auch im Bereich des Rapid Prototypings ein stetiges Wachstum ergeben. Dieses wird insbesondere durch Neuentwicklungen vorangetrieben, die von Universitätsseite kommen.

Jedoch kommen auch Neuerungen aus der Industrie selbst. Hier ist das Unternehmen Beijing Tiertime Technologie Co., Ltd. zu nennen.<sup>921</sup> Der Hersteller von 3D-Druckern hat sich auf reine ABS-Kunststoffdrucker spezialisiert. ABS bietet einen besonderen Vorteil hinsichtlich der Robustheit des Werkstoffs. Dabei werden die Werkstoffe in einer Rolle in das System eingebracht, welche dann wie eine Kerze das Material erhitzt und schichtweise aufträgt.<sup>922</sup>

Die Uniontech stellt sich als ein Anbieter vor, der seit 1994 auf dem Markt ist.<sup>923</sup> Er spezialisiert sich auf die Fertigungstechnik der Stereolithographie. Nach eigenen Angaben sieht sich das Unternehmen als einer der größten Hersteller von Rapid Prototyping-Maschinen. Neben der Stereolithographie stellt das Unternehmen auch Lösungen hinsichtlich des Metal Castings her.

Schaut man auf die Bereiche des Materialmarktes wie auch der Ersatzteile, so werden diese in aller Regel von den Herstellern selbst vertrieben. Sogenannte freie OEM-Hersteller sind der-

---

918 s. Internetadressenverzeichnis, Eintrag Nr. 36

919 s. Internetadressenverzeichnis, Eintrag Nr. 37

920 s. Internetadressenverzeichnis, Eintrag Nr. 38

921 s. Internetadressenverzeichnis, Eintrag Nr. 39

922 s. Internetadressenverzeichnis, Eintrag Nr. 15

923 s. Internetadressenverzeichnis, Eintrag Nr. 40

zeit nicht am Markt vertreten, da sich hinsichtlich der Verbrauchsmaterialien noch kein Standard durchgesetzt hat. Derzeit versucht jeder Hersteller einen Standard auf dem Markt zu etablieren, weshalb es einen erhöhten Kampf der Mitbewerber untereinander gibt. Die Preise für Fertigungsmaterialien liegen derzeit im mittleren dreistelligen Bereich. Auch Stützmaterialien sind im unteren dreistelligen Bereich anzusiedeln. Von daher stellt sich die Frage, ob ein Rapid Prototyping überhaupt kostengünstig betrieben werden kann. Gerade beim Endanwender ist demnach zu fragen, in wie weit er einen Kosten-Nutzen Effekt in seiner Anwendung sieht.

*Bohne*, Verantwortlicher des FabLab an der RWTH Aachen, fügt in diesem Zusammenhang in einem persönlich gehaltenen Interview an, dass das Personal Fabrication für den Endanwender durch seine Herangehensweise immer kostenintensiver sein wird als der Kauf über einen Hersteller. Dies scheint auch insoweit einsichtig, da zunächst ein Drucker wie auch eine umfangreiche IT-Infrastruktur mit entsprechender Software beschafft werden sollte. Darüber hinaus sollten die Anwender hinsichtlich ihrer Kenntnisse und Qualifikationen geschult werden.

Auch sind die Materialien selbst einem ständigen Wandel sowie einem kontinuierlichen Verbesserungsprozess unterworfen. So müssen die bestehenden Materialien hinsichtlich ihrer Festigkeit ihrer Robustheit wie auch hinsichtlich ihrer Langlebigkeit ständig verfeinert werden. Dies stellt wiederum eine hohe Herausforderung an die im Unternehmen angegliederten Chemiker, die ebenfalls ihre Kompetenz und ihr Wissen hinsichtlich dieser neuen Materialien erweitern müssen. Darin eingeschlossen sind auch die Bauteile, welche die neuen Materialien auf die Grundplatte aufbringen müssen. Mittel- bis langfristig wird die Entwicklung vermutlich so ablaufen, wie bei den herkömmlichen Tintenstrahl- und Laserdruckern, die sie heute auf jedem Schreibtisch stehen.

Hier kosten die Geräte an sich nicht viel. Teuer hingegen sind die Verbrauchsmaterialien wie Walzen, Heizgeräte und die Druckerkartuschen selbst. Diese Herangehensweise wird sich auch mit Fortschreiten der Technik auf die 3D-Drucker wie auch auf die Drucker des Selektiven Laser-Sinter-Verfahrens übertragen. So werden auch hier die verschiedenen Materialpulver wie auch die Spritzdüsen und Laserköpfe und Birnen als Verbrauchsmaterial im Verhältnis teurer sein als die Drucker selber.

Jedoch ist es hinsichtlich des teuren Verbrauchsmaterials wie auch der teuren Drucker mit der Beschaffung allein noch nicht getan. Die hoch sensiblen und teilweise schwer zu bedienenden Geräte müssen von einem qualifizierten, kompetenten und geschulten Personal bedient werden. Auch die Wartung der Geräte ist diesbezüglich wichtig, da andernfalls diese schnell ihre Funktion aufgeben. So kann es vorkommen, dass der Austausch eines Lasers im Stereo Lithographie-Verfahren schon einmal im fünfstelligen Bereich liegt.

Diese Preise verursachen folglich eine Zuliefererindustrie, welche sich an die Druckerindustrie angliedert. Auch ist eine nachgeordnete Kleinindustrie im Servicebereich denkbar, welche durch ihre Dienstleistungsaktivitäten eine zusätzliche Wertschöpfung erzielt. Die Aufgaben dieser Dienstleistungsbetriebe sind dann nicht nur in der Wartung und in der Reparatur der Dru-

cker und Arbeitsplätze zu sehen, vielmehr könnten sich auch Servicedienstleister hinsichtlich der CAD Konstruktion etablieren. Denkbar ist es auch, wie am Beispiel von AlphaPrototypes zu sehen ist, dass sich sogenannte Copyshops bilden, welche wie die derzeitigen Papiercopyshops funktionieren. Hier kann ein Kunde mit seiner CAD-Zeichnung in einen Shop kommen und einen Druck in Auftrag geben.

Das Unternehmen Alpha Prototypes aus Bellingham, Washington (USA) arbeitet genau nach diesem Prinzip.<sup>924</sup> Durch die ans Unternehmen angegliederte Web 2.0-Plattform wird es dem Kunden sogar ermöglicht, dass er seine CAD-Zeichnung hochladen kann. Die Plattform errechnet aufgrund dieser Zeichnung sofort den Preis und empfiehlt eine mögliche Verfahrenstechnik hinsichtlich des Ausdrucks.

Der gesamte Bestellablauf gliedert sich in unterschiedliche Bereiche. Zunächst besucht der Kunde das Internetangebot von Alpha Prototypes. Hier kann er seine CAD-Dateien hochladen. Dabei werden ihm verschiedene Optionen vorgeschlagen, die er hinsichtlich seiner Bestellung ab- oder anwählen kann. In einem zweiten Schritt werden die Materialien vorgeschlagen, mit denen das Werkstück gefertigt werden kann. So eignen sich nicht alle Materialien und nicht jede Verfahrenstechnik hinsichtlich einer vielleicht umfangreichen Zeichnung. Hat der Kunde eine Fertigungstechnik wie auch ein damit verbundenes Material ausgewählt, so kann er sich in einem dritten Schritt für die Art des Finishings entscheiden.

So stellen Dienstleister wie AlphaPrototypes aus der heutigen Sicht für die Heimanwender wie auch im professionellen Bereich im B2B einen wichtigen Bereich dar. Die Drucker, welche, wie oben erwähnt, im fünfstelligen Bereich liegen, sind für KMU wie auch für Heimanwender nicht immer erschwinglich. Deshalb sollte hier eine Kosten-Nutzen-Abwägung stattfinden, welche jeder Kunde für sich selber treffen sollte. So bleibt es abzuwarten, ob sich ein Heimanwender sein Einmalgeschirr selber ausdrucken wird, oder ob der Bereich des Rapid Prototypings ein Spezialgebiet bleibt, auf das sich hoch spezialisierte Unternehmen und Lead User beziehen, wenn ihnen kein anderer Weg zur schnellen Fertigung von Bauteilen realistisch erscheint.

#### **10.4 Rapid Prototyping im universitären Umfeld: Beobachtungen bei der Media Computing Group im FabLab der RWTH Aachen**

Das Fab Lab an der RWTH Aachen stellt sich dar als eine Community, welche von Professor Dr. Jan Borchers geleitet wird.<sup>925</sup> Das FabLab ist kein typisches Labor, welches in geschlossenen Räumen nur kompetenten Wissenschaftlern zugänglich gemacht wird. Vielmehr ist es als eine nach dem Vorbild des Open Innovation gestalteter Ort zu sehen, der für jeden geöffnet ist. Dabei können nicht nur Studenten und Wissenschaftler, sondern auch Privatpersonen das FabLab nutzen. Gerade in diesem von Open Innovation geprägten Umfeld ist jeder Einzelne gefragt, grundsätzlich neue Ideen einzubringen. Dabei konzentrieren sich die Ideen nicht nur auf

---

<sup>924</sup> s. Internetadressenverzeichnis, Eintrag Nr. 41

<sup>925</sup> s. Internetadressenverzeichnis, Eintrag Nr. 42

zu fertige Teile sondern auch auf die Fertigungstechnik selbst. So wird das Labor jeden Dienstag für Interessierte mit vorheriger Anmeldung geöffnet. Den Anwendern stehen dabei unterschiedliche 3D-Printer zur Auswahl. Diese werden zunächst einmal vorgestellt.

So wird den Anwendern ein 3D-Printer Dimension Elite zur Verfügung gestellt, welcher den Ausdruck von dreidimensionalen Prototypen ermöglicht. Der Drucker verflüssigt einen speziellen Kunststoff, welchen er Stück für Stück aufträgt - sodass am Ende das zuvor in der CAD-Zeichnung konstruierte Modell entsteht. Erfordert die Konstruktion, dass beim Druck Stützelemente eingebaut werden müssen, so lassen diese sich nachher einfach in einem Laugenbad entfernen.

Hinsichtlich der Größe können Bauteile in den Dimensionen von 200x200x300 Millimeter hergestellt werden. Größere Objekte sind auch möglich, jedoch erfolgt dann ein teilweiser Druck. Die Teile müssen dann später zusammengeklebt werden. Dies gelingt jedoch aufgrund des ABS-Kunststoffs, mit dem die 3D-Produkte erstellt werden, sehr gut. ABS zeichnet sich durch seine hohe Festigkeit aus. Der Kunststoff kommt dort zum Einsatz, wo die Materialien hoch beansprucht werden. Jedoch wirkt diese nur zu einem gewissen Grad. Letztlich wird die Festigkeit und Haltbarkeit des Kunststoffs auch durch seine Geometrie mitbestimmt. Folglich eignet sich der 3D-Druck nicht unbedingt, wenn die Geometrien zu dünn und sehr zerbrechlich konstruiert sind.

Das Fablab der RWTH Aachen konstruiert die Materialien für den Hobbyisten wie auch für den nicht-kommerziellen Anwender zum Selbstkostenpreis. Soll doch ein kommerzielles Produkt hergestellt werden ist dies auch möglich, jedoch werden dann die Preise der Herstellung und des Drucks an gängige Marktpreise angepasst. Konstruiert werden die Produkte meist mit Open Source Programmen wie Blender oder Google Sketchup.

Die Intention des Fablabs an der RWTH Aachen besteht darin, dass neue Ideen generiert werden sollen. Als Partizipant wird man deshalb gebeten, seine Ideen offenzulegen und keine Patente zu verfolgen. Dies scheint sehr sinnvoll, da dies wiederum weitere Anwender und Nutzer motiviert, ihre Sichtweisen und Meinungen mit in ein freies Projekt zu integrieren.

Diese Art der freien Partizipation wurde auch in einem Projekt der Wasseraufbereitung gewählt, welches im Gegenstand der Untersuchung näher erläutert werden soll. Hierbei wurde der Closed Innovation-Prozess mit dem Open Innovation-Prozess anhand eines real existierenden Produktes der Wasseraufbereitung für Entwicklungsländer vorgenommen und verglichen. Die freie, offene Gestaltung des Prozesses führte dazu, dass mehr Ideen hervorgebracht wurden, die dann dazu führten, dass Probleme schneller erkannt und gelöst werden konnten. Im Fazit entstand ein komplett neues Produkt, welches unter die Creative Commons-Lizenz gestellt wurde.