



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Grundseminarausarbeitung

Jan Stieglitz

Personal Fabrication

*Fakultät Technik und Informatik
Studiendepartment Informatik*

*Faculty of Engineering and Computer Science
Department of Computer Science*

Jan Stieglitz

Personal Fabrication

Grundseminararbeit eingereicht im Rahmen der Ausarbeitung

im Studiengang Master Informatik, Grundseminar
am Department Informatik
der Fakultät Technik und Informatik
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Betreuender Prüfer: Prof. Dr. Birgit Wendholt

Eingereicht am: 28. Februar 2019

Jan Stieglitz

Thema der Arbeit

Personal Fabrication

Stichworte

Personal Fabrication, DIY, Maker, Industry 4.0, Smart Objects

Kurzzusammenfassung

Dieses Dokument ...

Jan Stieglitz

Title of the paper

Personal Fabrication

Keywords

Personal Fabrication, DIY, Maker, Industry 4.0, Smart Objects

Abstract

This document ...

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Entstehung von Personal Fabrication	1
1.2	Themengebiete	1
1.3	Motivation	1
2	Aktuelle Forschung	3
2.1	Personal Fabrication - Ein Überblick	3
2.2	Kategorisierung	3
2.2.1	Hardware / Produktion	4
2.2.2	Usability	4
2.2.3	Gesellschaft	5
2.3	Werkzeuge	5
2.3.1	Encore	5
2.3.2	Mechanism Perfboard	6
2.3.3	Editoren	6
2.3.4	Vergleich	7
2.4	disruptiver Ansatz	7
2.5	Industrie 4.0	8
3	Ergebnis	9
3.1	Ausblick	9
4	Fazit und Fragestellung	10
4.1	Fragestellung	10

1 Einleitung

1.1 Entstehung von Personal Fabrication

Mit der Entwicklung und Verbreitung von 3D-Druckern für den Privatgebrauch entstand der Forschungsbereich um die Personal Fabrication. Zeitgleich entwickelte sich die Maker-Szene, in der sich Menschen mit der Herstellung von komplexen Produkten im privaten Kontext beschäftigen. In der Folge entwickelten sich in diesem Rahmen Fablabs und Repair-Cafes im Freizeitbereich. Ebenso entwickelte sich in der Forschung das Interesse in verschiedenen Bereichen von der Informatik über Kunst und Design, bis hin zur Umwelttechnik. Die Einflüsse dieser Entwicklung im Bezug auf die Informatik und deren Auswirkungen für aktuelle Themen wie Industrie 4.0 und Smart-Objects wird Thema in dieser Ausarbeitung.

1.2 Themengebiete

Ein klar umrissenes Themengebiet lässt sich für Personal Fabrication nur schwer ziehen. Die Themengebiete lassen sich jedoch in drei Kategorien ihrer Auswirkung strukturieren:

- Gesellschaft
- Usability
- Hardware

Vielfältigkeit und Individualität bilden die Kernaspekte. Der Einfluss erstreckt sich aber in verschiedenste Bereiche von Design über Reparatur und Wiederverwertung von Rohstoffen, bis hin zur Dezentralisierung von Produktion. [Baudisch \(2016\)](#)

1.3 Motivation

Personal Fabrication ist ein junges und aktuelles Thema mit vielen Möglichkeiten zur praktischen Umsetzung und Entwicklung. Besonders die Ergebnisse aus der durch Kreativität

1 Einleitung

und experimentelle Forschung, sowie deren Einfluss auf die aktuellen Entwicklungen in Wissenschaft, Industrie und unserer Gesellschaft, zeigen ein großes Potential und wecken mein Interesse an diesem Forschungsgebiet. Darüber hinaus interessiert mich die Idee neue und neueste Technologie mittels geringer Einstiegshürden jedem Interessierten zu ermöglichen.

2 Aktuelle Forschung

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit der aktuellen Forschung und den bisherigen Ergebnissen von Personal Fabrication. Der Fokus liegt dabei primär auf den Techniken, die vorhandene Technologie nutzt um Herstellungsprozesse zu vereinfachen oder neue Wege zu ermöglichen.

2.1 Personal Fabrication - Ein Überblick

Unter dem Thema Personal Fabrication gibt es seit Anfang der 2010er Jahre eine stetig steigende Anzahl an Forschung und Ergebnissen, die aus verschiedenen Disziplinen der Informatik und ihrem Umfeld entstammen. Als neue Kategorie innerhalb von Human-Computer-Interaction (HCI) liegt der Fokus nicht in der Entwicklung einer Kernkompetenz in der Herstellung, sondern in der Verknüpfung verschiedener Disziplinen.

2.2 Kategorisierung

Durch die Vielzahl von Entwicklungen und Forschungsansätzen zur Personal Fabrication, ist eine klare Abgrenzung zu anderen Themen schwierig. Vor allem, weil sich das Forschungsgebiet vernetzend zwischen verschiedenen anderen Themengebieten wie Robotik, Rapid Prototyping und Kunst auswirkt, lassen sich einfacher Bereiche benennen, die durch Personal Fabrication beeinflusst werden.

Gesellschaft	Nachhaltigkeit	Geistiges Eigentum
Usability	Einfachheit	Domänenwissen / Fachwissen
Hardware	Material	Geschwindigkeit und Interaktivität

Tabelle 2.1: Kategorien und Herausforderungen

Baudisch (2016)

2.2.1 Hardware / Produktion

Der produktive Anteil erstreckt sich auf die eigentliche Verarbeitung von Rohstoffen und die Produktionsprozesse.

Material

Der eigentlich zu verarbeitende Rohstoff, der sowohl als Neuware, in Form von Halbzeugen, als auch Recycling von Kunststoffabfällen verwendet wird. Auch alte oder defekte Geräte sind ein möglicher Ausgangspunkt für die Fertigung.

Geschwindigkeit / Interaktivität

Besonders Einsteiger, aber auch Künstler arbeiten nicht nach einem strikten Plan. Durch eine hohe Interaktivität wird dem Nutzer der direkte Eingriff in einen Fertigungsprozess gegeben. Dies ist bei einfachen 3D-Druckern notwendig, um bei sich ändernden Umgebungsparametern wie Lufttemperatur oder Luftfeuchtigkeit ein gutes Druckergebnis erreichen zu können.

Ebenso ist eine gewisse Fertigungsgeschwindigkeit von der Planerstellung, wie einem 3D-Modell, bis zum fertigen Produkt notwendig. Einzelne Entwicklungszyklen werden damit kürzer und Verbesserungen lassen sich schneller einbringen und ihre Auswirkungen auf das Produkt direkt erkennen.

2.2.2 Usability

Die Nutzerfreundlichkeit von Systemen entscheidet vielfach über die Akzeptanz und ihre Verbreitung. Eine Präzise CNC-Maschine wird sich etablieren, wenn sie nicht unnötig kompliziert ist und trotzdem ihre Fähigkeiten erbringen kann.

Einfachheit

Geringe Einstiegshürden und eine intuitive Bedienbarkeit bilden die Grundlage um Einsteigern ein Thema näher zu bringen. Dieser soll in die Lage versetzt werden, ohne großes Expertenwissen vorab, ein Projekt umzusetzen. Zudem muss eine Gestaltung mit einfachen Eingabemethoden die persönliche Anpassung des Produkts ermöglichen.

Domänenwissen

Explizit keine Grundvoraussetzung soll ein tiefergehendes Vorwissen sein. Auf der anderen Seite soll Experten keine Einschränkung bei der Verwendung entstehen.

Beispielsweise sind diese Anforderungen in Programmen für den 3D-Druck, sogenannte Slicer, welche aus dem Modell Maschinenbefehle erzeugen, umgesetzt. Ein Einsteiger bekommt nur wenige einfache Parameter zur Auswahl. Der Erfahrene kann darüber hinaus bishin zur direkten Manipulation der Befehle weitere Parameter einblenden und ändern.

2.2.3 Gesellschaft

Auswirkungen durch neue Technologien haben schon immer einen Einfluss auf die Gesellschaft gehabt. Im Umkehrschluss sind auch Technologien erst durch die gesellschaftlichen Einflüsse in bestimmte Richtungen entwickelt worden. Bei Personal Fabrication ist die Bewegung der Maker-Szene offensichtlich ein Einflussfaktor.

Nachhaltigkeit

Umweltbewusstes Handeln, wie Recycling, Upcycling und die Repair-Cafes sind auch in einigen Projekten im Kontext von Personal Fabrication ein Thema. So setzen verschiedene Projekte auf die Wiederverwertung oder Erweiterung von vorhandenen Produkten.

Weichel u. a. (2014) Ramakers u. a. (2016) Wakimoto u. a. (2018) Baudisch und Mueller (2016)

Geistiges Eigentum

Ein viel diskutiertes Thema in der Gesellschaft ist die Frage um das Copyright und das geistige Eigentum der Erfinder, Ingenieure und Künstler. In der Entwicklung von Personal Fabrication ist dies aktuell noch nicht viel diskutiert. In Zukunft wird vermutlich das geistige Eigentum wie bei den Modellen für 3D-Druck in den Fokus der Diskussion gerückt. Für die 3D-Druckmodelle ist der Community-Ansatz, das Teilen und gegenseitige verbessern von Entwicklungen, stärker als die Diskussion um DRM, Copyright und co. gewesen.

2.3 Werkzeuge

Personal Fabrication bezieht sich auf die bereitstellung einfacher Softwarewerkzeuge. Automatisierung und Reduktion von manueller Arbeit ist eines der Ziele. Andere Werkzeuge erweitern die Funktionalität der Fertigungsmaschinen.

2.3.1 Encore

3D-Drucker werden meist zum Erzeugen von Produkten eingesetzt. Wenn nun aber schon ein Produkt vorhanden ist, kommt es vor, dass einzelne Funktionen nicht hinreichend oder

unpraktisch sind. Das Forschungsprojekt Encore zeigt hier einen Ansatz zur Verbesserung von vorhandenen Produkten. Drei Methoden, die direkt auf ein vorhandenes Objekt drucken, mittels gedruckter Adapter oder durch einlegen von Objekten in den Druck, werden dabei realisiert.

So lassen sich neue Funktionen hinzufügen oder Defekte reparieren. Gleichzeitig wird die Schwierigkeit, den Druck exakt zu modellieren in der Entwickelten Software gelöst. [Chen u. a. \(2015\)](#)

2.3.2 Mechanism Perfboard

Geht es um Geschwindigkeit, so ist heute eine Simulation einfacher, als die Konstruktion von vielen Prototypen. Parameter für Längen und Winkel oder verschiedene Verbindungen können angepasst und neu berechnet werden.

Dabei bleibt die Haptik eines Modells, das bewegt und erfahren werden kann, auf der Strecke. Die Darstellung des geplanten Objekts kann zwar beliebig skaliert werden, bleibt aber zunächst in der virtuellen Welt.

Um beider Ansätze Vorteil zu kombinieren haben Jeong et. al. eine virtuelle Werkbank gebaut. Diese Ermöglicht sowohl die Planung von Mechanismen, als auch die spätere Unterstützung bei der Realisierung durch Projektionen auf die Arbeitsfläche. Bisher fehlende Objekte können auf die Arbeitsfläche gelegt und digitalisiert werden.

In der Entwicklungsphase kann, durch die Simulation der Mechanik, die Strategie angepasst und Fehler verhindert werden. Expertenwissen wird gleichzeitig nicht benötigt. [Jeong u. a. \(2018\)](#)

2.3.3 Editoren

Neben den speziellen Werkzeugen um einzelne Probleme zu lösen, entstanden verschiedene Editoren und Steuerungen zur Gestaltung und Produktion von Produkten. Einfache Modellierung von 3D-Modellen auf einem Touch-Device ist der Ansatz von 123D Sculpt. Anstatt schrittweise ein Modell zu konstruieren, kann der Nutzer von einem Rohmodell mittels drücken und ziehen die Form anpassen. Ähnlich einem Lehmklumpen soll der unerfahrene Benutzer mit dem Werkzeug arbeiten, Profis wiederum nicht eingeschränkt werden. [Predy u. a. \(2012\)](#)

Mit CraftML wurde gezielt der hierarchische Ansatz von HTML erweitert, um strukturiert mittels einer Beschreibungssprache 3D-Objekte zu erzeugen. Bekannte Funktionen aus der Webentwicklung wurden dabei gezielt eingesetzt. So lassen sich diverse Eigenschaften mittels CSS

und JQuery beeinflussen. Gleichzeitig ist der Einstieg so einfach wie möglich gehalten. [Yeh und Kim \(2018\)](#)

Robotic Modelling Assistant kurz RoMA setzt auf AR und VR-Technik. Der Nutzer bedient einen Roboter, mit einem 3D-Druckkopf, durch eine VR-Set. Die Brille blendet Funktionen und Informationen ein und ermöglichen die Steuerung per Controller. So können 3D-Drucke direkt durch die Interaktion mit dem Drucker erstellt werden. [Peng u. a. \(2018\)](#)

Grafter bietet die Fähigkeit, Konstruktionen aus verschiedenen Teilen vorhandener 3D-Modellen zu kombinieren. Die Software unterstützt hier das manuelle Zerlegen und Anpassen. [Roumen u. a. \(2018\)](#) Ein ähnliches Ziel wird bei MixFab [Weichel u. a. \(2014\)](#) angestrebt. Die Modelle werden jedoch aus der realen Welt ein Objekt in einen Arbeitsplatz mit 3D-Display und Gestensteuerung gestellt. Der Nutzer kann dann mit dem Objekt interagieren und durch Gesten das zu gestaltende Produkt modellieren.

Einen anderen Ansatz verfolgte Stefanie Mueller in ihrer Dissertation. Direkte Manipulation und ein schnelleres Feedback sollen Fehlplanungen durch Erfahrungen ersetzen und verbessern. [Mueller \(2018\)](#)

2.3.4 Vergleich

Jedes Projekt zeigt verschiedene Zielsetzungen und Ergebnisse. Kernthema ist für alle die Vereinfachung von Arbeitsabläufen, senken der Einstiegsschwelle und die Beschleunigung von Prozessen. Dies trifft die in [Baudisch und Mueller \(2016\)](#) genannten Herausforderungen jeweils in verschiedenen Punkten.

2.4 disruptiver Ansatz

Offensichtlich geschieht an dieser Stelle ein Umbruch in der Fertigung von Produkten. Die Auswirkungen sind noch nicht in allen Bereichen der Produktion von Waren sichtbar. Andererseits setzen Unternehmen schon länger auf Technologien des Rapid-Prototyping, zum Beispiel um Ersatzteile bei Bedarf zu fertigen.

Im privaten Bereich sind die Auswirkungen stärker wahrnehmbar. 3D-Drucker sind nicht mehr nur ein Spielzeug für Nerds und Künstler. Apps und Sensoren für 3D-Scanning als Gegenstück zum 3D-Druck sind ebenso verfügbar. Aus dieser Konstellation leitet Patrick Baudisch in [Baudisch und Mueller \(2016\)](#) eine disruptive Entwicklung für die Personal Fabrication ab. Das AD/DA-Pattern zeigt hier einen Indikator für massive Paradigmenwechsel an. Am Beispiel der Digitalisierung verschiedener Medien wird die beschleunigende Wirkung gezeigt.

Dieser Umbruch war in der Vergangenheit bei Musik, Fotos und Videos zu beobachten. So wird auch für Personal Fabrication eine solche Wende vorhergesagt.

2.5 Industrie 4.0

Entsprechend der erwarteten Veränderungen durch Personal Fabrication sind bestimmte Aspekte gemeinsam mit der sogenannten vierten Industriellen Revolution zu sehen. Die Digitalisierung von Herstellungsprozessen verfolgt sehr ähnliche Ziele mit Smart-Objects und "Losgröße-1"Produktion um im industriellen Kontext den Bedarf nach individuellen und auf den Kundenwunsch zugeschnittene Produkte gerecht zu werden.

Eine mögliche Konsequenz ist, dass Unternehmen, die heute noch Produkte vom Entwurf bis zum Verkauf herstellen, in Zukunft vermehrt nur die Komponenten vorbereiten und dem Kunden verschieden Optionen nach dem Baukastenprinzip zur Verfügung stellen.

3 Ergebnis

Das Feld der Personal Fabrication ist ein aktuelles und sich stark entwickelndes Thema. Durch die weiche Abgrenzung und vielfältige Übergänge in andere Forschungsbereiche werden neue Fragestellungen, die sich bisher nicht konkret zuordnen ließen, möglich. Grundsätzlich bildet Personal Fabrication viele Felder zum Experimentieren. Von Human Computer Interaction über Usability, lassen sicher auch Themen wie KI und Industrie 4.0 aus dieser Sicht bearbeiten.

Auf Konferenzen wie die SIGCHI sind vor allem im vergangenen Jahr große Mengen von Beiträgen veröffentlicht worden. Von den im [Baudisch \(2016\)](#) genannten Herausforderungen werden besonders im Bereich Usability und Hardware neue Konzepte und Verfahren entwickelt. Die Nachhaltigkeit wird bisher nur in zwei Ansätzen gezielt verfolgt.

3.1 Ausblick

In anbetracht der begrenzten Ressourcen und stetig wachsenden Menschheit ist die Nachhaltigkeit von Verfahren aus gesellschaftlicher Sicht wichtig. Die Betrachteten Entwicklungen bieten Potenzial in verschiedenen Bereichen der produktiven Arbeit. Recycling und reparieren von Produkten kann hier für jeden Menschen machbar werden und die aktuelle Wegwerfmentalität zumindest reduzieren.

Gleichzeitig sinkt die Anforderung an das Vorwissen. Neue Prozesse lassen sich so spielerisch erfahren und gleichzeitig die Neugier wachsen. Dadurch entstehen neue Optionen für die Ausbildung wie auch Möglichkeiten der Gestaltung.

Im Industriellen Kontext werden einzelne Ergebnisse verschiedene Änderungen mit sich bringen. Umbrüche durch die digitalisierten Arbeitsabläufe und die mit einhergehende Individualisierbarkeit von Produkten werden bisher nur in kleinen Rahmen umgesetzt. Im Sinne der Personal Fabrication werden die bisherigen Produktionswege sich von der Massenproduktion von Serienprodukten hin zu individuellen Einzellösungen entwickeln.

4 Fazit und Fragestellung

Nach der Auswertung der verschiedenen Quellen und Lösungsansätze zeigt sich das Potenzial der Forschungsrichtung. Die Realisierung der verschiedenen Projekte sind jedoch meist als Durchstich oder Proof of Concept realisiert. Für einen Einsatz zum Beispiel als Werkzeug im Industrie-4.0 Kontext, fehlt es derzeit an Struktur. Dies ist in einer jungen Forschungsrichtung zunächst nicht problematisch, es erfordert für den Einstieg in die Thematik jedoch im ersten Moment einen hohen Aufwand für die Orientierung.

4.1 Fragestellung

Für das Grundprojekt möchte ich die Verschiedenen Projekte und Werkzeuge klassifizieren. Sowie ihre Eigenschaften und Fähigkeiten analysieren. Das Ziel soll eine Übersicht der Einsatzmöglichkeiten und späteren Verwendung der Werkzeuge ergeben.

Literaturverzeichnis

- [Baudisch 2016] BAUDISCH, Patrick: Personal fabrication in HCI: trends and challenges. In: *Proceedings of the International Working Conference on Advanced Visual Interfaces ACM (Veranst.)*, 2016, S. 1–2
- [Baudisch und Mueller 2016] BAUDISCH, Patrick ; MUELLER, Stefanie: Personal Fabrication: State of the Art and Future Research. In: *Proceedings of the 2016 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems ACM (Veranst.)*, 2016, S. 936–939
- [Chen u. a. 2015] CHEN, Xiang'Anthony' ; COROS, Stelian ; MANKOFF, Jennifer ; HUDSON, Scott E.: Encore: 3D printed augmentation of everyday objects with printed-over, affixed and interlocked attachments. In: *Proceedings of the 28th Annual ACM Symposium on User Interface Software & Technology ACM (Veranst.)*, 2015, S. 73–82
- [Jeong u. a. 2018] JEONG, Yunwoo ; KIM, Han-Jong ; NAM, Tek-Jin: Mechanism perfboard: An augmented reality environment for linkage mechanism design and fabrication. In: *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems ACM (Veranst.)*, 2018, S. 411
- [Mueller 2018] MUELLER, Stefanie: SIGCHI Outstanding Dissertation Award: Interacting with Personal Fabrication Devices. In: *Extended Abstracts of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. New York, NY, USA : ACM, 2018 (CHI EA '18), S. Award4:1–Award4:4. – URL <http://doi.acm.org/10.1145/3170427.3185063>. – ISBN 978-1-4503-5621-3
- [Peng u. a. 2018] PENG, Huaishu ; BRIGGS, Jimmy ; WANG, Cheng-Yao ; GUO, Kevin ; KIDER, Joseph ; MUELLER, Stefanie ; BAUDISCH, Patrick ; GUIMBRETIERE, François: RoMA: Interactive Fabrication with Augmented Reality and a Robotic 3D Printer. In: *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. New York, NY, USA : ACM, 2018 (CHI '18), S. 579:1–579:12. – URL <http://doi.acm.org/10.1145/3173574.3174153>. – ISBN 978-1-4503-5620-6

- [Predy u. a. 2012] PREDY, Leslie ; RICE-KHOURI, Alex ; FOWLER, Greg ; ROMANOVSKA, Anna ; BROWN, Hans-Frederick: 123D sculpt: designing a mobile 3d modeling application for novice users. (2012)
- [Ramakers u. a. 2016] RAMAKERS, Raf ; ANDERSON, Fraser ; GROSSMAN, Tovi ; FITZMAURICE, George: Retrofab: A design tool for retrofitting physical interfaces using actuators, sensors and 3d printing. In: *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* ACM (Veranst.), 2016, S. 409–419
- [Roumen u. a. 2018] ROUMEN, Thijs J. ; MÜLLER, Willi ; BAUDISCH, Patrick: Grafter: Remixing 3D-Printed Machines. In: *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* ACM (Veranst.), 2018, S. 63
- [Wakimoto u. a. 2018] WAKIMOTO, Tomomasa ; TAKAMORI, Ryoma ; EGUCHI, Soya ; TANAKA, Hiroya: Growable Robot with 'Additive-Additive-Manufacturing'. In: *Extended Abstracts of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* ACM (Veranst.), 2018, S. LBW110
- [Weichel u. a. 2014] WEICHEL, Christian ; LAU, Manfred ; KIM, David ; VILLAR, Nicolas ; GELLERSEN, Hans W.: MixFab: A Mixed-reality Environment for Personal Fabrication. In: *Proceedings of the 32Nd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*. New York, NY, USA : ACM, 2014 (CHI '14), S. 3855–3864. – URL <http://doi.acm.org/10.1145/2556288.2557090>. – ISBN 978-1-4503-2473-1
- [Yeh und Kim 2018] YEH, Tom ; KIM, Jeeun: CraftML: 3D Modeling is Web Programming. In: *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. New York, NY, USA : ACM, 2018 (CHI '18), S. 527:1–527:12. – URL <http://doi.acm.org/10.1145/3173574.3174101>. – ISBN 978-1-4503-5620-6

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit ohne fremde Hilfe selbständig verfasst und nur die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe.

Hamburg, 28. Februar 2019

 Jan Stieglitz