

3D-Drucken –

Anmerkungen zum momentanen Hype

Autor

Dieter Rehfeld

Auf den Punkt

- Der Hype um 3D-Drucken hat mittlerweile den Höhepunkt erreicht: Deutliche Kostensenkungen bei 3D-Druckern, breitere Möglichkeiten des Materialeinsatzes und das Auslaufen kritischer Patente haben die Dynamik in diesem Feld beschleunigt.
- Industrielles 3D-Drucken hat sich in den letzten beiden Dekaden kontinuierlich weiter entwickelt, bisher aber eher Randbereiche der industriellen Produktion geändert.
- Individuelles 3D Drucken befindet sich noch in der Anfangsphase und ist eng mit der Do-It-Yourself-Bewegung und mit Crowd-basierten Communities verbunden.
- Anspruchsvolle Anwendungen außerhalb der Industrie finden sich vor allem in Fablabs, die sich als Orte produzierenden Experimentierens, technischen Lernens und kollektiver Produktion in kreativen Branchen positionieren.
- Es entspricht dem Hype, dass die Erwartungen sehr weit reichen und von einer neuen urbanen Industrie über eine Transformation industrieller Produktion bis hin zur "Demokratisierung" des Kapitalismus reichen.

Zentrale Einrichtung der
Westfälischen Hochschule
Gelsenkirchen Bocholt
Recklinghausen in
Kooperation mit der
Ruhr-Universität Bochum

 **Westfälische
Hochschule**

**RUHR
UNIVERSITÄT
BOCHUM** **RUB**

Worum geht es?

2008/9 hat Garner, ein auf technologische Analysen spezialisierter Unternehmensberater, 3D-Drucken in seiner Hype-Kurve an die Spitze der inflationären Erwartungen gesetzt. Auch eine 2009 im Economist veröffentlichte Reportage über die Fabrik auf dem Schreibtisch trug zu diesem Hype bei. Und der Hype hält an, fast täglich werden neue Erfolge mit 3D-Drucken berichtet: eine finnische Band, die nur mit selbst gedruckten Instrumenten rockt, ein gedrucktes Haus, ein gedrucktes Auto, ein Tukan, dem der abgebrochene Schnabel durch eine Prothese aus dem 3D Drucker ersetzt wurde, die Ankündigung in wenigen Jahre menschliche Organe drucken zu können usw..

Zeit, etwas genauer auf diesen Hype zu schauen¹. Zunächst, worum geht es beim 3D-Drucken? Es beginnt mit einem virtuellem Modell, entweder CAD-programmiert oder eingescannt. Dieses Modell wird dann in einzelne Scheiben zerlegt und ein geschichtetes Modell wird programmiert. Dieses Modell bildet die Grundlage für das schichtweise Drucken. Die gängigsten Drucker arbeiten mit Lasern oder mit Düsen. Gedruckt wird Schicht für Schicht. Parallel dazu wird unterstützendes Material generiert um überhängende oder fragile Elemente zu stabilisieren. Dieses Material wird nach dem Druckprozess mechanisch entfernt. Bei anspruchsvollen Objekten ist oft eine Nachbearbeitung (Sintern, Erhitzen, Härten, Polieren usw.) notwendig.

Der Begriff 3D-Drucken wurde 1996 von dem Unternehmen ZCorp eingeführt. Die Wurzeln liegen aber zehn Jahre früher, als Charles Hull mit seinem Patent die Grundlagen für die kommerzielle und industrielle Anwendung von 3D-Drucken legt. In diesen ersten Jahren wurden industrielle Anwendungen von 3D-Drucken unter Begriffen wie „Rapid Prototyping“ oder „Additive Manufacturing“ implementiert. Auch heute wird noch in der Regel zwischen „Additive Manufacturing“ als industrieller Anwendung und 3D-Drucken als privater Anwendung unterscheiden.

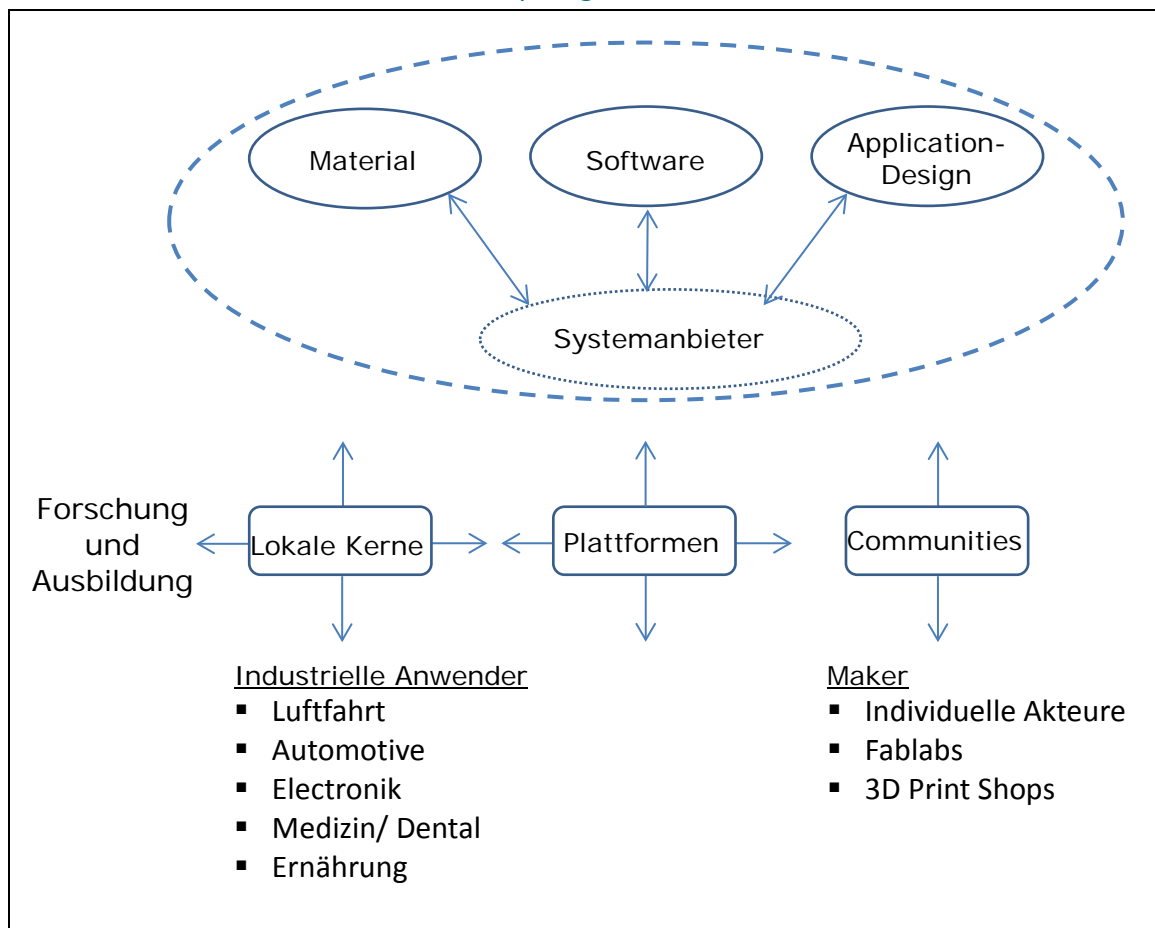
3D-Drucken in Fablabs wurde Anfang dieses Jahrtausends von Gershenfeld im Umfeld des MIT in Boston initiiert und durch Gershenfeld selbst wie auch durch seine Studenten schnell global verbreitet. Es entstanden die lebhafteste Fablab Scene in den Niederlanden wie auch etwa einige der ersten Fablabs in Indien und Ghana. 2009 schließlich kam der erste 3D-Drucker für privaten Gebrauch auf den Markt und in den folgenden Jahren wurden diverse um diese Technologie gruppierte Communities gelauncht.

Die in der folgenden Abbildung zusammengestellte um 3D-Drucken gruppierte Wertschöpfungskette befindet sich noch in ihrer Anfangsphase und ist sehr heterogen. Im Kernbereich sind vier Gruppen von Unternehmen zu finden: die Lieferanten von Material, die Softwareentwickler, die Designer von Anwendungen und die Systemhersteller. Anwendungen finden in-

¹ Der Beitrag fasst die Ergebnisse zusammen, die im Rahmen einer Expertise für das Department „Economic and Scientific Policy“ des europäischen Parlaments durchgeführt wurde. Die Expertise zum Thema „Open innovation in industry, including 3D printing“ wurde von Metis in Wien koordiniert und von Frans van der Zee (TNO) und Dieter Rehfeld (IAT) bearbeitet. Die Studie wird unter <http://www.europarl.europa.eu/activities/committees/studies.do?language=EN> verfügbar gemacht werden.

nerhalb industrieller Branchen, in lokalen Kernen, in virtuellen Plattformen und den sich darum gruppierenden Communities statt. Angesichts der komplexen technologischen Anforderungen spielen Forschung und Entwicklung wie auch Ausbildung eine zentrale Rolle.

Abb.: Schlüsselakteure in der Wertschöpfungskette von 3D-Drucken



Quelle: IAT, eigene Darstellung

Die jährlich erscheinenden Berichte der Unternehmensberatung Wohlers geben den besten Überblick über den Stand der Dinge. Das in Paderborn ansässige DMRC hat detaillierte Studien zu Anwendungsfeldern und Zukunftsperspektiven herausgegeben. Die Informationen zu Fablabs und privaten 3D Druckern sind in Plattformen wie www.fablab.io/labs oder www.thingiverse.com dokumentiert.

Der Stand der Dinge

Industrielle Anwendung von 3D-Drucken hat sich in den vergangenen drei Dekaden kontinuierlich weiterentwickelt.

- Die Hersteller von 3D-Druckern sind zu 38 Prozent in den USA ansässig. Knapp unter 10 Prozent der 3D-Drucker kommen jeweils aus Deutschland, Japan und China.

- Die industriellen Anwender sind breit gestreut. Gut 18 Prozent entfallen jeweils auf Verbrauchsgüter/Elektronik und industrielle und andere Maschinen. Es folgen der Automobilbau mit gut 17 Prozent, der medizinische bzw. zahnmedizinische Bereich mit knapp 14 Prozent und die Luftfahrt mit gut 12 Prozent.
- Das schnellste Wachstum von 3D-Druck-Anwendungen hat in den letzten Jahren im medizinischen bzw. zahnmedizinischen Bereich stattgefunden. Entsprechend gewinnen Biomaterialien neben den bisher vor allem eingesetzten polymeren und metallischen Materialien rasch an Bedeutung.
- 3-D-Drucken kombiniert sehr unterschiedliche Technologien, was sich an den Anmeldungen von Patenten zeigen lässt. Die führenden Anmelder von Patenten kommen aus den USA (3D Systems, Stratasys, Hewlett Packard, Boeing), aus Japan (Matsushita, Seiko-Epson, Panasonic, Sony, JSR, CMET) und aus Deutschland (EOS, MTU, Degussa, Siemens).
- Hinter diesen Patentanmeldungen verbergen sich verschiedene technologische Disziplinen. Die wichtigsten sind Materialwissenschaft, angewandte Physik, Ingenieurwissenschaften/Elektrik/Elektronik, Optik und Nanotechnologie.
- Austausch, Normierung und Standardisierung erfolgen im Umfeld diverser Plattformen. Beispiele sind das „Committee F42 on Additive Manufacturing Technologies“ des ASTM, das europäische Komitee für Standardisierung (CEN), die European Manufacturing Group (EAMG) oder „America Makes“. Führende Forschungszentren in Europa sind zum Beispiel das EPSRC Centre for Innovative Manufacturing“ in Nottingham oder das „Direct Manufacturing Research Center“ in Paderborn.

Die Entwicklung von Fablabs und privaten Anwendungen weist momentan eine hohe Dynamik auf, dennoch lassen sich einige Aspekte festhalten.

- Die meisten Fablabs in Europa gibt es (April 2015) in Frankreich (54), gefolgt von den Niederlanden (26), Deutschland (22), England (20) und Spanien (16).
- Allerdings sagt die Zahl nichts über die Qualität der Fablabs aus. Anspruchsvolle Fablabs verfügen nicht nur über unterschiedliche 3D-Drucker, sondern auch über CNC-Maschinen, Laser-Schneidemaschinen, Fräsmaschinen und je nach Produktfokus weitere Maschinen und Werkzeuge.
- Fablabs schießen global zurzeit wie Pilze nach dem Regen aus dem Boden. Frankreich dominiert momentan in Europa aufgrund staatlicher Förderprogramme, in Amsterdam hat sich, initiiert durch Gershenfeld, eine bunte Fablab-Szene entwickelt, in Mailand finden sich die möglicherweise ambitioniertesten Anwendungen im Umfeld von Design, Architektur und Mode. In Deutschland finden sich die ersten Fablabs überwiegend im Umfeld von Hochschulen. Die erwähnten Fablabs in Indien und Ghana sind im Umfeld von Bildungseinrichtungen angesiedelt, in ihren Anwendungen auf den lokalen Bedarf bezogen und auch eng mit sozialen Innovationen verknüpft.

- Die meisten 3D-Drucker für den privaten Gebrauch finden sich in den Metropolen: New York, Los Angeles, Mailand, London und Paris sind führend.
- Neben diesen Fablabs finden sich eine Vielzahl neuer Netzwerke und Akteure im Umfeld privaten 3D-Druckens. Die führenden Hersteller von 3D-Druckern für den privaten Gebrauch haben auch Plattformen zum Austausch von Programmen aufgelegt (Thingiverse gehört etwa zu den Vorreitern).
- Diverse Dienstleistungen für privates 3D-Drucken bieten Unternehmen wie Sculpteo in Frankreich, Materialise in Belgien oder Shapeways in den Niederlanden an.
- Neue Ideen werden zunehmend über Crowdfunding Plattformen finanziert, Seedmatch ist ein Beispiel aus Deutschland.

Perspektiven

Industrielles 3D-Drucken, Fablabs und privates 3D-Drucken entwickeln sich nebeneinander, von daher sind in der folgenden Übersicht der Stand der Dinge, die Vorreiter und die vermuteten Potenziale getrennt dargestellt.

Im Folgenden soll es um die dritte Spalte, das disruptive Potenzial gehen. Gemeinsam ist vielen Ausblicken die Annahme einer grundlegenden Transformation industrieller Produktion. Die Produktionskosten von einer Einheit werden sich nicht mehr von den Kosten bei Massenproduktion unterscheiden, Lagerhaltung wird komplett entfallen, die Produkte werden daher auf individuelle Kundenbedürfnisse zugeschnitten, Einzelhandelsmodelle werden sich entsprechend grundlegend wandeln und die Geographie industrieller Produktion wird sich grundlegend ändern (dezentralisieren).

Aus der Sicht des privaten 3D-Druckens wird es noch weiter gehen: Produzenten und Konsumenten werden identisch (Prosumenten), Produktionskosten werden gegen Null tendieren, eingebettet in eine global vernetzte Community kann jeder überall alles drucken, der Kapitalismus wird dezentralisiert oder gar demokratisiert, das sind im Kern die Botschaften von Protagonisten der dritten industriellen Revolution wie Rifkin oder Anderson.

Die Treiber in der 3D-Druck-Community selbst sind dagegen zurückhaltender. Prusajr, einer der führenden Entwickler privater 3D-Drucker, hält die Zukunft von 3D-Drucken für sehr offen und momentan nicht prognostizierbar. Und Gershenfeld, der Initiator der Fablab Bewegung, merkt an, dass die durch 3D-Drucken vermutete dritte industrielle Revolution die erste Revolution sei, die von den Beobachtern und nicht von den Akteuren ausgerufen wurde.

Tab.: 3D-Drucken: Aktuelle und prognostizierte Entwicklungspfade

	Stand der Dinge	Vorreiter	Disruptives Potenzial
Additive Manufacturing	Funktionen wie Werkzeugbau oder Schweißen werden verdrängt, kleine und komplexe Produktionslinien ebenfalls, Ersatzteillager wird reduziert (Luftfahrt, Automotive, Elektronik)	Die Grundlagen für Innovation und Produktion werden nach und nach verändert (Medizintechnik, Dental)	Transformation der Wertschöpfungskette: Skalenvorteile verlieren an Bedeutung, Produktion auf Nachfrage, neue räumliche Arbeitsteilung
Fablabs	Fablabs als Orte von Experimentieren und technischem Lernen, Fablabs als Orte von Design und Prototypenentwicklung in kreativen Branchen	Fablabs als Kern einer erneuerten industriellen Basis und einer neuen urbanen Ökonomie	Fablabs als Orte kollektiver Produktion, die die gegebene Art industrieller Produktion herausfordert
Individuelles 3D Drucken	Einfache Materialien und Objekte	Neue kundengetriebene Geschäftsmodelle (print on demand, Franchising Modelle, Reorganisation des Einzelhandels)	Vision einer Demokratisierung des Kapitalismus

Jenseits des technischen Hypes – Trends und Fragen

Versuchen wir, in diesem Hype eine realistische Perspektive einzunehmen, so ist zunächst festzuhalten, dass in vielen Prognosen über die Entwicklung von 3D-Drucken eine technische Perspektive im Mittelpunkt steht. Diese technische Perspektive – so hat die amerikanische Politikwissenschaftlerin Zuboff angemerkt – hat etwas von einem Zaubertrick. Der Trick besteht darin, den Blick auf das Sichtbare, das Oberflächliche, hier also die Technik zu lenken, um damit den eigentlichen Treiber dahinter zu verbergen. Diese Treiber sind die Geschäftsmodelle, in deren Kontext Technologien wie 3D-Drucken implementiert werden und diffundieren.

Genau hier liegen aber die offenen Fragen. Unterstellen wir einmal, dass 3D-Drucken zur dominierenden Produktionstechnologie wird, eine Annahme, die keineswegs als gesichert gelten kann. Würden dann die momentan führenden Hersteller weiterhin an den vorhandenen Standorten produzieren und Entwicklungs- und Verkaufsstellen einrichten, wo Kunden ihre spezifischen Wünsche am Computer programmieren und dann zentral drucken lassen?

Oder würde die Produktion, also in diesem Fall das Drucken, dezentral, in den Niederlassungen oder in regionalen Produktionsstätten erfolgen? Oder wird es so sein, dass der Einzelhandel sich grundlegend ändert, Wünsche vor Ort programmiert werden können und die Produktion in Weltmarktfabriken, etwa in China stattfindet?

Auch in der 3D-community im Netz ist es keineswegs so, dass die Entwicklung zwangsläufig auf Open Source hinausläuft. Wolf und Troxler haben sehr unterschiedliche Geschäftsmodelle innerhalb der 3D-Drucken-Communities herausgearbeitet: Objekte und die entsprechenden Programme werden im Netz angeboten, auf Nachfrage variiert und direkt verkauft. Lokale 3D-Shops, die vor Ort drucken und verkaufen, sind ein weiteres Modell, Anbieter von 3D-Drucken etwa für Prototypen oder Modelle sind ebenfalls bereits auf dem Markt. Nicht zuletzt zeichnen sich kombinierte Geschäftsmodelle ab, die Ausbildung, experimentelles Programmieren und Drucken und Dienstleistungen miteinander kombinieren.

Von der Frage, welche Geschäftsmodelle sich durchsetzen werden, hängen weitere Fragen ab. Die Frage nach der räumlichen Verteilung von Produktion und Dienstleistung, die Frage nach der Arbeitsorganisation, die Frage nach der Bedeutung fachlicher Kompetenz gerade auch handwerklicher Arbeit.

Die Liste der offenen Fragen lässt sich fortsetzen:

Technische Engpässe spielen auch künftig eine Rolle, werden aber im gegebenen Innovationssystem am ehesten gelöst werden: die Verfügbarkeit und die Kosten pulverisierter oder flüssiger Materialien und hoch komplexe Programme als Basis für 3D-Drucken.

Standardisierung: Eine neue Arbeitsteilung innerhalb der Wertschöpfungskette wie auch innerhalb einer offenen Community verlangt Standards, die gerade erst erarbeitet werden, die aber auch Machtverhältnisse stabilisieren oder neu verteilen.

Eine Schlüsselfrage sind hier Patente und andere intellektuelle Eigentumsrechte. Während die open Source Community einen Patenschutz eher als Hemmnis sieht, wird in der gegebenen Industrie 3D-Drucken oft vor allem unter dem Aspekt der Produktpiraterie diskutiert. Völlig offen ist, welche Auswirkungen veränderte intellektuelle Eigentumsrechte auf die Innovationspraxis haben würden.

Haftungsrecht und Verantwortlichkeit ist eine weitere Schlüsselfrage. Haftet der, der programmiert hat, oder haftet die, die gedruckt hat? Und was ist, wenn an dem Basisprogramm Spezifikationen vorgenommen werden?

Nicht zuletzt stellt sich vor dem Hintergrund der globalen Ressourcenproblematik die Frage nach den Auswirkungen auf die Umwelt. Auch hier dominiert oft eine technische Betrachtungsweise, die aufgrund der additiven Produktionstechnologie umfangreiche Materialeinsparungen erwartet, immer wieder auch in Verbindung mit der Annahme eines drastisch reduzier-

ten Transportaufkommens. Ob dies angesichts der hohen Kosten für die Aufbereitung des Materials oder des Recyclings wirklich realistisch ist, ist noch offen. Ebenso zu diskutieren ist, inwieweit ein breiter Einsatz pulverisierten Materials Konsequenzen für Feinstaub, gerade auch im direkten Umfeld des Druckers selbst hat.

Hier ist nicht der Raum, um die hier aufgeworfenen Fragen tiefer zu diskutieren. Einige Anmerkungen zum Thema Arbeit müssen genügen. In den „Studien“ zum Potenzial von 3D-Drucken findet sich immer wieder der Hinweis darauf, dass es bei 3D-Drucken letztlich nur noch um Softwareentwicklung ginge, weitere menschliche Qualifikation nicht notwendig sei. Dieser Blick ist vollkommen verkürzt, weil er nur auf den Druckprozess vor Ort, und auf diesen auch in einer simplen Form, zielt.

3D-Drucken ist ein hoch komplexer Prozess, der mit Konzeption und Spezifikation beginnt, technisches Design und technische Entwicklung (nicht allein Programmieren sondern etwa auch Materialauswahl) erfordert, den eigentlichen Druckprozess vorbereiten und kontrollieren muss, dabei Qualitätsstandards einzuhalten hat, der Wartung und Installation beinhaltet, Nachbearbeitung notwendig macht und beim Recycling endet.

Die hierfür notwendigen Qualifikationen reichen weit über das Programmieren hinaus. Ein Blick auf die Stellenausschreibungen von 3D-Drucker-Herstellern und -Dienstleistern macht das Spektrum deutlich: neben Designern und Programmierern werden Biologen, Architekten, Materialwissenschaftler, Ausbilder, Rechtsanwälte, Verkaufsmanager usw. gesucht. Letztlich geht es eben nicht um Bytes, sondern um Atome, um die materielle und nicht um die virtuelle Produktion.

Ausblick

3D-Drucken ist eine neue Produktionstechnologie, die industrielle Produzieren und Arbeiten beeinflussen wird. Es handelt sich aber nicht um eine Technologie, die eine spezifische disruptive Wirkung hat. 3D-Drucken wird in spezifischen sozialen Kontexten angewandt und die Auswirkungen sind nur in diesem Kontext zu verstehen. Die Umsetzung in den Industrieunternehmen erfolgt momentan in Kontexten von Industrie 4.0 oder im Internet der Dinge. Hier ist 3D-Drucken eine von einer großen Zahl neuer Technologien und wird mit ihren Vorteilen und Nachteilen bewertet und spezifisch eingesetzt. Auch privates 3D-Drucken erfolgt in unterschiedlichen sozialen Kontexten, in der Open Source Community, im Rahmen der Do-It-Yourself-Bewegung, in lokalen Gemeinschaften.

Jede dieser Communities hat ihre eigene Kultur, ihre eigenen Normen und Visionen, bestenfalls haben sie alle eine starke Technikfixierung gemeinsam. Genau diese Technikfixierung und Fragmentierung der Akteure bringt die Gefahr mit sich, dass die industrie- und strukturpolitisch interessanten Potenziale des 3D-Druckens übersehen werden. Insbesondere das Potenzial von Fablabs wird vor allem auch in Deutschland bisher kaum genutzt. Erste Beispiele zeigen,

dass sie etwa hervorragend als Orte für technisches und handwerkliches Lernen wirken, dass sie für handwerkliches und kreatives Arbeiten einen vernetzten und innovativen Kern bilden können, dass sie auch einen Fokus für lokale Projekte bieten können.

Ein konsequenter Pragmatismus in diese Richtung trägt möglicherweise mehr zum wirtschaftlichen und auch sozialen Nutzen von Technologien wie dem 3D-Drucken bei als Träume von der menschenleeren Fabrik, einer neuen urbanen Ökonomie oder einer Demokratisierung des Kapitalismus.

Ausgewählte Literatur

- Anderson, S. (2013): Makers. Das Internet der Dinge. Die nächste industrielle Revolution. München. Hanser.
- Bitcom/Fraunhofer (2014): Industrie 4.0 – Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland. Berlin/Stuttgart.
- DMRC (2011): Thinking ahead the Future of Additive Manufacturing – Analysis of Promising Industries. Direct Manufacturing Research center (DMRC) Paderborn
- DMRC (2013): Thinking ahead the Future of Additive Manufacturing – Innovation Roadmapping of Required Advancements. Direct Manufacturing Research center (DMRC) Paderborn
- Gershenfeld, N. (2005): FAB: The Coming Revolution on Your Desktop. Cambridge: Basic books.
- Gershenfeld, N. (2012): How to Make almost Anything. The Digital Fabrication
- Moilanen, J. et al. (2013): Cultures in sharing in 3D printing: what can we learn from Naboni, R./Paoletti, I. (2015): The Third Industrial Revolution. <http://spriner.com/978-3-319-04422-4>
- Petschow, U. et al. (2014): Dezentrale Produktion, 3D-Druck und Nachhaltigkeit. Schriftenreihe des IÖW 206/14.
- Rifkin, J. (2014): Die Null Grenzkosten Gesellschaft. Frankfurt/Main: Campus.
- Troxler, P./Woensel, C. van (2015): How will society adopt 3D printing? Unpublished paper.
- Walter-Hermann, J./Büching, C. (eds.) (2013): FabLab. Of Machines, Makers, Inventors. Bielefeld. Transcript.
- Wohlers Report (2014): 3D Printing and Additive Manufacturing State of Industry. Annual Worldwide Progress Report. Fort Collins, Colorado.
- Wohlers, T./Gornet, T. (2014): history of additive manufacturing. www.wohlersassociates.com/history2014.pdf
- Wolf, P./Troxler, P. (2015): Community-based business models: Insights from open design. Unpublished paper.

Autor: [PD Dr. Dieter Rehfeld](#) leitet den forschungsschwerpunkt Innovation, Raum & Kultur am Institut Arbeit und Technik (IAT).

Kontakt: rehfeld@iat.eu

Forschung Aktuell 2015-09

ISSN 1866 – 0835

Institut Arbeit und Technik der Westfälischen Hochschule
Gelsenkirchen – Bocholt – Recklinghausen

Redaktionsschluss: 02.09.2015

http://www.iat.eu/index.php?article_id=91&clang=0

Redaktion

Claudia Braczko

Tel.: 0209 - 1707 176

Institut Arbeit und Technik

Fax: 0209 - 1707 110

Munscheidstr. 14

E-Mail: braczko@iat.eu

45886 Gelsenkirchen

IAT im Internet: <http://www.iat.eu>