

Key-Notes der Dresdner Verpackungstagung am 05. Dezember 2013

Prof. Dr.-Ing. Jens-Peter Majschak

TU Dresden, Professur Verarbeitungsmaschinen/ Verarbeitungstechnik
Fraunhofer Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung
Außenstelle für Verarbeitungsmaschinen und Verpackungstechnik

Industrie 4.0 – Hype, Vision oder Chance

Ist das schon Industrie 4.0? – MyMüsli, MyParfum, MyHeineken u.a.

Seite | 1

Industrie 4.0, ist das Gegenwart, Zukunft oder eine Blase? Die Diskussion ist u.a. dadurch schwierig, weil jeder darüber schon Unterschiedliches gehört hat und jeder auch einen etwas anderen Blickwinkel dazu einnimmt, abhängig von dem, was er tut, sei es in der Lebensmittel-, Getränke-, Pharma- oder Kosmetikindustrie, der Packmittelherstellung oder dem Maschinenbau. Am Anfang soll daher die Betrachtung aus einer Perspektive stehen, die eint: der Verbrauchersicht.

Aus diesem Blickwinkel wird Industrie 4.0 sicher primär mit dem individualisierten Massenprodukt assoziiert. Aber gibt es das überhaupt? Der Wunsch nach Individualität ist dem Menschen eigen. Der Wunsch nach dem individuellen Produkt, das so sonst keiner hat, in Schichten, die es sich leisten können, ist ein stabiler Wachstumsfaktor. Selbst das ursprüngliche Einheits-iPhone gibt es in der Goldausführung, die eben dann nicht mehr jeder hat. Je mehr Menschen man den „Luxus des individuellen Produkts“ zugänglich macht, umso größer das Potenzial.

Aber ist das nicht das Gegenteil von Massenproduktion? Steckt hinter www.mymusli.de eher eine Manufaktur oder mehr? Tatsächlich haben Philipp Kraiss, Hubertus Bessau und Max Wittrock nachdem sie 2005 noch mitten in ihrem Studium an der Universität Passau die Idee hatten, zunächst mit Freunden, später mit immer mehr Angestellten angefangen, individuelle Müslimischungen für Besteller aus dem Internet händisch zusammenzumixen, zu verpacken und zu verschicken. Inzwischen haben sie sich dank boomender Nachfrage eine hochflexible Misch- und Verpackungsanlage bauen lassen. [1]

In der Novemberausgabe des Wirtschaftsmagazins *brand eins* ist die Geschichte von MyParfum beschrieben: Matti Niebelschütz aus Berlin bemerkt auf einer Party den Ärger von zwei Freundinnen über eine Dritte, die das gleiche Parfüm trägt. Im Jahr 2008 starten er und seine Brüder mit ein paar Freunden eine Manufaktur, die individuelle Duftnoten in edlen Flakons zu durchschnittlich 40Euro pro Stück herstellt und vertreibt. Zu Beginn im August sind es ein bis zwei Bestellungen pro Tag. Im Dezember sind es bereits mehr als 100. Die Medien werden aufmerksam. „Allein in den ersten fünf Monaten berichten zehn Radiosender, 21 Onlineportale und elf TV-Sendungen.“ [2] Am Ende dieser fünf Monate hat man 200.000 Euro umgesetzt. Anschließend verdoppelt sich abgesehen von saisonalen Schwankungen der Umsatz fast monatlich. Prominente Investoren steigen ein. Zwischenzeitlich bleiben zuweilen bis zu 1500 Bestellungen offen und es kommen täglich 400 dazu. Man ist bei 800.000 Euro Umsatz und verspricht den Investoren durch Intensivierung der Fernsehwerbung 100 Mio innerhalb von fünf Jahren. Eine Fehleinschätzung, die der Firma leider im März 2013 die Insolvenz beschert. Inzwischen geht es in kleinem Maßstab wieder von vorn los, zu besichtigen im Internet und in einem Laden in Berlin. [2]

Wie hat man einen Umsatz von 800.000 Euro bewältigt? Das steht leider nicht in dem Artikel, eine Antwort hätte wohl die OPTIMA-Group gehabt: Sie bediente im Jahr 2010 einen anderen Kunden mit der gleichen Idee: 2011 berichtet die OPTIMA-Firmenzeitschrift *o-com*

Magazin von einer erstaunlichen Entwicklung: Man lieferte an einen Kunden eine Parfüm-Misch-, Füll- und Verpackungsanlage, die nach automatischer Übertragung der Bestellparameter aus dem Internet in der Lage ist, folgendes Maß an Individualisierung bis hinunter zu Losgröße 1 zu realisieren

- individuelle Flakonauswahl,
- neutrales Etikettieren (no label look),
- individueller Reliefdruck,
- individuell ausgewählter, zum Flakon passfähiger Verschluss + Pumpsystem,
- Auswahl aus 3000 Duftkombinationen,
- Auswahl aus 20 verschiedenen Faltschachteltypen,
- Laserbedruckung (Abrasion) von individuellem Logo auf der Frontseite,
- Bedruckung der Rückseite mit den „Pflichtangaben“ und kundenindividuellen Informationen und Versanddaten,
- Folieneinschlag.

Seite | 2

Die Informationen werden via RFID auf einem Shuttle mit dem Produkt durch den Prozess geschleust, am Ende ist das fertige Produkt der Datenträger und „Master“ für die Folgeprozesse. Die Anlage mit einer Ausbringung von 1800 individuellen Gebinden pro Stunde ging im Mai 2010 in Betrieb und arbeitete bis zum Ende fehlerfrei. [3] Bis zum Ende heißt, man hatte sich auch in diesem Fall offenbar verschätzt. Am Nachfragepotenzial kann es aber kaum gelegen haben

Es sind derzeit eher Nischen, in denen findige Enthusiasten zugegeben bestechende aber eben Einzelideen ausprobieren und dabei oft ein hohes Risiko eingehen. Ein Risiko, das die „Großen“ eigentlich besser tragen könnten. Die scheinen sich durchaus zu interessieren und beginnen sich zu engagieren.

Die Firma Heineken betreibt Ihr Portal yourheineken.heineken.com nun aber schon seit mindestens 2011! Produkt: Das individuelle Sixpack mit der individuellen Kombination aus Farbgebung, Bedruckung, Grafikmotiv. Die Höhe des Risikos ist dem Autor nicht bekannt. Der Preis für das individuelle Sixpack kann jedoch unter o.g. URL jeder einsehen: 17,99Euro (12Euro delivery&tax) laut Recherche vom 7.11.2013. [4] Macht man so etwas länger als ein Jahr, wenn man systematisch Verluste einfährt? Man weiß es in diesem Fall nicht. Sicher zieht hier die „besondere Aktion“ neue Käuferschichten auf die Marke, ein für sich genommen eigener Nutzen.

Manche gehen es vorsichtiger an wie Coca Cola® mit seinen semi-individualisierten Gebinden. Aber der Trend ist unübersehbar, und nicht zufällig haben zwei große deutsche Getränkemaschinenbauer auf der drinktec 2013 jeweils Direktdruckverfahren für PET-Flaschen vorgestellt. Es sind digitale Druckverfahren, die eine individuelle Bedruckung bei adäquater Ausbringung erlauben ...

Welches Bild ergibt sich aus Sicht der Distribution:

Der gute alte Lieferservice erfreut sich immer größerer Beliebtheit: In London beispielsweise kreisen immer mehr Lieferwagen um die Märkte, die die zuvor online bestellte Ware verteilen. "In Großbritannien wird schon drei Prozent des gesamten Lebensmittelumsatzes online abgewickelt" zitiert DIE WELT vom 12.7.2013 den Planet-Retail-Analyst Joachim Pinhammer. [5]

In Frankreich läuft es anders: hier lockt bereits an 2000 Supermärkten ein "Drive in". Die erzielten nach Daten von Planet Retail 2012 zwei Milliarden Euro Umsatz. „Man fährt zum Supermarkt, macht den Kofferraum auf, braucht nicht einmal mehr auszusteigen und bekommt die Einkäufe ins Auto gepackt“, schildert Rewe-Chef Alain Caparros in besagtem Artikel von „DIE WELT“, überschrieben mit dem Titel „Der Lebensmittel-Versand wächst

zweistellig“. [5] Ein entsprechendes Beispiel-Portal aus dem Lebensmittelversandhandel findet sich beispielsweise unter www.allyouneed.com! [6]

Dabei ist in diesem Zusammenhang vordergründig die Rede von Herausforderungen an die Logistik, denn die Produkte selbst sind zunächst die aus der Massenproduktion.

Abschließen sein die Sicht des Anlagenlieferanten noch einmal näher beleuchtet:

Eigentlich liegt der nächste Schritt nahe: Wenn schon individuelles Sortiment, warum dann nicht auch stärkere Individualisierung in der Verpackung? Auch das ist nicht neu. Oben erwähnte Beispiele belegen das ebenso wie einige weitere: der „Wochenblister“ von assist Pharma [7] oder die „White Line“ von Mediseal [8] sind Beispiele dafür, was selbst im besonders anspruchsvollen Bereich Pharma technisch schon möglich ist. Die Treiber sind offensichtlich: Ausweichen aus dem Verdrängungswettbewerb im Massenbedarfsgüterbereich, Verlagerung der Flexibilität in die Produktion zwecks Senkung von Logistikkosten. Hier kommt schon heute wachsender Druck vor allem von den großen Retailern. Aber ist das schon Industrie 4.0?

Industrie 4.0 – Der strategische Gedanke und Stand der Diskussion

Bei WIKIPEDIA kann man z.B. nachlesen, dass Industrie 4.0 ein Zukunftsprojekt in der Hightech-Strategie der Bundesregierung ist, „mit dem die Informatisierung der klassischen Industrien, wie z.B. der Produktionstechnik, vorangetrieben werden soll.“ [9] Das Ziel sei die intelligente Fabrik (Smart Factory), „die sich durch Wandlungsfähigkeit, Ressourceneffizienz und Ergonomie sowie die Integration von Kunden und Geschäftspartnern in Geschäfts- und Wertschöpfungsprozesse auszeichnet.“ [10] [11] Technologische Grundlage seien Cyberphysische Systeme und das Internet der Dinge. [12]

Das ist mehr als die Individualisierung von Produkten. Es ist eine Produktionsweise, die europäischer Produktion etwas in die Hand geben soll, um mit großen globalen Wettbewerbern in der (dann u.U. auch individualisierten) Massenproduktion wieder besser konkurrieren zu können. Dank niedriger Arbeitskosten sind diese in der Lage, quasi über Nacht die Produktion für ein neues Erzeugnis aus dem Boden zu stampfen bzw. vorhandene Ressourcen umzustellen. Man nehme eine große Fabrikationsstätte, zerlege die Herstellungsschritte für ein Produkt in elementare und damit möglichst einfache Bestandteile, erkläre diese den 500 Arbeitskräften via Comic, Video oder Demonstration und schlage so die europäischen Anbieter, die zunächst eine neue Linie konzipieren, gestalten, bauen, einrichten und in Betrieb nehmen müssen, weil ihnen keine so billigen Arbeitskräfte zur Verfügung stehen. Die politisch/ technologische Kernidee von Industrie 4.0 ist, diese Flexibilität nach ähnlichen Konzepten umsetzen zu können, aber mit hochflexiblen, selbstkonfigurierenden Linien, bestehend aus eine Vielzahl möglichst atomarer Funktionsmodule oder hochflexibler Robotertechnik. Ein Konzept, das im Bereich der Montage, aber auch in der Fertigung denkbar und in einer wachsenden Zahl von Demo-Smart-Factories auch schon zu besichtigen ist. Letztlich funktionieren bereits große Teile der Automobilindustrie bereits nach dieser Idee, in der IT-Branche ist sie bereits Alltag.

Oben geschilderter Ansatz war sicherlich der politische Ursprung der Idee. Mit den zur Umsetzung nötigen Technologien ist aber noch ganz anderes möglich. Man sehe sich auf <http://www.autonomik.de/de/200.php> Beispiele aus dem BMWi-Programm AUTONOMIK an: Da geht es um Automobil genauso wie um Bau- oder Landwirtschaft. [13]

Es ist daher Zeit, sich Treiber, „Enabler“, Szenarien, Möglichkeiten und Herausforderungen von Industrie 4.0 anzusehen. Nachfolgend der Versuch der (unvollständigen) Zusammenfassung von wesentlichen Merkmalen der Industrie 4.0 nach gegenwärtigem Stand der Diskussion:

Treiber (teilweise in Gestalt von Antagonismen):

- wachsende Nachfrage nach individuellen, sicheren und preiswerten Produkten,
- Ressourcenverknappung und damit Zwang zur Ressourceneffizienz,
- internationaler Wettbewerb mit Zwang zur Effizienz inklusive Verkürzung der Innovationszyklen und time to market,
- weltweit fortschreitende Urbanisierung und Industrialisierung mit neuen Versorgungs- und Infrastrukturvoraussetzungen, aber auch wachsenden Herausforderungen hinsichtlich Belastung der Umwelt,
- neue Verbrauchergewohnheiten wie der Boom des Internet-Versandhandels.

Enabler

- Internet: alle und alles sind vernetzt,
- Miniaturisierung, wachsende Leistungsfähigkeit und Integrationsfähigkeit von IT-Komponenten inklusive Sensoren,
- Prozessdigitalisierung inkl. so genannter „Digitalverfahren“ (z.B. Druck, generative Fertigungsverfahren),
- zunehmend modularisierte, intelligente und vernetzte Komponenten in Produktion und Logistik,
- Virtualisierung von Prozessen,
- *Cyberphysical Systems*: Parallel zur Entstehung des physischen Produktes entsteht sein virtuelles Abbild. Indirekt wird das Produkt selbst dank der allgegenwärtigen Verfügbarkeit seines virtuellen Abbildes und der seines Entstehungs- und Herkunftsprozesses zum steuernden Element für Produktion und Distribution.

Szenarien

- dezentrales Entwickeln und Herstellen modularer Produkte und Produktionsmittel bzw. gänzliche Neuordnung von Wertschöpfungsprozessen,
- Quality by Design anstelle tradierter „Produktreifungsprozesse“: Grundlage für Qualität ist nicht mehr nur deren Spezifizierung, die Validierung und Reproduktion von Prozessen, die sicher zu Qualität führen, sondern die modellhafte Kenntnis des Prozesses und seiner Randbedingungen, mit denen sich Qualität vorhersagen und gezielt produzieren lässt,
- der wissensgeführte Produktionsprozess: Produktwissen (geliefert mit dem Produkt) wird mit Prozess- und Methodenwissen über Abläufe und Randbedingungen zusammengeführt und bildet die Basis für *selbstorganisierende und selbstoptimierende* Prozesse;
- neue Arbeitsteilung und Kommunikation zwischen Mensch und Maschine.

Möglichkeiten

- nachfragegesteuerte Produktion,
- *mass-costumization*,
- die gläserne Lieferkette vom Feld bis auf den Teller,
- virtualisierte Produkte und Dienstleistungen,
- Organisationseffizienz schlägt Economy of Scale,
- wirtschaftliche, bedarfs- und bedürfnisorientierte Vor-Ortversorgung,
- factory as good neighbor.

Herausforderungen

- abbildbares (formalisierbares) Produkt- und Prozesswissen,
- Schnittstellenstandardisierung,
- Daten, Prozess- und Produktsicherheit,
- **neue Geschäftsmodelle.**

Ein Platz, einiges dazu nachzulesen, ist unter anderem die Website einer Plattform Industrie 4.0 www.plattform-i40.de, die Informationen bündeln und die Diskussion mit der Fachcommunity katalysieren will. Sie hat einen Lenkungskreis, Vorstandskreis und Wissenschaftlichen Beirat, zusammengesetzt aus Industrie und Wissenschaft, organisiert sich in Arbeitsgruppe und betreibt eine Geschäftsstelle beim Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau VDMA. [14]

Seite | 5

Wer sagt, auf seine Produkte, Prozesse und Kompetenzen passe keine Standardisierung und keine genormte Funktionalität, der mag vielleicht Recht haben. Er bedient vielleicht Massenmärkte mit spezialisierter Hochleistungstechnik oder verarbeitet „schwierige“ Materialien. Diese gibt es unzweifelhaft und es wird sie immer geben. Man sollte aber wach bleiben, denn genau das haben die Vertreter der „schwarzen Kunst“ anfangs auch gedacht: Digitaldruck bleibt eine Nische, eine Spielerei, allenfalls für die Kennzeichnung und einfache Druckbilder interessant. Hohe Druckqualität zu vernünftigen Kosten bleibt eine stabile Domäne anderer, etablierter Druckverfahren. Und jetzt trifft man dort an vielen Stellen auf Merkmale von Industrie 4.0: Wer hat noch nicht sein Fotobuch als Vorlage ins Netz gestellt und gestaunt, als er nach einigen Tagen das gedruckte Ergebnis in der Hand hielt, ein Einzelexemplar „seines Urlaubsbuches“! Druckportale und so genannte Internetdruckereien schießen wie Pilze aus dem Boden, der Prozess auch im „konventionellen“ Bereich ist hoch digitalisiert ...

Tatsächlich sind nahezu alle technischen und technologischen Voraussetzungen für Industrie 4.0 bereits da, aber auch die Herausforderungen und offene Fragen. Aber passt das Modell auf alles?

Industrie 4.0 für alle? - Fragen an die Branche

Sehr viele aktuelle Forschungsthemen zeigen in Richtung 4.0, werfen aber bereits heute unmittelbaren Nutzen ab. Denn das, was man braucht, um schnell, hoch flexibel, in volatilen Netzwerken und dennoch sicher zu produzieren, ist bereits heute sehr gefragt:

- Wissen zu Prozesseinflüssen und -parametern,
- Methoden und Mittel zu deren Ermittlung,
- Prozessmodelle,
- Materialmodelle,
- hochflexible und adaptive Technologien.
-

Ein Beispielprojekt, welches in diesem Sinne sowohl Züge von Industrie 4.0 trägt als auch Sofortnutzen abzuwerfen verspricht, ist ein aktuelles AiF-DFG-Clusterprojekt zur automatischen Feinzerlegung von Schweineteilen. [15] Einige Punkte zur Motivation des Projektes:

- extrem hoher Ressourcenverbrauch für Fleischproduktion (z.B. 80% der landwirtschaftlichen Nutzfläche),
- Fleischindustrie für Deutschland bedeutsam (23,9% des Gesamtumsatzes der deutschen Lebensmittelindustrie 2012 und dabei auch stärkstes Exportsegment),

- gefährliche, schwere und ungesunde Arbeit mit Lohndumping unter heftigem Wettbewerbsdruck.

Das und weitere sind die Gründe, durch Automatisierung

- das Maximale aus dem wertvollen Rohstoff zu machen,
- Gefährdungen und Risiken für Beschäftigte und Verbraucher zu minimieren und
- die Verarbeitungs- und Verpackungsprozesse wissensbasiert zu steuern und zu optimieren.

Die Lösungselemente:

- neu entwickelte Sensoren und Kamerasysteme ermitteln Qualitätsparameter und den morphologischen Aufbau der Schweinekeule kurz nach der Schlachtung,
- die Daten gehen ein in ein Modell zur Festlegung der weiteren Verarbeitungs- und Verwertungswege je nach Qualität und anderen Merkmalen, in ein Modell zur Steuerung des Zerlegeroboters und in ein Prozessmodell, das auch alle weiteren Schritte aufnimmt und der Optimalsteuerung des Gesamtprozesses dient. [15]

Seite | 6

Schnell umsetzbare Ergebnisse: Industriell einsetzbare RAMAN-Spektroskopie zur Vorausbestimmung der Fleischqualität, neue Roboterwerkzeuge, neue Sensortechnik.

Ein EU-Projekt zur roboterbasierten, hochflexiblen und sicheren Produktion von Frischeprodukten, Kurzbezeichnung „Pick‘ n Pack“, soll ein zweites Beispiel sein, die hier aufgeführt werden könnten. Dabei geht es um die qualitätsgestützte und nachfragegesteuerte Obst- und Gemüseverarbeitung. Dank Sensortechnik werden auch hier Qualitätsdaten erfasst, die den Einkaufspreis und die Weiterverarbeitung steuern. Diese ist dank Robotik in der Lage, die natürlich gewachsene Vielfalt zu verarbeiten und zwar je nach Nachfrage zu abgepackter Rohware, Suppenzutaten oder Salaten. [16]

Es lohnt sich also, sich nicht nur am gegenwärtigen Erfolg zu freuen und die Dinge auf sich zukommen zu lassen, obwohl man nicht davon auszugehen muss, dass bereits ab morgen alles anders wird in der Massenbedarfsgüterindustrie. Die wesentlichen Treiber wirken bereits: sinkende Ordergrößen, schmerzhaft kurze Lieferzeiten, Kosten- und Qualitätsdruck und das alles bei anspruchsvollen und sich hochdynamisch entwickelnden Produkten wie den Dingen des täglichen Bedarfs, hergestellt größtenteils aus Natur- und Kunststoffen. Derzeit hat Deutschland als Technologie- und Anlagenlieferant klar eine führende Weltmarktposition.

Andere Nationen sind nicht untätig, konzentrieren sich aber derzeit fast ausschließlich auf Teilaspekte wie die generativen Fertigungsverfahren: „Die chinesische Regierung will rund 80 Millionen Dollar in ein Innovationszentrum für AM-Technologien investieren. US-Präsident Barack Obama initiierte im Herbst 2012 ein Forschungsnetzwerk 3-D-Druck mit einem Budget von 69 Millionen Dollar.“ [17]

Dass da Unglaubliches auf uns zu kommt wie 3-D-Druck ganzer Häuser, zu besichtigen z.B. an der Waterfront in Barcelona) [18] oder gedruckte Steaks und Konfekt, hat sich inzwischen herumgesprochen. Die Palette der „verdruckbaren“ Materialien, seien es Metalle oder Kunststoffe, wächst stetig, ebenso wie die erreichbaren Genauigkeiten und Oberflächenqualitäten. Das gedruckte Kugellager ist keine Utopie mehr [19], wenn auch Leistungsparameter nicht zum High-End-Bereich gehören.

Die Frage „Betrifft mich Industrie 4.0 bzw. was betrifft mich?“, steht also auf der Tagesordnung. Dazu ist es interessant, über folgende weitere Fragen nachzudenken und zu diskutieren:

Welche Bereiche vor allem der Konsumgüterindustrie bleiben Domänen der Massenfertigung, welche verändern sich? Wo bieten sich interessante Nischen? *Was* ist individualisierbar, *wo* lohnt sich Individualisierung und *wie* wird sie wirtschaftlich?

Wie sieht die nachfragegetriebene, variabel verteilte Produktion generell aus:

- doch alles unter einem Dach aber hoch flexibel, oder
- Genossenschaft der „Garagenfirmen“, oder
- das globale wandlungsfähige Netzwerk großer Technologiespezialisten?

Was bindet den Kunden – Produkt oder Marke: Eine Welt der neuen No-Names oder der Red Bulls?

Renaissance der Regionalproduktion? Wenn sich Wissen immer weiter formalisieren und in Modellen abbilden lässt, sich immer mehr von der Vergangenheit der „Stahl und Eisen gewordenen Erfahrung“ löst (und daran wird allgegenwärtig gearbeitet), dann wird dieses Wissen „verschickbar“. Und wenn der Adressat eine Maschine ist, mit standardisierten Schnittstellen und nach Standards definierter Funktionalität, dann ist egal, wo sie steht. Warum nicht vor Ort, wo die Kunden sind oder wo der Rohstoff wächst?

Die ganze Wertschöpfungskette, die sich in wechselnder Besetzung neu formiert, steht gemeinsam vor der Frage: Wer versteht noch den Prozess? Wer muss ihn verstehen? Wieviel muss jeder verstehen? Gibt es eines Tages Material- und Prozessmodelle aus dem Data Warehouse? Wer haftet wofür? Schon hier wird klar, alles müsste spezifizierbar sein und spezifiziert werden. Das wiederum ist schon heute ein weit verbreiteter und stetig wachsender Wunsch: die Qualität dessen, was verarbeitet wird nach einer prozessrelevanten Spezifikation beurteilen zu können und den Einkaufspreis noch stärker an diese Qualität zu koppeln, ob nun Eier, Tomaten, Folie, Papier, Hühner oder Schweine eingekauft und weiterverarbeitet werden.

Gedruckte Ersatzteile, gedruckte Formateile, gedruckte Funktionalität, die bisher so nicht möglich war lassen die Frage ständig aktuell erscheinen: Was ist möglich? Bei wem liegt das Know-How? Wie verändert dies Prozesse und Maschinen und was bleibt auf lange Sicht wirklich Kernkompetenz des einzelnen Maschinenbau-Unternehmens?

- [1] <http://regiowiki.pnp.de/index.php/Mymuesli> (Abgerufen am 10.11.2013)
- [2] Hansen, A.: Noch mal von vorn. brand eins. Heft 11 November 2013, S.64-68
- [3] n.n.: Die Gigant-Maschine. o-com Magazin, Firmenzeitschrift der OPTIMA-Group, Ausgabe 2/2011, S.6-9.
- [4] <http://yourheineken.heineken.com> (Abgerufen am 7.11.2013)
- [5] n.n.: Der Lebensmittel-Versand wächst zweistellig. DIE WELT, 12.7.2013 (<http://www.welt.de/wirtschaft/article117989580/Der-Lebensmittel-Versand-waechst-zweistellig.html>)
- [6] www.allyouneed.com (Abgerufen am 12.11.2013)
- [7] <http://www.7x4pharma.de> (Abgerufen am 19.11.2013)
- [8] <http://www.mediseal.de/de/loesungen/small-lot-solutions/white-line.html> (Abgerufen am 19.11.2013)
- [9] www.bmbf.de/de/19955.php (Abgerufen 08.11.2013)
- [10] www.pt-it.pt-dlr.de/de/3069.php (Abgerufen 08.11.2013)

- [11] T. M. Böhler: Industrie 4.0 – Smarte Produkte und Fabriken revolutionieren die Industrie. In: Produktion Magazin, 10. Mai 2012 (Abgerufen 05.09.2012)
- [12] http://de.wikipedia.org/wiki/Industrie_4.0 (Abgerufen 08.11.2013)
- [13] <http://www.autonomik.de/de/200.php> (Abgerufen 08.11.2013)
- [14] www.plattform-i40.de (Abgerufen 08.11.2013)
Müller, E.: Der große Auftritt der 3-D-Druck-Technik. Manager magazin online, 19.7.2013
- [15] www.meatprocessing-mp.de (Abgerufen am 08.11.2013)
- [16] www.picknpack.eu (Abgerufen am 18.11.2013)
- [17] Müller, E.: Der große Auftritt der 3-D-Druck-Technik. Manager magazin online, 17.07.2013. www.manager-magazin.de/magazin/artikel/3-d-drucker-der-grosse-sprung-der-3d-technik-a-919214-5.html (Abgerufen am 09.11.2013)
- [18] Khoshnevis, B.: Contour Crafting: Automated Construction.
www.youtube.com/watch?v=JdbJP8Gxqog (Abgerufen am 10.11.2013)
- [19] www.youtube.com/watch?v=xXNmK2yrITQ (Abgerufen am 10.11.2013)