



CHANCEN, HERAUSFORDERUNGEN UND BEDEUTUNG DER INDUSTRIE 4.0

***DERZEITIGER EINSATZ UND ZUKÜNFTIGE ENTWICKLUNG
DES 3D-DRUCKS IN INDUSTRIE- UND DIENSTLEISTUNGS-
UNTERNEHMEN IN ÖSTERREICH***

März 2016

PROF.(FH) DIPL.-ING. DR. CHRISTIAN THEUERMANN
PROF.(FH) DIPL.-ING. DIETER LUTZMAYR

KATHRIN NAGL | SABRINA OFNER | DOMINIK SCHALLER | DAVID SCHINDLBACHER | SELINA SCHWEINZER

FH-STUDIENRICHTUNG RECHNUNGSWESEN & CONTROLLING
FH- STUDIENRICHTUNG AUTOMATISIERUNGSTECHNIK



FACHHOCHSCHULE DER WIRTSCHAFT

Inhalt

Vorwort.....	1
Kooperationspartner	2
Kernaussagen	5
Ergebnisse der Studie	8
1. Einleitung	10
2. Eingesetzte 3D-Drucktechnologien in Industrieunternehmen	12
3. Empirische Erhebung	15
4. Statistik	18
Charakterisierung der Produktion in der Unternehmenspraxis.....	22
Einsatz der 3D-Drucktechnik in mittleren und großen Unternehmen in Österreich.....	25
Zukünftige Entwicklungen und Auswirkung der 3D-Drucktechnik auf die Industriewirtschaft	32
Advanced Manufacturing als zentraler Bestandteil auf dem Weg zum Einkauf 4.0	36
Resümee.....	40
Literatur	42
Autoren.....	46
Impressum	48

Sämtliche geschlechtsspezifischen Formen beinhalten aus Gründen der Einfachheit und Textökonomie auch die weiblichen Formen.

Vorwort

Nach der ersten industriellen Revolution durch die Entwicklung der Dampfmaschine und der Mechanisierung von Handarbeit durch Maschinen zu Beginn des 19. Jahrhunderts, der zweiten industriellen Revolution durch die Nutzung elektrischer Energie um 1870, wodurch die Einführung des Fließbandes ermöglicht wurde und der dritten industriellen Revolution ab 1970, welche die Automatisierung von Produktionsprozessen durch den Einsatz von Elektronik und IT brachte, steht aktuell die Ära der vierten industriellen Revolution an. Kennzeichnend dafür ist die intelligente Vernetzung auf Basis von Cyber-Physischen Systemen, also die digitale Vernetzung aller Teilnehmer an der gesamten Wertschöpfungskette über den Lebenszyklus von Produkten und Dienstleistungen. Diese Entwicklung wird zukünftig grundlegende und tiefgreifende Veränderungen für sämtliche Bereiche der Gesellschaft und Wirtschaft mit sich bringen und stellt Unternehmen vor neue Herausforderungen, birgt aber auch neue Chancen und Entwicklungspotenziale für die heimische Wirtschaft.

Österreich ist bereit für Industrie 4.0.¹ Die Bedeutung von Industrie 4.0-Lösungen² wird in den nächsten Jahren erheblich an Bedeutung gewinnen und die Digitalisierung von Wertschöpfungsketten wird das unternehmerische Umfeld prägen. Neue, intelligente, vernetzte und effiziente Produktionstechniken erobern die Fabrikhallen und digitale Fabrikatoren – 3D-Drucker und verwandte Technologien (additive manufacturing, rapid prototyping, fabber etc.) – haben das Potenzial den Produktionsprozess radikal zu flexibilisieren.

Für Unternehmen der Zukunft ist es bedeutend, ihre Geschäftsmodelle im Kontext der Industrie 4.0 weiterzuentwickeln und ihr Produkt- und Dienstleistungsportfolio unter Einbeziehung der Digitalisierung zu optimieren. Eine Schlüsselfunktion kommt dabei den additiven Fertigungsverfahren zu. Dadurch ergeben sich gravierende Änderungen in internen und externen unternehmerischen Funktionsbereichen und es entsteht eine neuartige Qualität der Zusammenarbeit. – Wertschöpfungsketten transformieren sich zukünftig zu digitalen Wertschöpfungsnetzwerken.

Welchen Einfluss, welche Bedeutung und welchen Reifegrad die Industrie 4.0, mit besonderem Fokus auf die 3D-Drucktechnologie, in österreichischen Industrie- und Dienstleistungsunternehmen aktuell hat und zukünftig einnehmen kann stellt den vordergründigen Untersuchungsgegenstand dieser Praxiserhebung dar. Die Erkenntnisse und Ergebnisse zeigen den gegenwärtigen Stand zur additiven Fertigung, sowie die zukünftige Erwartungshaltung der Industrieunternehmen, wobei der Produktions- und Beschaffungsprozess den primären Analysebereich markiert.



Prof.(FH) Dipl.-Ing. Dr. Christian Theuermann
Studienrichtung RWC
CAMPUS 02
Fachhochschule der Wirtschaft GmbH



Prof.(FH) Dipl.-Ing. Dieter Lutzmayr
Studienrichtung Automatisierungstechnik
CAMPUS 02
Fachhochschule der Wirtschaft GmbH

¹ WILHELM/BRENNER (2016), S. 88-90

² Experten sehen in der Industrie 4.0 ein Riesopotenzial und nennen die Zahl von € 78 Milliarden an Produktionssteigerungen bis 2025 in Deutschland bzw. ein Umsatzpotenzial von jährlich € 30 Milliarden für deutsche Unternehmen. Siehe dazu o.V. (2016), Onlinequelle [25.04.2016].

Kooperationspartner

FH CAMPUS 02

Als Fachhochschule der Wirtschaft hat sich die FH CAMPUS 02 in Graz deutliche Schwerpunkte gesetzt: Die akademische Qualifizierung für berufliche Aufgaben in Kernfeldern des unternehmerischen Erfolgs, den stetigen Wissenstransfer zwischen Wirtschaft und Fachhochschule sowie die Förderung der Entwicklung persönlicher Sozial-, Führungs- und Wirtschaftskompetenzen. Die enge Vernetzung mit der Wirtschaft sichert den unmittelbaren Praxisbezug durch aktuelle Projekte mit konkreten Aufgabenstellungen aus den Unternehmen.

Rechnungswesen & Controlling

Die Studienrichtung Rechnungswesen & Controlling bildet die Schnittstelle zwischen topaktuellem Know-how und dem Bedarf der Wirtschaft. Zu folgenden drei Themenfeldern werden wissenschaftliche Studien und praxisnahe Analysen erarbeitet:

- **Controlling & Finance in der KMU-Praxis**

Entwicklung unternehmensspezifischer **Controlling- und Finance-Lösungen**: z.B.

- Der KMU-Controller/die KMU-Controllerin – Anforderungsprofil, Kompetenzprofil und künftige Herausforderungen
- Anwendungshäufigkeit, Ausgestaltung und Nutzen von Controlling-Instrumenten in heimischen KMU
- Einsatz und Verwendung von IT-Tools für Controlling in KMU – Aktuelle Trends und Entwicklungen
- Wertorientiertes Controlling und Management
- KMU-Finanzierung
- Prozessmodellierung und -optimierung im Controlling und in der Verwaltung
- Kostenmanagement – Analyse von Effizienz steigernden Maßnahmen im internen Rechnungswesen

- **Treuhandwesen & Corporate Riskmanagement**

Unternehmensspezifische Anforderungen an Rechtsformwahl, Steuerplanung, **Risikomanagement** oder das interne Kontrollsystem: z.B.

- Analyse neuer Rechnungslegungsvorschriften, u.a. in der Finanzberichterstattung
- Analyse von Gesetzesänderungen im Steuerrecht, mit Fokus auf Einkommen- und Körperschaftsteuer
- Jahresabschlussanalysen mit Hilfe von Kennzahlen (inkl. Branchen-, Länder- und Zeitvergleiche)
- Interne Kontrollsysteme (IKS) in Österreich

- Unternehmensbewertung und -beurteilung
 - Corporate Riskmanagement als Bestandteil eines ganzheitlichen Unternehmensführungsmodells
 - Risikomanagement und -controlling in KMU (Risikoidentifikation und -bewertung, Risiko-Reporting und Risikosteuerungsmodelle, Prozessorientiertes Risikomanagement)
 - Fraud Prevention & Fraud Detection und forensische Methoden im Rechnungswesen
- **Nachhaltige Unternehmensführung & gesellschaftliche Verantwortung**
Konzepte für ein **Sustainability Management und Accounting**: z.B.
 - Konzepte und Instrumente des Nachhaltigkeitsmanagement
 - Konzepterstellung für ein nachhaltiges Controlling und Reporting
 - Nachhaltigkeitsberichte
 - Umwegrentabilitätsstudien für Sport- & Kulturevents
 - Sustainability Balanced Scorecard
 - Umweltcontrolling

Automatisierungstechnik

Die Studienrichtung ist auf das Berufsfeld des industriellen Einsatzes der Automatisierungstechnik in Verbindung mit rechnergestützten Techniken in Planung, Entwicklung, Informationsverarbeitung und Produktion ausgerichtet. Die Automatisierungstechnik wird im Rahmen dieser Studienrichtung im mechatronischen Sinn als Kombination von Maschinenbau, Elektrotechnik/Elektronik und Informationstechnologie sowie im allgemeinen Kontext der Prozessautomatisierung gesehen, bei der es gilt, ein Optimum zwischen den teilweise gegenläufigen Aspekten von Zeit, Kosten, Qualität, Ressourcen und Umwelt zu finden und umzusetzen.

- **Virtuelle Methoden und Simulation in der Entwicklung**

Unter Zuhilfenahme von modernen Softwarewerkzeugen werden Festigkeit, Temperaturverhalten oder Strömung simuliert, der Entwicklungsprozess mittels PLM-System abgesichert sowie die Auslegung von Anlagen in der Fertigung im Sinne der Digitalen Fabrik optimiert. Mit dem eigenen vollfarbigen 3D-Drucker (ZPrinter 650) können die Ergebnisse als anschauliche Rapid-Prototyping-Modelle visualisiert werden.

- **Entwicklung von Prototypen und Demonstratoren**

Viele Funktionen und Möglichkeiten von Geräten und Teilen lassen sich erst mit einem realen Prototypen darstellen und erproben, wobei die Entwicklung von der Idee zum Prototyp übernommen oder wissen-

schaftlich begleitet wird. Form, Farbe und Aufbau können bereits während der Entwicklung mittels vollfarbigen Rapid-Prototyping-Modellen aus den 3D-Druckern geprüft werden (optional vollfarbig), für weitere Tests und Erprobungen werden die Prototypen von den Industriepartnern mit herkömmlichen Bearbeitungsverfahren gefertigt. Abgedeckt wird die komplette mechatronische Integration von Maschinenbau, Elektronik und Software, ergänzt um die vorbereitenden Arbeiten für eine Industrialisierung.

- **Industrielle Messtechnik und Messplatzautomatisierung**

Für die Umsetzung steht ein Labor mit Thermostreamer und Temperaturkammer zur Verfügung, auch Hochfrequenzmessungen bis in den GHz-Bereich können durchgeführt werden. Ein eigener SMD-Bestückungsautomat sowie ein Dampfphasenlötöfen dienen zur Herstellung von Prototypen und Kleinserien, die mittels Rework-Station und Inspektionssystem auch repariert und geprüft werden können..

- **Prozessoptimierung mit SPS, und RFID (Radio Frequency Identification) und mobilen Geräten**

Prozesse und Abläufe werden mit Unterstützung von Software und speicher-programmierbaren Steuerungen optimiert, dabei werden Teile und Produkte automatisch mittels Funktechnologien identifiziert, Visualisierung und Prozesseingriffe werden auch mit mobilen Geräten (Smartphones und Tablets) umgesetzt. Bei Fertigung und Transport von Produkten spielt deren effiziente Erkennung und Steuerung eine große Rolle. Entscheidend für den Erfolg von Projekten sind die Abschätzung der Machbarkeit sowie Prototypen-Umsetzungen, die gemeinsam mit Industriepartnern durchgeführt werden.

- **Energietechnische Optimierung**

Energieeinsparung durch Nutzung von Synergien. In den meisten Unternehmen und Anlagen arbeitet eine Vielzahl von mechatronischen Systemen. Durch intelligente Mess-, Steuer- und Regelungstechnik und die Verbindung der Möglichkeiten von Maschinenbau, Elektrotechnik und Informatik kann der Einsatz von Energie gesenkt sowie die Energieerzeugung optimiert werden, dies insbesondere durch Koppelung von Systemen.

Kernaussagen

und wesentliche Erkenntnisse zum aktuellen Anwendungsstand, den Auswirkungen auf den Einkauf und die Produktion sowie zukünftige Entwicklungspotenziale zum Einsatz der 3D-Drucktechnik in österreichischen Industrie- und Dienstleistungsunternehmen.

- Rund 40 % der befragten Industrieunternehmen in Österreich sind Serienfertiger. Knapp dahinter liegt der Fertigungsansatz der Einzelfertigung (Einmalfertigung), welcher von 36 % der befragten Unternehmen in der Produktion angewendet wird. Hier zeigen sich eindeutige Potenziale zur Nutzung der additiven Fertigungsverfahren.
- Die primären Zielsetzung im Produktions- und Beschaffungsprozess in der Unternehmenspraxis zeigen, dass die Verhinderung von Lieferantenausfällen, die Flexibilisierung der Produktion, die Eigenerzeugung von Prototypen aber auch die Reduzierung der Lagerdauer wichtige Aspekte darstellen. Diese Anforderungen können durch den Einsatz der 3D-Drucktechnologie positiv beeinflusst werden.
- Die aktuelle Rolle des 3D-Druckers zeigt, dass derzeit ca. 35 % der Unternehmen bereits Erfahrungen (Einsatz, Anwendung, Technik) mit der additiven Fertigung haben. Weitere 29 % der Unternehmen sehen hierbei für die eigene Anwendung zukünftig ein interessantes Einsatzgebiet. Somit zeigt sich eindeutig, dass ca. 2/3 der Unternehmen dem Einsatz der 3D-Drucktechnologie sehr positiv gegenüberstehen.
- Es existieren bereits eigene 3D-Druck-Dienstleister, bei welchen Unternehmen externe 3D-Drucker nutzen können. Rund 42 % der befragten Unternehmen können sich vorstellen, diese Dienstleistungen für ihre Zwecke in Anspruch zu nehmen.
- Insgesamt hat mehr als ein Drittel der Unternehmen eine positive Affinität zur 3D-Drucktechnik und charakterisiert diese als wertschaffend. Diese gehen davon aus, dass die 3D-Drucktechnik zu Verbesserungen in der Produktion führt.
- Die wichtigsten Kriterien zur Anschaffung eines 3D-Druckers beeinflussen merklich die Effizienz des gesamten Produktionsprozesses. So zeigt sich, dass die Schichtstärke, Genauigkeit, Druckgeschwindigkeit, Rohmaterialkosten, Handhabung der Drucktechnologie und die Materialvielfalt die wesentlichen Entscheidungskriterien für die Auswahl des geeigneten 3D-Druckers sind.
- Unter den unterschiedlichen 3D-Drucktechnologien hat sich das 3DP – 3 Dimensional Printing – Verfahren aktuell als das am weitesten verbreitete Druckverfahren im Produktionsprozess in den befragten Unternehmen herausgestellt. Mehr als 40 % der gegenwärtig verwendeten 3D-Drucker arbeiten mit dieser Technologie. Anders sieht die Situation im Bereich kleiner und kleinster Unternehmen sowie im Hobby-Bereich aus. Da 3D-Drucker mit FDM-Technologie bereits für dreistellige Eurobeträge

verkauft werden, ist hier ein schneller und experimenteller Zugang ohne große Folgekosten und mit geringem Platz- und Wartungsaufwand möglich.

- Die Vorteile der additiven Produktionsverfahren sind mannigfaltig. Die Freiheit in der geometrischen Ausgestaltung der Druckobjekte (39 %) und die hohe Präzision, welche durch dieses Fertigungsverfahren (36 %) erzielt werden kann sind die am häufigsten identifizierten Vorteile.
- Die augenblicklichen Schwächen, welche diese Technologie aktuell noch mit sich bringt sind die teilweise sehr hohen Kosten. So stellen die Anschaffungs- bzw. Investitionskosten für einen 3D-Drucker (43 %) und die Kosten für die Spezialmaterialien (43 %) für Unternehmen derzeit die wesentlichen Nachteile dar. Diese werden sich aber mit zunehmender Verbreitung der 3D-Drucktechnologie erheblich reduzieren, wodurch diese Aspekte zukünftig an Bedeutung verlieren werden.
- Nicht zu unterschätzen sind weiters die Kosten eines 3D-CAD-Systems für den Entwurf der Modelle, da sich diese mit Lizenzgebühren, Kosten für Wartungsverträge sowie Schulung deutlich bemerkbar machen – sofern im Unternehmen noch nicht verfügbar, kann dies eine weitere Hürde darstellen.
- 77 % der befragten Unternehmen erstellen Modellentwürfe mit diversen CAD-Software-Lösungen. Nur 16 % der Unternehmen nutzen derzeit die Technik des 3D-Scans zur Modellerstellung.
- Die in den Unternehmen aktuell am weitesten verbreitete CAD-Software zur Erstellung von Modellentwürfen – mit mehr als 30 % – ist Solid Edge. Betrachtet man zusätzlich auch die Anzahl der verkauften Lizenzen, sind auch Siemens NX, CATIA, SolidWorks sowie Inventor häufig im Einsatz.
- Mehr als 70 % der Unternehmen gehen davon aus, dass durch den Einsatz der 3D-Drucktechnologie die Produktionsprozesse zukünftig massiv beschleunigt werden können.
- Unternehmen sehen durch den Einsatz des 3D-Druckers eine positive Auswirkung auf den Produktionsablauf, indem die Produktion innovativer und leistungsfähiger (mehr als 65 %) aber auch flexibler (ca. 64 %) wird.
- Mehr als 60 % der Unternehmen erwarten durch die Integration der 3D-Drucktechnologie in den Produktionsprozess, dass es dadurch zu Kostensenkungen/einsparungen kommen wird.
- Die Unternehmen (ca. 71 %) gehen davon aus, dass die Bedeutung der additiven Fertigungsverfahren zukünftig erheblich zunehmen wird und diese Technologie die gesamte Unternehmensstruktur beeinflussen wird.
- Insgesamt gehen 59 % der Unternehmen davon aus, dass die 3D-Drucktechnik direkt oder indirekt einen Einfluss auf den zukünftigen Produktionsprozess haben wird.
- Die Mitarbeiterqualifikation wird bei Industrie 4.0 zum entscheidenden Engpass und zentralen Erfolgsfaktor.
- Einig ist sich die Unternehmenspraxis (ca. 90 %) dahingehend, dass die additiven Produktionsverfahren entsprechendes Know-how bzgl. der Technik und den Druckmaterialien in den Unternehmen erfordert.

- Das Rapid Prototyping ist eines der zentralen Anwendungsgebiete (ca. 65 %) der 3D-Drucktechnik und wird die Effizienz im gesamten Produktionsprozess in den Unternehmen erhöhen.
- Ein erheblicher Teil der Studienteilnehmer (ca. 70 %) sieht durch die Anwendung des 3D-Druckers keine Gefahr der Auslagerung/Verlagerung von Produktionsprozessen an Konsumenten.
- Die unternehmerischen Grenzen verschwimmen immer mehr. Die 3D-Drucktechnologie lässt die Unternehmensbereiche näher zusammenrücken. Entwicklung, Produktion und Beschaffung werden enger miteinander verflochten.
- Neue Produktionsverfahren, wie die 3D-Drucktechnik, machen den Einkauf flexibler und führen dazu, dass die Einkaufsorganisation sich vermehrt den strategischen Agenden widmen muss.
- Mehr als 70 % der Unternehmen sehen den Einkauf dahingehend gefordert, dass durch den Einsatz des 3D-Drucks zukünftig neue Beschaffungsmärkte zu erschließen sind und die gewohnten Märkte hier an Bedeutung verlieren werden.
- Die Beschaffungsorganisation muss sich der Herausforderung des Wissenstransfers bzw. der Wissensgenerierung im Zusammenhang mit der 3D-Drucktechnik aktiv stellen. Fachwissen zu den optimalen Verfahren, den Materialien, Märkten und Softwarelösungen sind zukünftig entscheidend für den Wertbeitrag des Einkaufs.
- Der Einkauf muss seine eigenen Strukturen und Prozesse an die Erfordernisse und Gegebenheiten der additiven Fertigungsverfahren anpassen.
- Der Einkauf 4.0 wird in Zukunft, beeinflusst durch die 3D-Drucktechnik – vollkommen anders aussehen – es gibt keinen klassischen Einkäufer mehr. Er wird zum internen und externen Schnittstellenmanager und braucht eine hohe technische Kompetenz.
- Durch die 3D-Drucktechnologie wird sich der Einkauf im Unternehmen stark auf die optimale Rohmaterialbeschaffung konzentrieren. Somit kommt dem Commodity Risk Management in der Beschaffungsorganisation eine wesentliche und neue Bedeutung zu.
- Die additiven Fertigungsverfahren verkürzen die Zeit zwischen der Fertigstellung einer Konstruktionszeichnung, dem Produktionsbeginn und der Verfügbarkeit erster Produkte. Dies führt in weiterer Folge zu einer Optimierung der gesamten Wertschöpfungskette.
- Der 3D-Druck verändert die industrielle Landschaft in seinen Einsatzfeldern und ermöglicht das Heben von Einsparungen im Einkauf.

Ergebnisse der Studie

Die Studienrichtungen Rechnungswesen & Controlling sowie Automatisierungstechnik der FH CAMPUS 02 führten im Zeitraum von November 2015 bis Februar 2016 eine empirische Studie zum Thema „Herausforderungen und Bedeutung der Industrie 4.0“ mit dem Fokus auf den aktuellen und zukünftigen Einsatz von 3D-Druckern in österreichischen Industrie- und Dienstleistungsunternehmen durch. Durch diese Praxiserhebung sollte der Einfluss des Einsatzes der 3D-Drucktechnologie auf die Beschaffungsorganisation und den Produktionsablauf in den Unternehmen analysiert und erhoben werden.

Neue intelligente Produktionstechniken erobern die Fabrikhallen – Industrielle Revolution³. Industrie 4.0⁴ bzw. Intelligente Produktion als Treiber der Flexibilisierung und Individualisierung in der Produktion und Dienstleistungsbranche und das additive Manufacturing als spezifischer Herstellungsprozess mittels des 3D-Druckens, der auf ganz unterschiedlichen Technologien basieren kann, führt weg von der zentralen Fertigung von Gütern in Fabriken, die sich nur bei hohen Stückzahlen rechnen, hin zu einer verteilten Produktion, bei der 3D-Drucker komplette Produktionsstraßen und Montage-Fließbänder ersetzen können. Klassische Branchengrenzen verschwinden, es entstehen neue, übergreifende Handlungsfelder und Kooperationsformen, welche sich in erheblichem Maße auf die Wertschöpfungskette von Unternehmen auswirken.⁵

Der 3D-Druck hat die Experimentierphase verlassen und die erfolgreiche Integration von 3D-Drucktechnologie führt zu Veränderungen in der Unternehmensorganisation. Wie weit diese reichen, hängt davon ab, an welcher Stelle in der Wertschöpfungskette der 3D-Druck eingesetzt wird und wie tief die Integration geht. Möglich ist, dass Verantwortlichkeiten wechseln, aber sich auch ganze Abteilungen vergrößern oder verkleinern. Typischerweise verschiebt die Einführung der 3D-Drucktechnologie den Schwerpunkt – weg vom Betrieb der Produktionsanlage und dem Supply Chain Management hin zu Engineering und Produktionsplanung.⁶

Diese Studie befasst sich zu Beginn mit dem derzeitigen Stand der Technik des 3D-Drucks, welcher durch die Studienteilnehmer bewertet wird. Es wird erhoben, welche Änderungen sich die Unternehmen innerhalb der Produktion durch die 3D-Drucktechnologie erwarten. Einen weiteren Untersuchungstatbestand der Erhebung stellt die Auswirkung des 3D-Drucks auf die Organisation des Einkaufs dar.

Im zweiten Abschnitt wird der Anteil der Unternehmen erhoben, die bereits einen 3D-Drucker benutzen. Es wird die derzeitige Bedeutung und das aktive Einsatzgebiet dieser Technologie in den Unternehmen analysiert.

³ Siehe dazu auch PETRICK, I.J./SIMPSON, T.W. (2013), S. 1-6

⁴ Industrie 4.0 wird definiert als Digitalisierung und Vernetzung von gesamten Wertschöpfungsketten und folgt der Mechanisierung, Elektrifizierung und Automatisierung als vierte industrielle Revolution. Der Wandel findet auf allen Stufen des Produktionsprozesses (Wertschöpfungskette) statt. Industrie 4.0 bezieht sowohl vor- und nachgelagerte Akteure wie Zulieferer oder Logistikunternehmen mit ein ebenso wie unternehmensinterne Prozesse wie Beschaffung, Produktion, Vertrieb oder Wartung. Siehe dazu o.V. (2016), Onlinequelle [15.04.2016]. In der angelsächsischen Welt wird Industrie 4.0 als „second machine age“ oder third industrial revolution“ bezeichnet.

⁵ Vgl. DOMSCHEIT-BERG, A. (2016), Onlinequelle [10.02.2016]; o.V. (2015), S. 8 ff.

⁶ Vgl. o.V. (2016), Onlinequelle [01.02.2016].

Im letzten Teil wird analysiert, welche Erwartungen die Unternehmen an die 3D-Drucktechnologie für die Zukunft haben. Dabei geht es um den Einfluss in der jeweiligen Branche und das spezielle Produktionsverfahren in den einzelnen Unternehmen.

Folgende Fragestellungen sollten durch dieses Forschungsprojekt beantwortet werden:

- Welcher Fertigungsansatz wird in Unternehmen eingesetzt und wie erfolgt die Entwicklung und Produktion in den Unternehmen?
- Nimmt die Bedeutung von 3D-Druckern in den untersuchten Branchen zukünftig zu?
- Die 3D-Drucktechnik wird bereits in verschiedenen Branchen/Unternehmen eingesetzt. Welche Rolle spielt die 3D-Drucktechnik aktuell in der Unternehmenspraxis?
- In Österreich gibt es bereits Unternehmen, die anderen Unternehmen 3D-Drucker zur Verfügung stellen. Ist es für Unternehmen denkbar, externe 3D-Drucker in Anspruch zu nehmen?
- Wie kann der aktuelle Reifegrad der 3D-Drucktechnik in der Produktion charakterisiert werden?
- Welche 3D-Druck-Technologien werden konkret eingesetzt und wie kann der zukünftige Einfluss der 3D-Druck-Technologie auf die Produkte bzw. Produktionsverfahren eingeschätzt werden?
- Welche Folgen hat/hätte der Einsatz eines 3D-Druckers auf den Produktionsprozess?
- Make or Buy – Die Frage nach der Fertigungstiefe stellt sich durch die 3D-Drucktechnologie erneut. Wie beeinflusst die additive Fertigung den Fertigungsprozess?
- Lieferanten, Substitutionsprodukte und neue Konkurrenten prägen die Wettbewerbsintensität einer Branche. Kann durch den Einsatz der 3D-Drucktechnologie die Wettbewerbsstrategie verbessert werden?
- In der Prozesskette des 3D-Drucks stellt der Entwurf des Modells eine wichtige Rolle dar. Mit welcher Technik werden Modelle erstellt und welche CAD-Software kommt zum Einsatz?
- Ist durch den 3D-Druck zukünftig eine Auslagerung von Produktionsprozessen an Konsumenten zu erwarten?
- Welche zentralen Kriterien sind bei einer Anschaffung eines 3D-Druckers von wesentlicher Bedeutung?
- Welche Folgen hat der Einsatz der 3D-Drucktechnologie auf die Beschaffungsorganisation?

Im Folgenden finden sich die detaillierten Ergebnisse dieser Praxiserhebung zu den oben genannten Forschungsfragen. Zu Beginn werden die Studienteilnehmer charakterisiert. Danach wird auf die allgemeinen Ergebnisse rund um die 3D-Drucktechnik eingegangen. Folgend werden die Erkenntnisse über den Einsatz der 3D-Drucktechnik in mittleren und großen österreichischen Unternehmen beschrieben. Im letzten Teil der Ergebnisbeschreibungen wird auf die zukünftige Entwicklung und Bedeutung des 3D-Drucks eingegangen.

1. Einleitung

3D-Druck – Der zukünftige Techniktrend?⁷ Das Marktforschungsunternehmen Gartner erklärte den 3D-Druck erneut zum Techniktrend. Bereits im Jahr 2015 ernannten sie den 3D-Druck zur Technologie der Zukunft.⁸

Durch den Einsatz neuer Materialien wie Karbon, Glas, Textilfasern und Biotinte wird das Angebot immer breiter, wodurch sich die Einsatzgebiete des 3D-Drucks immer weiter ausdehnen und in mehr und mehr Branchen an Bedeutung gewinnen wird.⁹ Da der neue Trend bereits von vielen erkannt wurde, besteht bereits ein ausgeprägter Wettbewerb, in welchem Hersteller und Dienstleister um Marktanteile kämpfen. Auch im öffentlichen Sektor wurde diese Entwicklung bereits erkannt, weshalb zahlreiche wissenschaftliche Projekte und 3D-Drucker im Bildungsbereich finanziell gefördert werden.

Die Technologie existiert schon seit einigen Jahren und viele verschiedene Industrien arbeiten schon damit – allen voran der Flugzeugbau¹⁰ kann hier als führender Industriezweig genannt werden.¹¹ Bereits im Jahr 1984 wurde das erste generative Fertigungsverfahren präsentiert und wenig später auch kommerzialisiert. Ein generatives Fertigungsverfahren stellt einen Prozess dar, bei welchem Materialien Schicht für Schicht verbunden werden, um Objekte nach 3D-Modelldaten zu produzieren.¹²

Der Bau von Prototypen, auch „Rapid Tooling“ genannt, ist derzeit das größte Einsatzgebiet des 3D-Drucks. Doch die Technologie ist längst über den Bau von Prototypen hinausgewachsen. Weltweit gibt es bereits zahlreiche namhafte Unternehmen, die ihre Produktion durch 3D-Druck aufwerten. General Electric macht in der Produktion von Düsentriebwerken, medizinischen Geräten und Bauteilen für Haushaltsgeräte Gebrauch von dieser Technologie. Boeing verwendet die 3D-Drucktechnik für die Luftfahrt, Google für die Herstellung von Unterhaltungselektronik. Weitere Beispiele sind Zahnspangen von Invisalign oder Linsen für Leuchtdioden von Luxexcel.

Laut dem Beratungsunternehmen Mc-Kinsey wird sich der 3D-Druck von seinem Status der Nischentechnologie in naher Zukunft entfernen und als eine echte Alternative zu herkömmlichen Fertigungsprozessen etablieren.¹³

Durch das geringere direkte Produktionstempo¹⁴ des 3D-Drucks verglichen mit Standardproduktionsverfahren, scheint es heute schwer vorstellbar, dass diese Technologie die Standardverfahren zur Massenfertigung von Produkten ablösen könnte. Im Gegensatz dazu kann die 3D-Drucktechnologie aber mit einem anderen Vorteil punkten: Flexibilität.

Dadurch, dass jede Produkteinheit unabhängig voneinander gefertigt wird, kann sie ohne großen Aufwand an verbesserte Konzepte, spezielle Wünsche, andere Bedürfnisse oder neue Modeströmungen angepasst

⁷ Zu den zukünftigen Erwartungen bzgl. der 3D-Drucktechnologie siehe auch PUCHLEITNER (2016), S. 38

⁸ Vgl. o.V. (2015), Onlinequelle [17.02.2016]

⁹ Vgl. KRÄMER (2015), Onlinequelle [01.02.2016].

¹⁰ CFM International erwartet, dass bis 2020 über 100.000 Teile im Aviation-Bereich aus dem 3D-Druck stammen werden.

¹¹ Vgl. o.V. (2015), S. 11

¹² Vgl. GARTNER/MARESC/FINK (2014), S. 2.

¹³ Vgl. COHEN/SARGEANT/SOMERS (2014), Onlinequelle [09.02.2016].

¹⁴ Wobei hier anzuführen ist, dass der gesamte Produktionsablauf (Entwurf, Werkzeugbau, Produktion, Zusammenbau, Test) sehr wohl zeitlich optimiert wird. Siehe dazu auch PETRICK, I.J./SIMPSON, T.W. (2013), S. 1-6

werden. Außerdem ist der Aufwand für den Aufbau des Produktionsumfelds bei weitem nicht so hoch, wie bei herkömmlichen Produktionsverfahren. Diese Vorteile spiegeln sich vor allem in der Tatsache wieder, dass die bis jetzt am weit verbreitetsten Anwendungsgebiete in der Produktion von Einzelprodukten, Prototypen und von speziellen Ersatzteilen liegen. Doch auch für größere Produktionsmengen wird diese Technologie zunehmend sinnvoll, da Unternehmen somit in der Lage sind, ohne erhebliche Mehrkosten, den Kunden eine wunschgemäße Fertigung mit einer großen Vielfalt an Formen, Farben und Größen zu bieten. Des Weiteren ist es möglich, Erzeugnisse in einem Stück zu fertigen, ohne wie bisher eine erhebliche Anzahl an separaten Bauteilen herzustellen und dann zusammensetzen zu müssen.¹⁵ Nicht zuletzt lassen sich mittels 3D-Druck auch Geometrien herstellen, die mit herkömmlichen Fertigungsverfahren nur sehr aufwändig oder unter Verwendung von Spezialwerkzeugen möglich wären. Es wird dadurch beispielsweise möglich, die Bauteilstärken auf die Kraftlinien der Belastung abzustimmen, damit ist auch extremer Leichtbau möglich.¹⁶

Laut KLEINSCHMIDT (2014) werden die Fabriken von morgen in der Massenproduktion weiterhin standardisiert durch Schmieden, Fräsen und Gießen produzieren, da in der Massenproduktion vor allem die Produktionsgeschwindigkeit und niedrige Stückkosten die Hauptkriterien darstellen. Aber der 3D-Druck soll die bestehenden Verfahren bei Kleinserien, Einzelstücken und ausgefallenen Formen gut ergänzen.

Um das derzeitige Einsatzgebiet der 3D-Drucktechnik und deren künftige Entwicklung in österreichischen Industrie- und Dienstleistungsunternehmen zu analysieren, wurde diese empirische Studie durchgeführt.

¹⁵ Vgl. D'AVENI (2015), S. 18 ff.

¹⁶ Vgl. CHUA et al. (2010), S. 382

2. *Eingesetzte 3D-Drucktechnologien in Industrieunternehmen*

Aktuell werden in Industrieunternehmen hauptsächlich nachfolgend abgeführte und dargestellte 3D-Drucktechniken¹⁷ im Produktionsprozess eingesetzt. Die meisten Verfahren beginnen am Computer mit der Erstellung einer STL-Datei (Stereolithografie-Dateiformat), bei der die räumliche Ausrichtung des Modells berechnet wird. Aus dieser Datei werden dann mittels eines sogenannten Slicers Schichten erzeugt, Je nach Verfahren werden diese Schichten dann unterschiedlich in Maschinenbewegungen umgesetzt, beispielsweise in das Bewegen eines Kopfes oder eines Lasers.

3DP – 3 Dimensional Printing

Ein 3DP-Drucker besteht aus einer Kammer und einem Druckkopf. In der Kammer wird das pulverförmige Material als Schicht aufgetragen. Diese Schicht wird geglättet und anschließend über einen Druckkopf mit einem Bindemittel benetzt. Darauf wird eine weitere Pulverlage aufgetragen und wieder mit einem Bindemittel benetzt. Das Pulver wird nach und nach verklebt. Dieser Vorgang wiederholt sich entsprechend, bis das fertige 3D-Druckobjekt entstanden ist.¹⁸

SLS – Selektives Lasersintern

Das Selektive Lasersintern, auch Selective Laser Sintering (SLS) genannt, ist ein thermisches Verfahren, bei dem wiederholt aufgetragene Schichten aus losem Pulver (bestehend aus Kunststoff, kunststoffbeschichteten Sanden, Metallen oder Keramiken) mit einem Laser selektiv (das heißt an fest definierten Stellen) versintert werden. Sintern bedeutet dabei, dass einzelne Pulverkörnchen an ihrer äußeren Randzone miteinander verschmolzen werden. Ein wesentlicher Vorteil des Selektiven Lasersinterns ist, dass dieses Verfahren auf alle Materialien, die sich thermoplastisch verhalten, angewendet werden kann.¹⁹ Zudem können auch Materialien verarbeitet werden, die bei zerspanender Fertigung schwierig handzuhaben sind, beispielsweise Titan, das für Leichtbau, aber auch für Implantate eine wesentliche Rolle spielt.

FDM – Fused Deposition Modeling

Fused Deposition Modeling (FDM), auch Schmelzschichtung oder thermoplastische Extrusion genannt, ist beim Rapid Prototyping ein sehr häufig eingesetztes Fertigungsverfahren für Modellierungen, Prototypenerstellungen und Produktionsapplikationen. Beim Verfahren werden, falls erforderlich, benötigte Stützmaterialien automatisch erzeugt, weshalb das Druckgerät entsprechend mit zwei Materialzufuhrdüsen ausgestattet ist. Die thermoplastischen Baustoffe werden durch Erhitzen verflüssigt und unter Druck durch eine horizontal

¹⁷ 3D-Druck wird als so genanntes generatives Fertigungsverfahren oder Additive Fertigung bezeichnet. Mit ihm können Modellen, Prototypen, Werkzeuge und Endprodukten schnell und kostengünstig gefertigt werden. 3D-Drucker sind Maschinen, die computergesteuert dreidimensionale Gegenstände schichtweise aufbauen. Die dafür mit Computerprogrammen (CAD) gestalteten Formen werden beim Aufbau mittels physikalische oder chemischer Härtungs- oder Schmelzprozesse fertiggestellt. Als Werkstoffe kommen üblicherweise Kunstharze, Kunststoffe, Metalle und Keramiken zum Einsatz. Siehe dazu o.V. (2016), Onlinequelle [28.03.2016].

¹⁸ Vgl. PAUL (2015), Onlinequelle [31.01.2016].

¹⁹ Vgl. KOMOROWSKY (2014), S. 37 f.

bewegte Heißdüse herausgepresst. Das gewählte Material wird in feinen Schichten und einer Stärke von mindestens 0,1 mm aufgetragen.²⁰

SLA – Stereolithografie

Ein Stereolithographiesystem besteht aus einer Kammer, einem Dispenser und einem oder mehreren Lasern. Das flüssige Epoxidharz befindet sich in der Kammer. Dieses erhärtet, wenn es mit UV-Licht in Kontakt kommt. Ein Laser erzeugt intensive UV-Strahlen und ist in der Lage das Epoxidharz punktuell zu bestrahlen, sodass es gezielt an der gewünschten Stelle zur Aushärtung gebracht werden kann. Der Laser wiederholt diese punktuelle Aushärtung bis schließlich ein größerer Festkörper im flüssigen Epoxidharz entstanden ist. Wenn dieser Festkörper so groß ist, dass er aus dem Flüssigbad herausragt, fügt ein Dispenser eine weitere Lage an flüssigem Material hinzu. Der Vorgang wiederholt sich schließlich, bis das fertige 3D-gedruckte Objekt entstanden ist.²¹

DLP – Digital Light Processing

Digital Light Processing (DLP) ist eine von Texas Instruments entwickelte Technologie, die auf der Mikrosystemtechnik basiert und bei der kleinste quadratische Mikrospiegel das Licht der Lichtquelle auf die Projektionsfläche reflektieren. Die Mikrospiegel werden von den elektrostatischen Feldern, den unter ihnen angebrachten CMOS-Schaltkreise, gesteuert. Damit lassen sich ähnlich wie bei SLA flüssige Materialien aushärten, dies allerdings als gesamte Schicht auf einmal.²²

SEBM – Selektives Elektronenstrahlschmelzen

Der Fertigungsprozess findet hier im Vakuum statt, um höchste Reinheit des Grundmaterials ohne Oxidrückstände zu ermöglichen. Es wird mit Hilfe einer Rakel eine Schicht des Pulvers (50 – 100 µm) auf eine Grundplatte aufgebracht. Ein Elektronenstrahl erhitzt das Pulver lokal und bringt es dadurch zum Schmelzen. Anschließend wird eine neue Pulverschicht aufgetragen und der Schmelzprozess beginnt von Neuem. Dies wird so lange wiederholt, bis das fertige Bauteil entsteht. Nun wird die Kammer mit Helium gekühlt und das Bauteil mit demselben Pulver, aus dem es entstanden ist, sandgestrahlt.²³

MJM – Multi Jet Modeling

Multi Jet Modeling kann auch als Kombination von FDM und SLA gesehen werden. Das Material wird ebenfalls dem Druckkopf in fester Form zugeführt, wo es dann aufgeschmolzen wird. Allerdings ist der Druckkopf hier anders aufgebaut. Er tröpfelt das aufgeschmolzene Material durch mehrere kleine Düsen (Nano-Jets) auf die Bauplatzform. Diese Tropfen werden dann mit einer kleinen Rolle plan gedrückt und mittels einer UV-Einheit ausgehärtet. Dieser Vorgang wiederholt sich, bis das fertige 3D-gedruckte Objekt entstanden ist.²⁴

²⁰ Vgl. HAGL (2015), S. 25 f.

²¹ Vgl. PAUL (2015), Onlinequelle [31.01.2016].

²² Vgl. FASTERMANN (2012), S. 123.

²³ Vgl. KOMOROWSKY (2014), S. 47.

²⁴ Vgl. PAUL (2015), Onlinequelle [31.01.2016].

FTI – Film Transfer Imaging

Bei diesem Verfahren wird das Material mit Hilfe eines Beamers anstelle des beim STL eingesetzten Lasers gehärtet. Auch das Kunststoff-Bad entfällt. Dafür wird beim Film Transfer Imaging eine Transportfolie eingesetzt. Auf dieser Folie wird ein Film des verwendeten Materials aufgetragen, durch die Folie belichtet und so ausgehärtet. Danach wird das Objekt von der Folie gehoben, eine Rakel verteilt das Material auf der Folie und das Objekt wird wieder abgesenkt. Dann folgt wieder die Belichtung und der Arbeitsprozess beginnt von vorn. Die Belichtung härtet also nur die Stellen aus, auf der das Objekt entstehen soll. Entwickelt wurde dieses Verfahren von der Firma 3D Systems.²⁵

Weitere Verfahren

Es existieren einige weitere Verfahren zur generativen Erstellung von dreidimensionalen Objekten, die jedoch nicht für das Fertigen von Maschinenbauteilen, sondern für Sonderanwendungen bzw. spezielle Technologiebereiche eingesetzt werden. Beispielhaft erwähnt werden sollen das papierbasierte Verfahren der Firma Mcor, wo Papierschichten aufeinander geklebt und mit einem Messer geformt werden, weiters mikromechanische Systeme und Sensoren (MEMS), wo mikrometergroße Strukturen geätzt oder abgeschieden werden.²⁶

Nach Gebhardt sind die Hauptvorteile der Verfahren gegenüber konventioneller Fertigung:²⁷

- Verkürzung der Entwicklungszeit durch schneller Verfügbarkeit von Prototypen
- Senkung der Kosten durch geringeren Materialverbrauch, Einsparungen bei der Fertigung
- Es wird früher ein höherer Produktreifegrad erzielt
- Flexibilität in der Fertigung

Weitere Entwicklungen der Technik sind auf nahezu allen Gebieten zu erwarten. Aus der Medizintechnik ist 3D-Druck heute nicht mehr wegzudenken – ganz gleich, ob es sich um Zahnersatz, Hörgeräte oder Gelenk-Implantate handelt. Zukunftsvisionen sind, dass eines Tages funktionstüchtige, dem Menschen implantierbare Organe 3D-gedruckt werden können. Auch in der Luft- und Raumfahrt, der Automobilindustrie, der Architektur und der Elektrotechnik ist 3D-Druck inzwischen unverzichtbar.²⁸

²⁵ Vgl. o.V. (2015), Onlinequelle [31.01.2016].

²⁶ Vgl. PINTÉR (2012), Onlinequelle [21.05.2016]

²⁷ Vgl. GEBHARDT (2013), S. 532

²⁸ Vgl. FASTERMANN (2014), S. 5.

3. Empirische Erhebung

Das folgende Kapitel veranschaulicht und behandelt den Auswahlprozess, hinsichtlich der befragten Unternehmen näher und zeigt die zugrundeliegende Systematik der empirischen Erhebung auf.

Im Verlauf dieser empirischen Untersuchung muss abgeklärt werden, über welche Menge von Unternehmungen die entsprechenden Aussagen getroffen werden sollen. Wesentlich sind hierbei, die Festlegung bzw. die Definition des Objektbereichs und die Art der Auswahl der Untersuchungsobjekte. Zur Durchführung dieser Untersuchung muss daher der Gegenstandsbereich präzisiert werden.²⁹ Die Festlegung des Objektbereichs erfolgt zumeist mit der Festlegung der Grundgesamtheit (Population)³⁰ einer Erhebung, nämlich der Definition einer Menge von Objekten, für die die Aussagen der Untersuchung gelten sollen (target population).

Als Zielgruppe wurden in dieser Studie jene Unternehmen ausgewählt, die entweder dem produzierenden Gewerbe zugeordnet oder als in der Industrie tätige Dienstleistungsunternehmen kategorisiert werden können. Abgegrenzt wird diese Zielgruppe dadurch, dass nur mittlere und große Unternehmen³¹ mit Sitz in Österreich in die Erhebung miteinbezogen werden. Die Kategorisierung nach mittleren und großen Unternehmen erfolgt über die Mitarbeiterzahl und über den Umsatz. Alle Unternehmen, deren Mitarbeiterzahl über 50 liegt und deren Umsatz über 10 Mio. € beträgt, werden als mittlere und große Unternehmen klassifiziert.³²

Die empirische Erhebung wurde anhand eines standardisierten Webfragebogens durchgeführt. Die Funktionsfähigkeit des gesamten Studiendesigns³³ wurde mittels eines Pre-Tests überprüft.³⁴ Anhand der Herold Online-Datenbank wurden österreichische Unternehmen nach den oben genannten Kriterien (Umsatz, Mitarbeiterzahl) gefiltert, wodurch sich folgende Grundgesamtheit ergibt.



Grundgesamt der empirischen Untersuchung

²⁹ Siehe dazu THEUERMANN, C. (2006), S. 324.

³⁰ Als Grundgesamtheit (Population) bezeichnet man allgemein alle potentiell untersuchbaren Einheiten oder Elemente, die ein gemeinsames Merkmal (oder eine gemeinsame Merkmalskombination) aufweisen. BORTZ, J. (2005), S. 86

³¹ Diese Auswahl und Kategorisierung erscheint zweckmäßig, da eine derartige Untersuchungsfestlegung nahelegt, dass diese Zielgruppe eine entsprechende Auskunft bzgl. der zu beantwortenden Fragestellungen liefern kann.

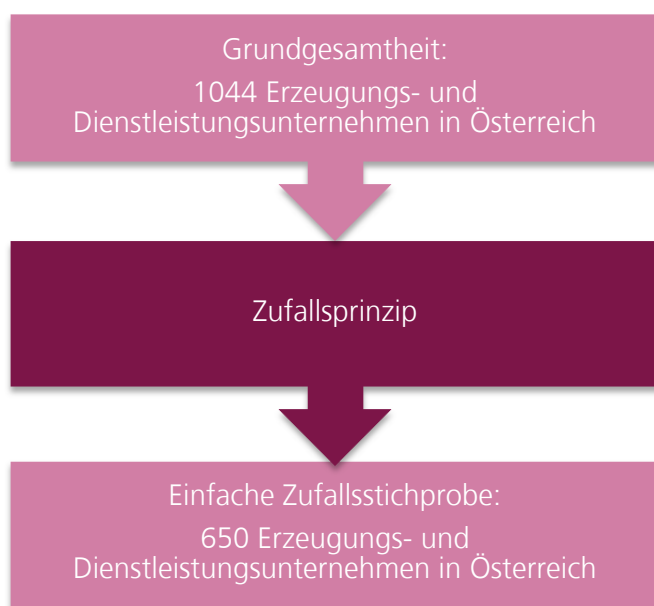
³² S. ABI. L 124/36 der EU vom 20.05.2003.

³³ Zum hier dargestellte Studiendesign siehe insbesondere auch THEUERMANN (2006,) S. 324 ff., THEUERMANN (2014), S. 10 f., THEUERMANN, FORSTINGER (2014), S. 12 ff.

³⁴ Zum Pre-Test siehe THEUERMANN (2006), S. 333., ATTESLANDER (2003), S. 330.

Nach Bestimmung der Population ist ausgehend aus diesen Feststellungen die Erhebungsart und Stichprobengröße festzulegen und zu ermitteln.

In dieser Studie wurde als Erhebungsart die Teilerhebung³⁵ ausgewählt. Dadurch wird nicht die ganze Grundgesamtheit befragt, sondern nur ein Teil der Unternehmen.³⁶ Für die Auswahl der Unternehmen, die befragt werden, wurde die einfache Zufallsstichprobe³⁷ herangezogen, welche für die Inferenzstatistik von besonderer Bedeutung ist. Durch die Methode des Stichprobefahrens wurden einzelne Stichprobenelemente (Erhebungseinheiten) aus der zuvor beschriebenen Grundgesamtheit entnommen. Mit deren Hilfe können Aussagen über die zu untersuchenden Unternehmen in Österreich gemacht werden. Die Erhebungseinheiten wurden nicht nach subjektivem Ermessen, sondern nach dem einfachen Zufallsprinzip bestimmt. Zufallsstichproben stellen die einzige Gewähr dafür dar, dass aus den Ergebnissen einer Stichprobe bezogen auf die Verteilung aller Merkmale, auf die Verteilung dieser Merkmale in der Grundgesamtheit geschlossen werden kann. Ein derartiger Repräsentationsschluss ist also nur dann zulässig, wenn der gewählte Auswahlmechanismus eine Zufallsauswahl ist.³⁸ Wie in der nachfolgenden Darstellung ersichtlich ist, wurden nach dem Zufallsprinzip 650 Unternehmen aus der Grundgesamtheit von 1044 Untersuchungsobjekten ausgewählt.



Ermittlung der Zufallsstichprobe

Besonders wichtig bei einer empirischen Erhebung mittels einer Teilerhebung ist, dass die ausgewählte Stichprobe repräsentativ ist. Damit repräsentative Rückschlüsse bzw. Aussagen, bezogen auf die jeweilige Grundgesamtheit einer Erhebung getätigt werden können, ist eine ausreichende Stichprobengröße zwingend erforderlich. Zur Bestimmung der benötigten Stichprobengröße stellt die moderne Statistik entsprechende Er-

³⁵ Wird nur ein Ausschnitt der Population untersucht, so handelt es sich um eine Teilerhebung oder Stichprobenerhebung (Anzahl der untersuchten Objekte: n). BORTZ, DÖRING (2005), S. 398

³⁶ Vgl. HOLLAND, SCHARNBACHER (2010), S. 15.

³⁷ Wird aus einer Grundgesamtheit von Elementen eine Stichprobe gezogen, dass jede mögliche Stichprobe dieselbe Realisierungschance besitzt, dann wird das Auswahlverfahren als einfache Zufallsauswahl (simple random sampling) und die resultierende Stichprobe als einfache Zufallsstichprobe (simple random sample) bezeichnet. Bei einer einfachen Zufallsauswahl besitzt jede dieser möglichen Stichproben die gleiche Wahrscheinlichkeit tatsächlich gezogen zu werden. SCHNELL, HILL, ESSER (2005), S. 273 f.; BORTZ (2005), S. 87

³⁸ Vgl. SCHNELL, HILL, ESSER (2005), S. 304

mittlungsverfahren zur Verfügung.³⁹ Um das festzustellen, wurde unter Berücksichtigung folgender Parameter die Mindeststichprobengröße berechnet⁴⁰:

- Stichprobenfehler: 3 %
- Vertrauensniveau: 95 %
- Verteilung der Antworten: 50 %

Die Mindeststichprobengröße beträgt somit 528 Studienteilnehmer. Dieser Umfrage liegt eine Stichprobengröße von 650 Untersuchungsobjekten (Auswahlstichprobe bzw. Bruttostichprobe⁴¹) zugrunde und unter Berücksichtigung von qualitätsneutralen ausfällen, ergibt sich eine Nettostichprobe von 631 Studienteilnehmern und ein maximaler Stichprobenfehler von 2,45 %. Da dieser Wert sehr gering ist, kann die ausgewählte Stichprobe als repräsentativ bewertet werden.⁴² Es wurde bewusst ein höherer, als der ermittelte Stichprobenwert gewählt, um die Erhebungs- und Aussagequalität der Studie optimieren zu können. Rechnet man dieses Ergebnis zurück, so wird auch das Stichprobenergebnis der Erhebung genauer.⁴³

Für das Ergebnis der Studie ist es außerdem entscheidend, die richtigen Personen bzw. Mitarbeiter innerhalb der ausgewählten Unternehmen zu identifizieren, die stellvertretend für das jeweilige Unternehmen angesprochen werden sollen. In dieser Studie wurden als Ansprechpersonen Mitarbeiter in der Forschung und Entwicklung sowie Abteilungsleiter der Produktion bzw. der Beschaffung ausgewählt. Diese erscheinen für diesen Untersuchungsgang zweckmäßig, da dieser Personenkreis als Ansprechpartner einerseits den Zugang zu den für diese Befragung notwendigen Informationen hat und sich diese Personen andererseits am intensivsten mit den zu untersuchenden Fragestellungen und Problembereichen in der Unternehmung auseinandersetzen.

³⁹ Vgl. THEUERMANN (2006) S. 327.

⁴⁰ Vgl. RÖBLER, UNGERER (2011), S. 118 ff., o.V. (2016), Onlinequelle [22.02.2016]. Dabei ist $n = N \cdot X / (X + N - 1)$

⁴¹ Die im Untersuchungsdesign festgelegte Ausgangsstichprobe wird Bruttostichprobe genannt. Sie enthält alle für die Erhebung in Frage kommenden Personen, auch die, die nicht befragt werden können, z. B. auf Grund von Krankheit, schwerer Erreichbarkeit.

⁴² Vgl. THEUERMANN, FORSTINGER (2014), S. 13.

⁴³ THEUERMANN (2006), S. 328.

4. Statistik

Nach der Entscheidung, dass für diese empirische Untersuchung eine Teilerhebung durchgeführt wird, muss im nächsten Schritt festgelegt werden, welche Instrumente oder Techniken zur Datenerhebung eingesetzt werden. Die Methode der Befragung gilt heute nach wie vor als Standardmethode der empirischen Sozialforschung.⁴⁴

Im Rahmen der Erstellung des empirischen Konzeptes wurde als Untersuchungsmethode die standardisierte Befragung mittels Web-Fragebogen bzw. elektronisch zugesandtem Fragebogen gewählt. Die Erhebung der relevanten Daten erfolgt mittels einer stark strukturierten, standardisierten, webbasierten schriftlichen Befragung.

Der gesamte Durchführungszeitraum der demoskopischen Untersuchung erstreckte sich insgesamt über vier Monate. Die Aussendung des Fragebogens erfolgte an alle Unternehmen der gewählten Stichprobe Ende 2015 und adressierte den zuvor dargestellten Personenkreis. Der Fragebogen beschäftigt sich mit dem Thema **„Herausforderungen und Bedeutung der Industrie 4.0“**, mit dem Ziel, Erkenntnisse bzgl. des 3D-Druckers für die Beschaffungsorganisation und den Produktionsablauf von Industrie- und Dienstleistungsunternehmen zu erheben. Der Erhebungsbogen beinhaltet 24 Fragen, diese wurden sowohl als offene als auch als geschlossene Fragestellungen formuliert. Bei ausgewählten Fragen waren auch Mehrfachnennungen möglich.

Der Fragebogen wurde an alle Unternehmen der generierten Zufallsstichprobe versendet und die im Folgenden präsentierten Ergebnisse beruhen auf 69 beantworteten Fragebögen. Die angeführte Datenerfassung und -auswertung kann als zentrales Element der empirischen Untersuchung aufgefasst werden. Während bzw. nach der Datenerhebung erfolgt eine genaue Rücklaufkontrolle der Fragebögen, wodurch sich eine entsprechende Nettorücklaufquote von 10,94 % für diese Studie ergeben hat.

Abschließend erfolgte eine Validierung der Stichprobe unter Berücksichtigung der erzielten Response-Rate, um die Anforderungen an die Repräsentativität dieser Erhebung sicherzustellen.

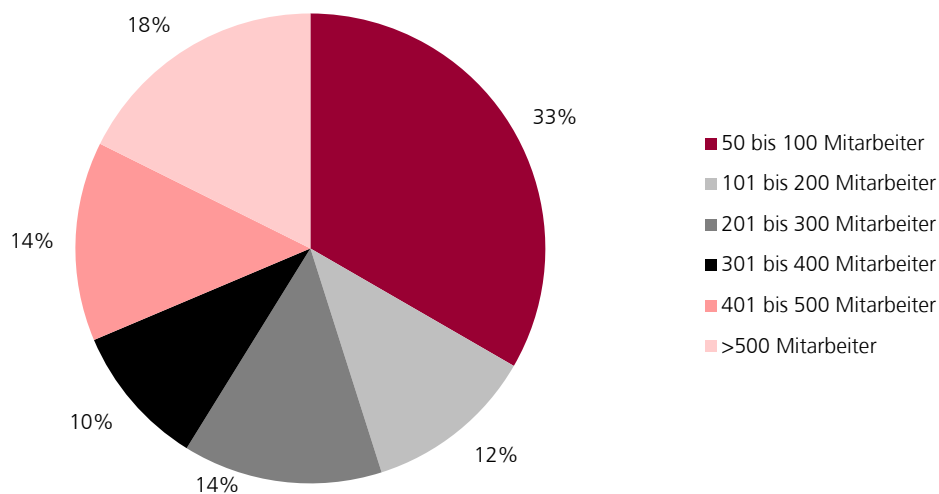
Charakterisierung der Studienteilnehmer

Mit der vorliegenden Untersuchung wurden die Entscheidungsträger im Beschaffungs- bzw. Produktionsbereich angesprochen. Es sollte der aktuelle Entwicklungsstand und deren Einschätzung über die Bedeutung der Industrie 4.0 mit besonderem Fokus auf die 3D-Drucktechnik in österreichischen Industrie- und Dienstleistungsunternehmen abgefragt werden. Die Ergebnisse dieser Erhebung erlauben Aussagen zu treffen, wie die 3D-Drucktechnik derzeit von österreichischen Unternehmen eingesetzt wird, welches Potential diese Technik in Österreich hat und vor allem, welche zukünftigen Herausforderungen sich dadurch für Unternehmen ergeben.

⁴⁴ Vgl. LAMNEK, S. (2001), S. 282-302

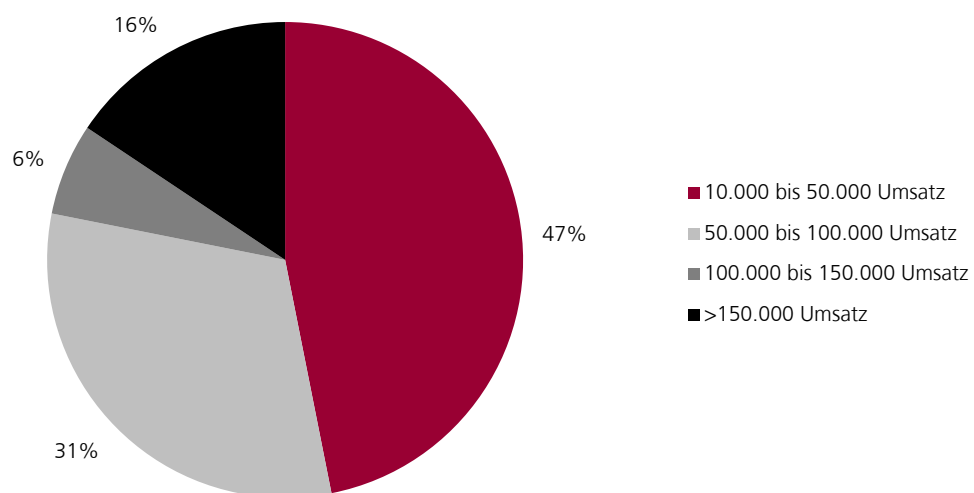
Die für diese Arbeit durchgeführte Charakterisierung der Studienteilnehmer umfasst die Parameter Unternehmungsgröße (Umsatzverteilung und Mitarbeiterzahl), Branche und Branchentyp.⁴⁵

Der Umsatz und die Mitarbeiterzahl stellen für diese Arbeit ein wesentliches Charakterisierungskriterium dar, da diese beiden Parameter bereits bei der Bestimmung der Grundgesamtheit eine erhebliche Rolle spielten. Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die Charakterisierung der an der Untersuchung beteiligten Unternehmungen anhand der Mitarbeiterzahl und des Umsatzes auf.



Mitarbeiterverteilung bei den Studienteilnehmern

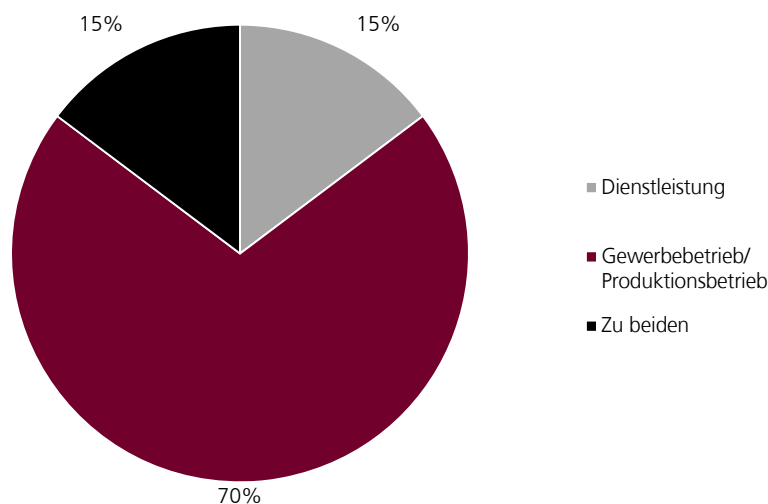
Wie obige Grafik zeigt, beschäftigt der Großteil der befragten Unternehmen weniger als 100 Mitarbeiter (ca. 33 %). Hingegen beschäftigen 18 % der Unternehmen mehr als 500 Mitarbeiter. 14 % beschäftigen zwischen 201 und 300 Mitarbeiter, sowie zwischen 401 bis 500 Mitarbeiter. Rund 12 % der Unternehmen beschäftigen zwischen 101 und 200 Mitarbeiter, weitere 10 % zwischen 301 und 400 Mitarbeiter.



Umsatzverteilung der Studienteilnehmer in Tsd. €

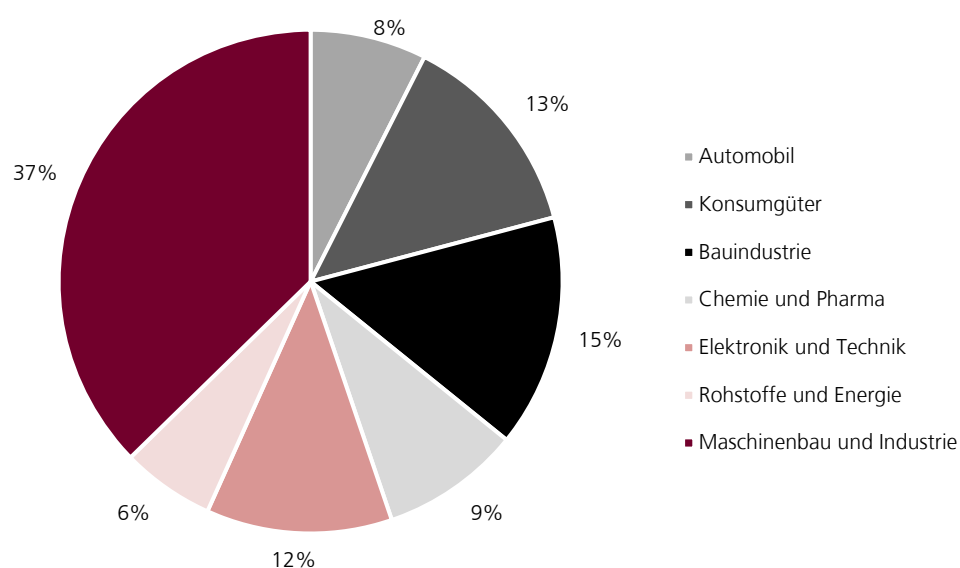
⁴⁵ THEUERMANN (2006), S. 339.

Analysiert man die Studienteilnehmer hinsichtlich der Umsatzverteilung so erkennt man, dass knapp die Hälfte (47 %) der Unternehmen einen Umsatz zwischen € 10 Mio. und € 50 Mio. erzielen. Mit 31 % stellen Unternehmen mit einem Umsatz zwischen € 50 Mio. und € 100 Mio. die zweitgrößte Gruppe dar. 6 % können der Gruppe mit Umsätzen zwischen € 100 Mio. und € 150 Mio. zugeordnet werden. 16 % der befragten Unternehmen haben einen Umsatz von mehr als € 150 Mio.



Einteilung in Gewerbe-/Produktionsbetrieb und Dienstleistungsunternehmen

Für die vorliegende Untersuchung wurden nur österreichische Unternehmen aus der technischen Dienstleistungsbranche, dem produzierendem Gewerbe und der Industrie ausgewählt. Den größten Teil, 70 %, repräsentieren jene Unternehmen, die dem produzierenden Gewerbe bzw. dem Industriebereich zugeordnet werden können. Der Dienstleistungsbranche können 15 % zugeordnet werden und ebenfalls 15 % der Unternehmen sind in beiden Bereichen tätig. Nahezu 80 % der befragten Unternehmen haben als Rechtsform die GmbH gewählt.



Branchenverteilung der befragten Unternehmen

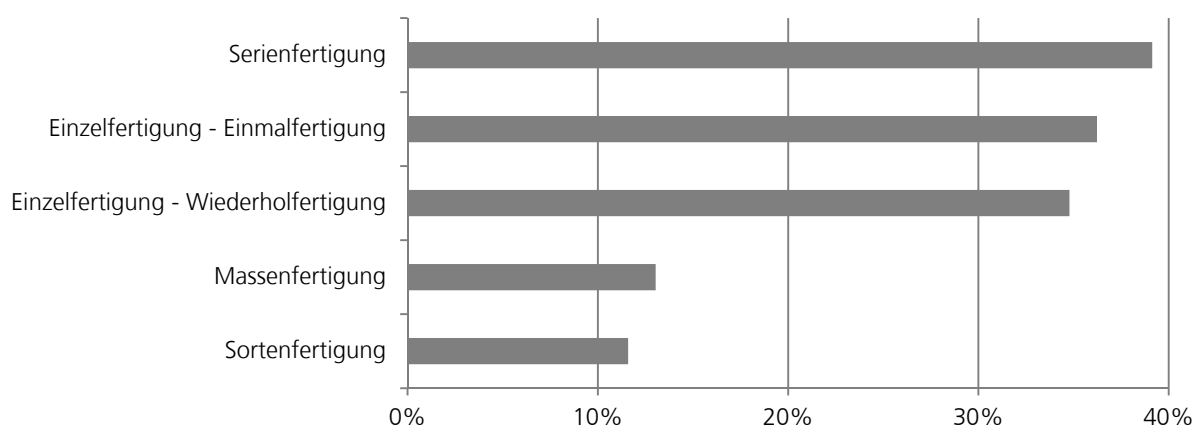
Die befragten Unternehmen wurden in sieben grundlegende Branchen geclustert. Wie man der obigen Darstellung entnehmen kann, kommt der Großteil der Unternehmen aus dem Maschinenbau und der Industrie (37 %). Die zweitstärkste Gruppe stellt die Bauindustrie (15 %) dar, gefolgt von der Konsumgüterindustrie. Die hier dargestellte Branchenstruktur ergibt sich aus der unterschiedlichen Rücklaufquote, bezogen auf die unterschiedlichen Branchen.

Der Untersuchung liegt eine ausgewogene Branchenverteilung zugrunde, weshalb auch branchenübergreifende Rückschlüsse und Interpretationen möglich sind. Es wird somit ein ganzheitliches Bild zum aktuellen Stand der 3D-Drucktechnologie und deren Einsatz in der österreichischen Unternehmenspraxis dargestellt.

Charakterisierung der Produktion in der Unternehmenspraxis

In diesem Kapitel wird auf die grundsätzlichen Produktions- und Konstruktionsverfahren der an dieser Studie teilnehmenden Unternehmen eingegangen, mit der Zielsetzung, die aktuelle Produktion in den Unternehmen zu charakterisieren. Dabei bilden der gewählte Fertigungsansatz und der Ablauf der Entwicklung und der Produktion ein zentrales Analysegebiet. Die vordergründigen Zielsetzungen der Unternehmen hinsichtlich des Produktionsablaufs und im Beschaffungsbereich veranschaulichen, welcher Fokus in der Unternehmenspraxis vorherrscht.

Das eingesetzte Fertigungsverfahren bildet den Ausgangspunkt dieses Untersuchungsbereiches. Es zeigt sich, dass bei einer Vielzahl der befragten Unternehmen aktuell mehrere Fertigungsverfahren zum Einsatz kommen.

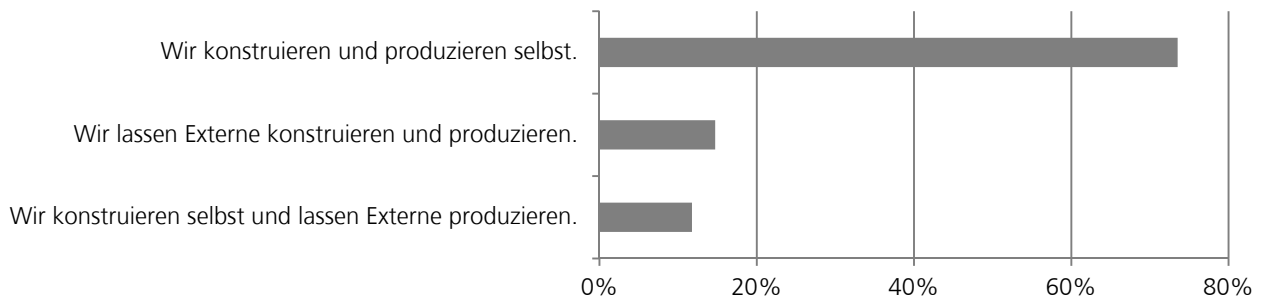


Mehrfachnennungen möglich

Fertigungsansatz in der Unternehmenspraxis

Im Detail wird hier ersichtlich, dass die Serienfertigung bei 39 % der teilnehmenden Unternehmen zum Einsatz kommt und damit den dominantesten Fertigungsansatz darstellt. Die Fertigungsverfahren der Einzelfertigung in Form einer Einmalfertigung werden von 36 % und der Einzelfertigung in Form der Wiederholfertigung von 35 % der teilnehmenden Unternehmen verwendet. Mit deutlichem Abstand folgt der Fertigungsansatz der Massenfertigung und der Sortenfertigung, die von jeweils 13 % bzw. 12 % der befragten Unternehmen eingesetzt werden.

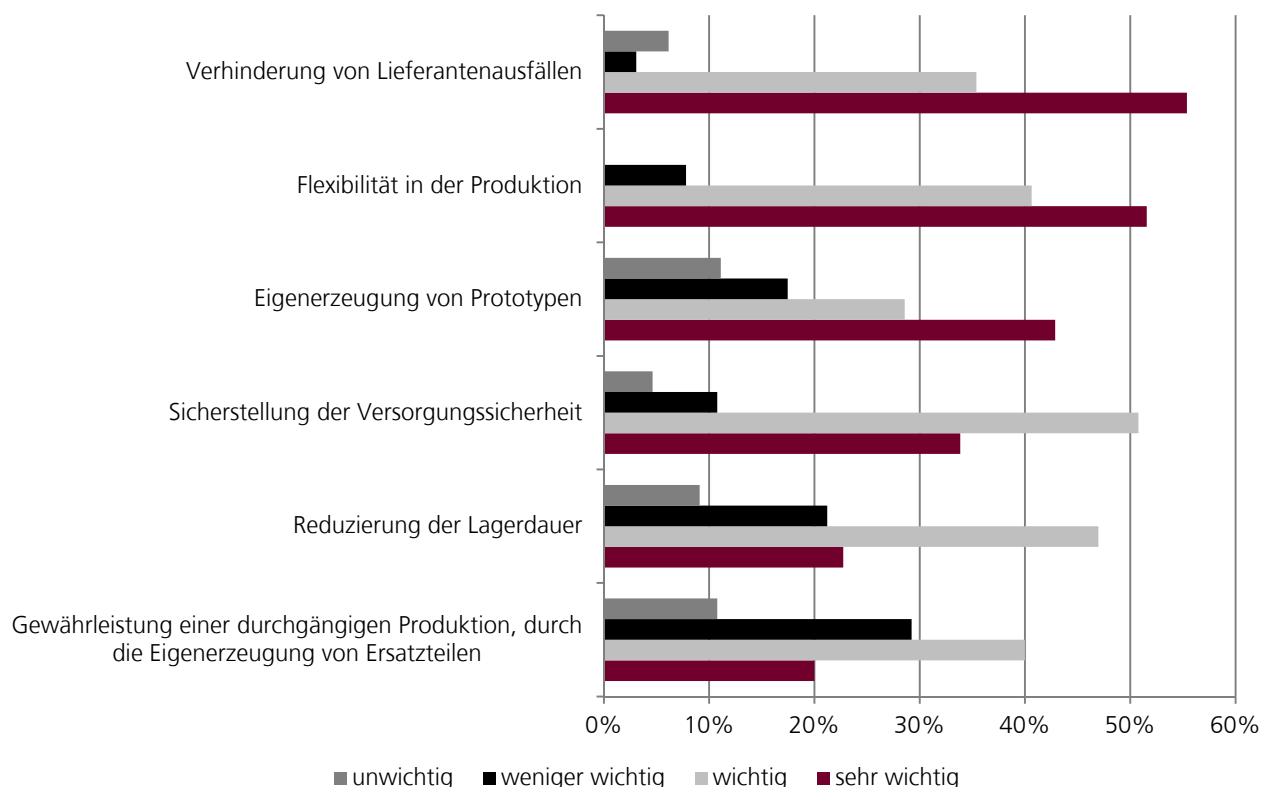
Der überwiegende Teil der Studienteilnehmer vereint Konstruktion bzw. Entwicklung und Produktion im eigenen Haus.



Ablauf der Entwicklung und Produktion im Unternehmen

Konkret gaben 73 % der befragten Unternehmen an, sowohl selbst zu konstruieren als auch selbst zu produzieren. 15 % der Unternehmen gaben im Weiteren an, dass externe Partner die Konstruktion und die Produktion übernehmen. Hier zeigt sich der Ansatz eines tiefgreifenden Outsourcing-Prozesses. Bei ca. 12 % der Unternehmen erfolgt die Konstruktionsarbeit im Hause und der Fertigungs-/ bzw. Produktionsprozess wird extern zugekauft.

Die vordergründigen Zielsetzungen im Produktions- und Beschaffungsprozess lassen sich wie nachfolgend dargestellt veranschaulichen.



Primäre Zielsetzungen im Produktions- und Beschaffungsprozess in der Unternehmenspraxis

Die Verhinderung von Lieferantenausfällen und die Flexibilität in der Produktion sind für die Mehrheit der befragten Unternehmen von größter Relevanz und auch die wichtigsten Zielsetzungen, um auch zukünftig

den steigenden Kundenbedürfnissen gerecht zu werden. Die Aufrechterhaltung der Versorgungssicherheit betrachtet die Mehrheit der Unternehmen als wichtig bzw. als sehr wichtig (mehr als 80 %). Somit kann die Vermeidung von Betriebsunterbrechungen und die Aufrechterhaltung einer stabilen Lieferkette, im Sinne eines proaktiven Risikomanagements⁴⁶, als wesentliche Zielsetzung der Unternehmungen angeführt werden.

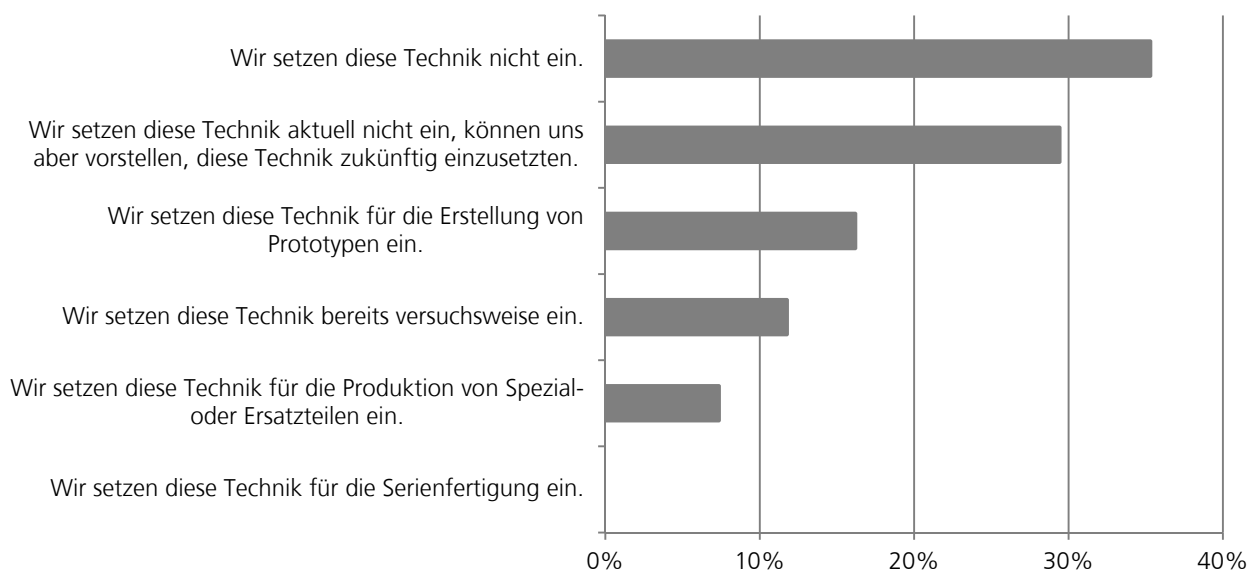
Des Weiteren erachten 43 % der Unternehmen die Eigenerzeugung von Prototypen als sehr wichtig und 29 % als wichtige unternehmerische Zielsetzung. Einen wichtigen Punkt stellt die Lageroptimierung bei den Unternehmen dar. So ist für ca. 40 % der Unternehmen die Reduzierung der Lagerdauer ein bedeutendes Themengebiet, was sich zusätzlich positiv auf das Working Capital auswirkt. Die Eigenerzeugung von Ersatzteilen zur Gewährleistung einer durchgängigen Produktion wird von Unternehmen recht unterschiedlich eingeschätzt. So schätzen 40 % dieses Ziel als wichtig ein, jedoch auch 29 % als weniger wichtig. Tendenziell stellt dieser Aspekt aber eine zu berücksichtigende Prämisse im Zusammenhang mit den primären unternehmerischen Zielsetzungen der Studienteilnehmer dar.

⁴⁶ Siehe zu den wesentlichen Risiken auch Allianz SE und Allianz Global Corporate & Specialty SE (2016), S. 1 ff.

Einsatz der 3D-Drucktechnik in mittleren und großen Unternehmen in Österreich

In diesem Abschnitt wird dargestellt, wie Unternehmen die allgemeine Situation rund um die 3D-Technologie einschätzen. Dadurch soll erhoben werden, wie die Unternehmenspraxis den Stand der Technik zurzeit bewerten. Dazu wird der Reifegrad der 3D-Drucktechnik in der Produktion analysiert und mögliche Veränderungen in der Fertigung, die aufgrund der 3D-Technik resultieren, dargestellt. Darüber hinaus wurde untersucht, ob Unternehmen externe 3D-Druckdienstleister in Anspruch nehmen und welche Kriterien bei einer Anschaffung eines 3D-Druckers von Bedeutung sind.

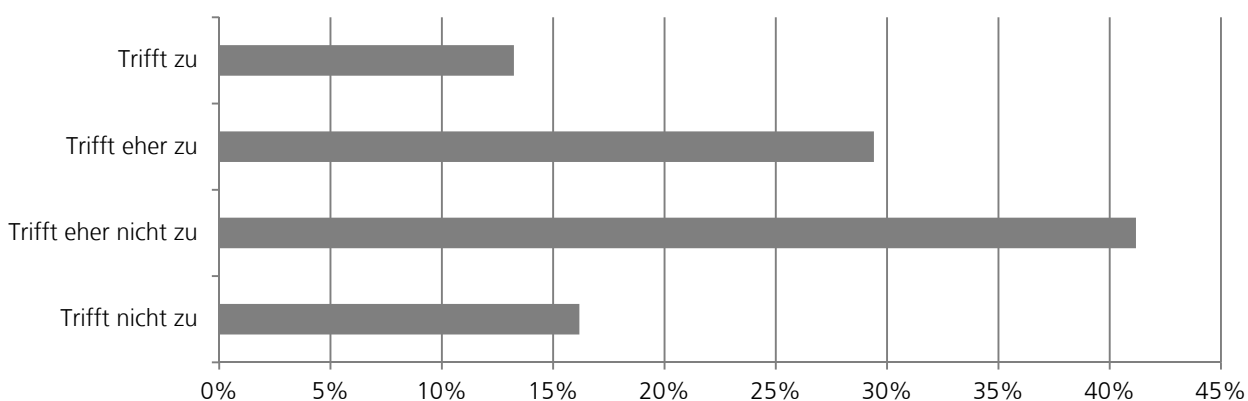
Die folgende Fragestellung zeigt die aktuelle Rolle der 3D-Drucktechnik in den befragten Unternehmen auf und versucht ein erstes Verbreitungsbild zum Einsatz dieser Technologie in der Unternehmenspraxis darzustellen. In diesem Zusammenhang zeigt sich, dass ca. 64 % der befragten Unternehmen zum jetzigen Zeitpunkt diese Technik noch nicht einsetzen.



Derzeitige Rolle der 3D-Drucktechnik im Unternehmen

Weitere 29 % der Unternehmen gaben an, diese Technik zwar jetzt noch nicht einzusetzen, sich aber einen zukünftigen Einsatz dieser Technik sehr wohl vorstellen zu können. 16 % der Unternehmen haben diese Technologie bereits in Verwendung und setzen diese konkret bei der Erzeugung von Prototypen ein. Bei ca. 12 % der Unternehmen wird diese Technik versuchsweise eingesetzt und 7 % der Unternehmen setzen den 3D-Druck gezielt für die Fertigung von Spezial- oder Einzelteilen ein. Der Einsatz der 3D-Drucktechnologie findet aktuell in der Serienfertigung noch keine konkrete Anwendung.

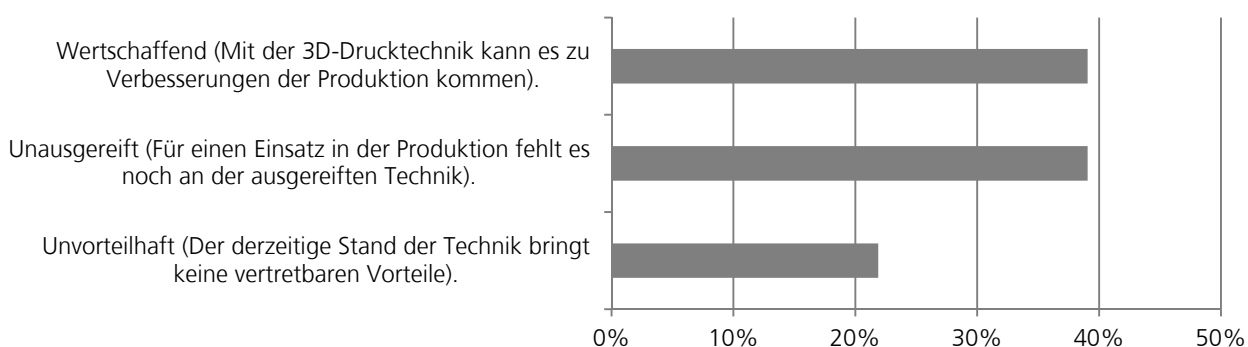
Das Outsourcing des 3D-Drucks an externe Dienstleister bzw. die externe Inanspruchnahme dieser Technologie stellt für die österreichischen Unternehmungen derzeit noch keine weit verbreitete Servicedienstleistung dar. Für die Mehrheit der Unternehmungen, ca. 58 %, ist die externe Nutzung der 3D-Drucktechnik aktuell eher nicht bzw. nicht denkbar.



Inanspruchnahme von externen 3D-Druckdienstleistungen

Dieser Ansatz birgt aber zukünftig ein entsprechendes erkennbares Potenzial, da dadurch die Flexibilität der Unternehmen erhöht wird und eine Eigeninvestition in die Hardware und Software nicht zwingend erforderlich ist, um diese Technologie aktiv zu nutzen. Dies zeigt sich bereits dadurch, dass ca. 13 % der befragten Unternehmen angeben, einen externen 3D-Druckdienstleister in Anspruch nehmen zu wollen und weitere 29 % der Unternehmen können sich vorstellen, diese Dienstleistung eventuell extern zu beanspruchen.

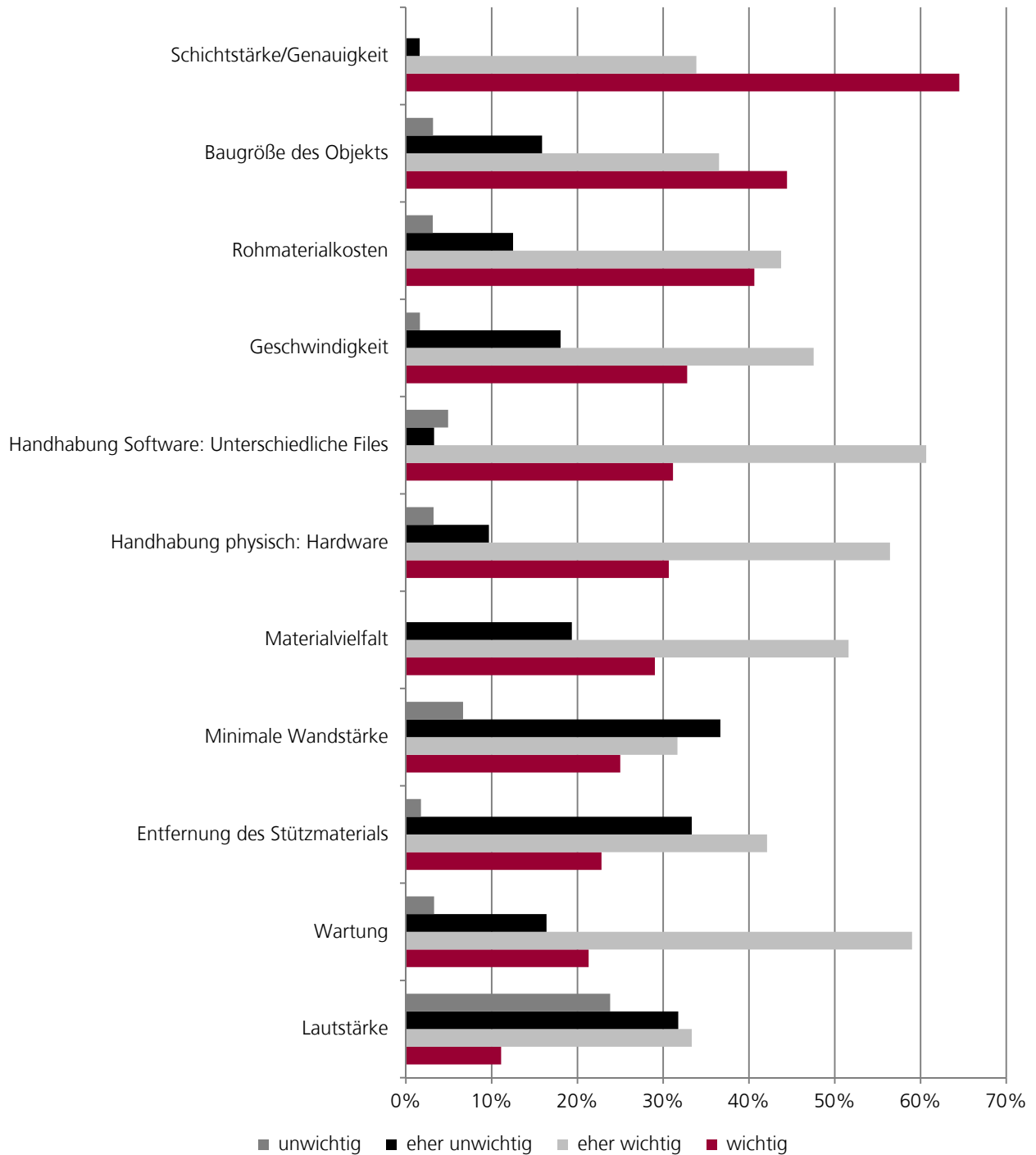
Den aktuellen Reifegrad von 3D-Druckern, in der Produktion, zeigt nachfolgende Darstellung.



Reifegrad der 3D-Drucktechnik in der Produktion

Insgesamt wird ersichtlich, dass mehr als ein Drittel der Unternehmen eine positive Affinität zur 3D-Drucktechnik haben und diese als wertschaffend charakterisieren und es durch deren Einsatz zu Verbesserungen in der Produktion kommt. Für ca. 39 % der Unternehmen ist der technische Reifegrad noch zu gering, um eine positive Wirkung auf die Produktion zu erzielen. Lediglich 22 % sind der Meinung, dass der derzeitige Stand der Technik keine erkennbaren und vertretbaren Vorteile mit sich bringt.

Beim 3D-Druck entsteht aus einer Idee schnell ein Design und daraus ein fertiges Produkt – ein neuer Fertigungsprozess, der einen beachtlichen Einfluss auf die Effizienz des Produktionsablaufes haben kann. Die wichtigsten Parameter für die Anschaffung eines 3D-Druckers spiegeln diese Tatsache wieder.

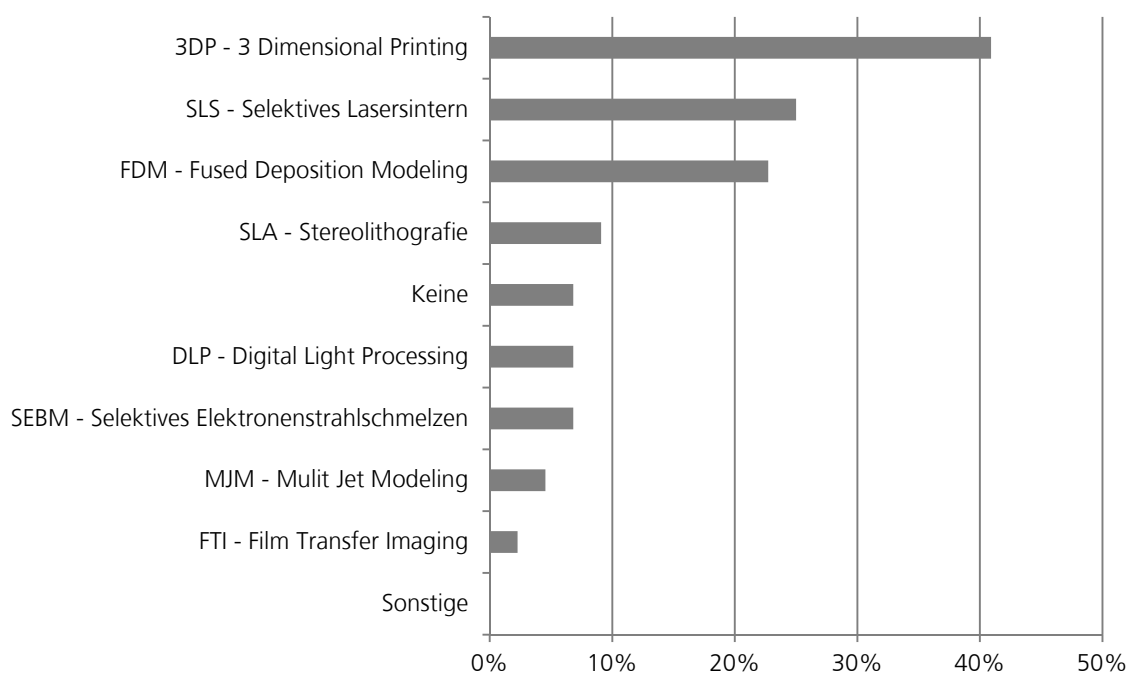


Wichtige Kriterien für die Anschaffung eines 3D-Druckers

Wenn Unternehmen einen 3D-Drucker einsetzen bzw. anschaffen, ist für diese insbesondere die realisierbare Schichtstärke bzw. die Genauigkeit des Druckobjektes essentiell (65 %). Außerdem werden die mögliche Baugröße des Objektes und die Rohmaterialkosten von einem Großteil der Unternehmen als wichtig bzw.

eher wichtig eingestuft. Die Handhabung und die Hardware des 3D-Druckers sind für zahlreiche Unternehmen ein wesentliches Entscheidungskriterium. Lediglich 3 % der Unternehmen stufen dieses Kriterium als unwichtig ein. Die mögliche Materialvielfalt ist für mehr als die Hälfte (52 %) der befragten Unternehmen ein wichtiges Entscheidungskriterium, wenn es um die Anschaffung eines 3D-Druckgerätes geht.

Aktuell zeigt sich ein breites Spektrum an unterschiedlichen Technologien, welche im Zusammenhang mit dem 3D-Drucker in den Unternehmen zum Einsatz kommen. Das Verfahren des 3DP – 3 Dimensional Printing – ist gegenwärtig die am häufigsten in Verwendung befindliche Technologie, und ca. 41 % der befragten Unternehmen setzen dieses Verfahren ein.

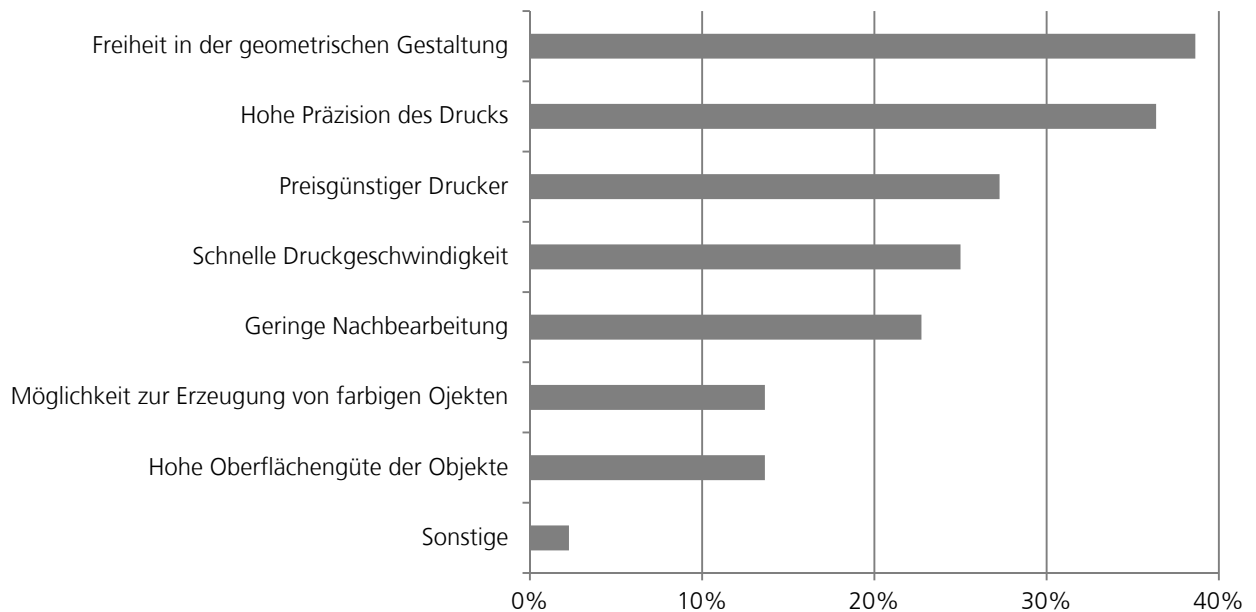


Mehrfachnennungen möglich

In der Unternehmenspraxis im Einsatz befindliche 3D-Druck-Technologie

Ebenfalls weit verbreitet ist die Technologie des SLS – Selektives Lasersintern – mit 25 % und das Verfahren FDM – Fused Deposition Modeling – mit 23 %. In weiterer Folge findet noch die SLA – Stereolithografie – (9 %), das SEBM – Selektives Elektronenstrahlschmelzen – sowie das DLP – Digital Light Processing – mit jeweils 7 %, das MJM – Multi Jet Modeling – mit 5 % und das FTI – Film Transfer Imaging – mit 3 % eine Anwendung im unternehmerischen Produktionsprozess. Lediglich 7 % der befragten Unternehmen gaben an, zurzeit keine der angegebenen Techniken einzusetzen bzw. sinnvoll einsetzen zu können. Es zeigt sich somit das erhebliche Potenzial dieser Technologie, da für ca. 93 % der Unternehmen diese Technologie anwendbar ist bzw. wäre.

Die wesentlichen Vorteile, die sich aus dem Einsatz der 3D-Drucktechnologie in den Unternehmen ergeben, sind sehr vielfältig, wobei die Freiheit in der geometrischen Ausgestaltung der Druckobjekte (39 %) und die hohe Präzision, welche durch dieses Fertigungsverfahren (36 %) erzielt werden kann die am häufigsten identifizierten Vorteile (siehe dazu nachfolgende Abbildung) sind.

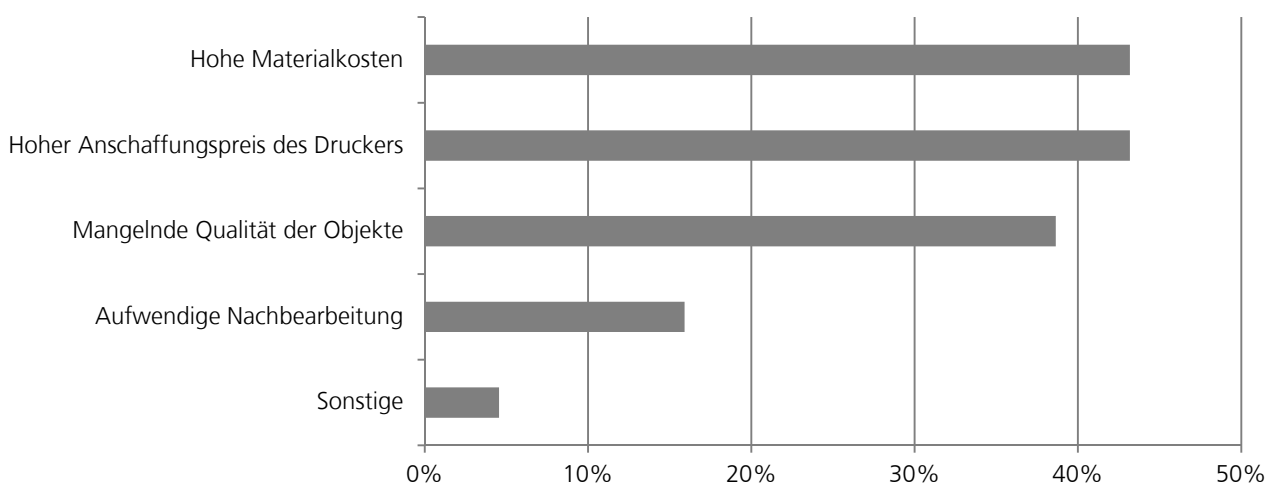


Mehrfachnennungen möglich

Konkrete Vorteile für die Unternehmen aufgrund der im Einsatz befindlichen Verfahren

Weitere Vorzüge, welche sich durch den Einsatz der additiven Fertigung konkret nennen lassen sind der geringe Nachbearbeitungsaufwand, die hohe Oberflächengüte, die Flexibilität in der Fertigung und geringere Produktionskosten gegenüber Spritzguss bei kleiner Losgröße. Insgesamt lässt sich dadurch der Fertigungsprozess in gewissen Bereichen wesentlich optimieren und der 3D-Druck ist für komplexe Arbeiten ideal geeignet.

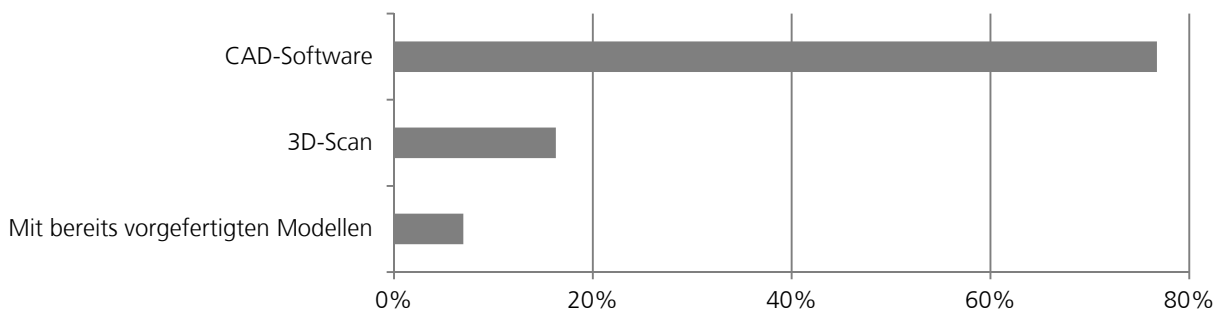
Die derzeitigen Schwächen, welche diese Technologie aktuell noch mit sich bringt sind die teilweise sehr hohen Kosten. So stellen die Anschaffungs- bzw. Investitionskosten für einen 3D-Drucker (43 %) und die Kosten für die Spezialmaterialien (43 %) für Unternehmen derzeit die wesentlichen Nachteile dar.



Mehrfachnennungen möglich

Aktuelle Nachteile der 3D-Druck-Technologie

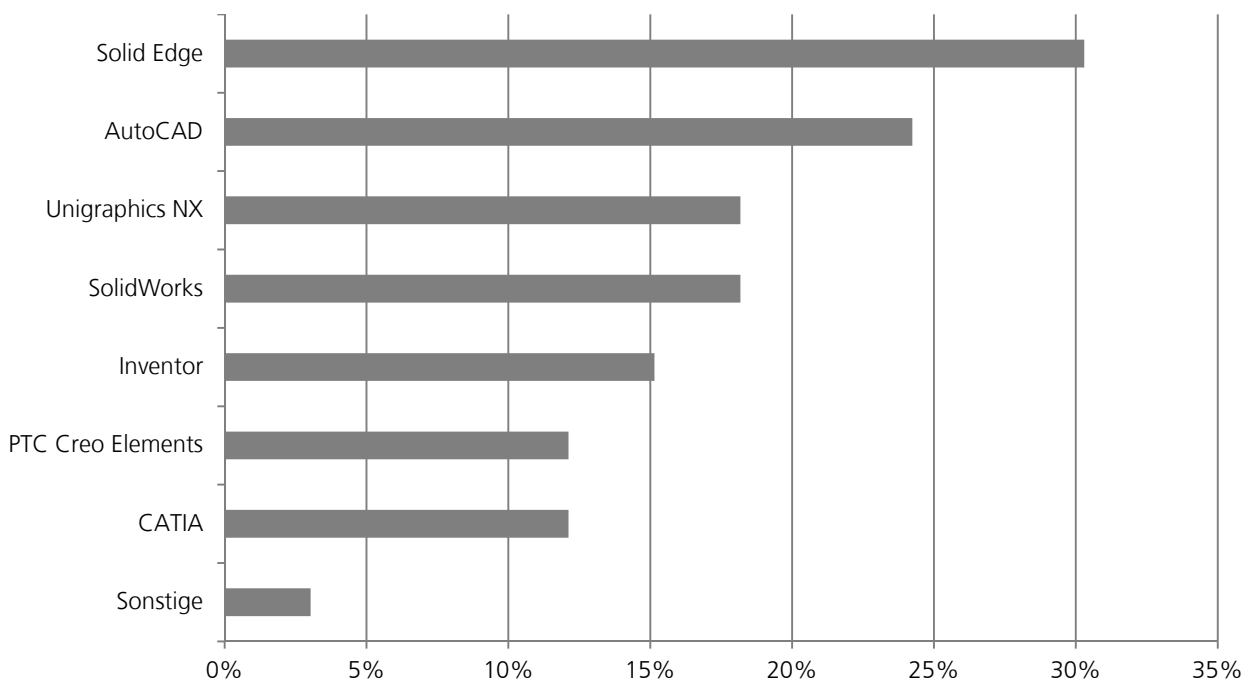
Eine wesentliche Fragestellung im Zusammenhang mit dem 3D-Druck stellt das Thema der Erstellung von Modellen dar. Hier arbeitet der Großteil der Unternehmen mit diversen CAD-Softwareprodukten. Insgesamt greifen 77 % der teilnehmenden Unternehmen bei der Modellerstellung auf eine CAD-Software zurück.



Eingesetzte Technik zur Erstellung der Modelle

Weitere 16 % verwenden 3D-Scans für diesen Zweck und 7 % der befragten Unternehmen gaben an, hier mit vorgefertigten Modellen zu arbeiten.

Die sich im Detail im Einsatz befindlichen CAD-Softwarelösungen sind mannigfaltig. Jedoch lässt sich eindeutig die Software Solid Edge, mit 30 %, als die am häufigsten in Verwendung befindliche CAD-Lösung identifizieren. Es zeigt sich weiters, dass einige Unternehmen mehr als ein einziges CAD-System einsetzen.



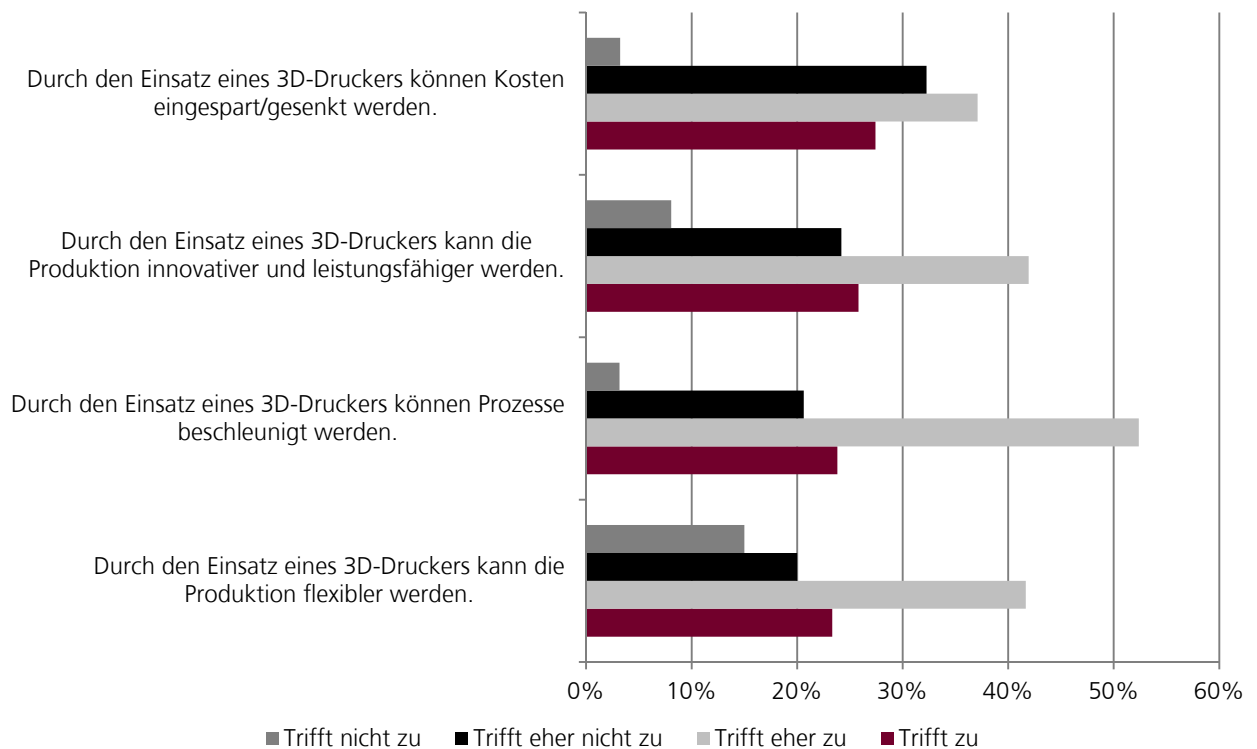
Mehrfachnennungen möglich

Verwendete CAD-Software zur Erstellung der Modelle

Weitere 24 % der befragten Unternehmen gaben an, AutoCAD für die Erstellung von Entwürfen zu verwenden. Im Weiteren kamen Unigraphics NX und SolidWorks in jeweils 18 %, Inventor in 15 %, PTC Creo Ele-

ments und CATIA in 12 % der teilnehmenden Unternehmen zum Einsatz. Weitere 3 % der Unternehmen arbeiten zu diesem Zweck mit anderen Softwareprodukten wie zB. 123D Design von Autodesk.

Mögliches Zukunftsszenario – Die Fabrikhalle von morgen ist ein einzelnes Gerät: 3D-Drucker ermöglichen die schnelle und präzise Produktion komplexer und leichter Bauteile.⁴⁷ Der Industrie bietet das additive Fertigungsverfahren dadurch zahlreiche Vorteile und wirkt sich auch auf die Fertigungstiefe in den Unternehmen aus.



Auswirkung auf Fertigungstiefe aufgrund des Einsatzes eines 3D-Druckers

Dass durch den Einsatz eines 3D-Druckers eine Optimierung bei den Kosten erzielt werden kann wird von den Unternehmen grundsätzlich positiv gesehen. So sind insgesamt 64 % der Studienteilnehmer der Ansicht, dass Kosteneinsparungs- bzw. -optimierungspotentiale realisiert werden können. Ungefähr ein Drittel sind der Ansicht, Kosteneinsparungen sind aktuell durch diese Technologie schwer zu erzielen (siehe dazu auch bei den „Aktuellen Nachteilen der 3D-Druck-Technologie“). Obige Darstellung zeigt zudem, dass die Produktion durch den Einsatz von 3D-Druckern innovativer, leistungsfähiger und vor allem flexibler werden kann. Über 50 % sind auch der Auffassung, dass durch die 3D-Drucktechnik die Prozesse beschleunigt werden können. Nur für 3 % der Unternehmen trifft diese Aussage nicht zu.

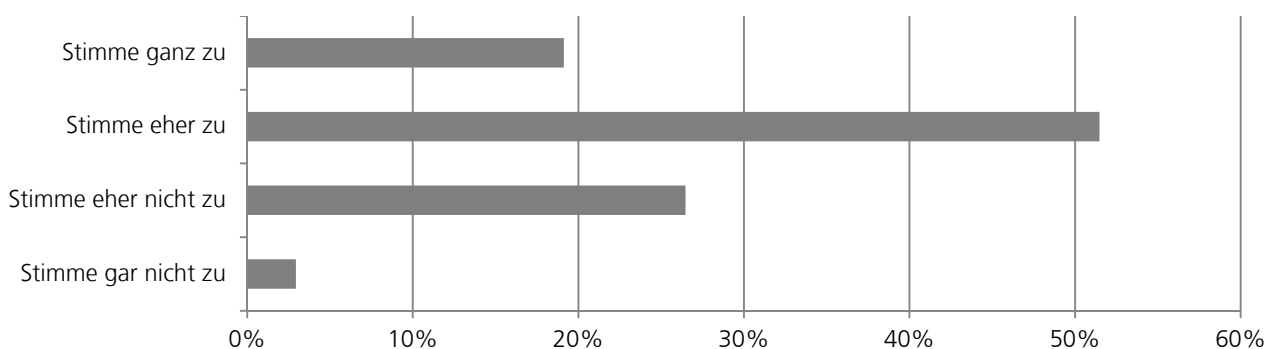
Insgesamt sind sich die befragten Unternehmen einig, dass der Einsatz eines 3D-Druckers durchaus erkennbare Vorteile in der Fertigung entstehen lässt, da vor allem Prozesse beschleunigt, die Produktion verbessert und flexibler gestaltbar wird.

⁴⁷ Vgl. o.V. (2015), S. 14

Zukünftige Entwicklungen und Auswirkung der 3D-Drucktechnik auf die Industriewirtschaft

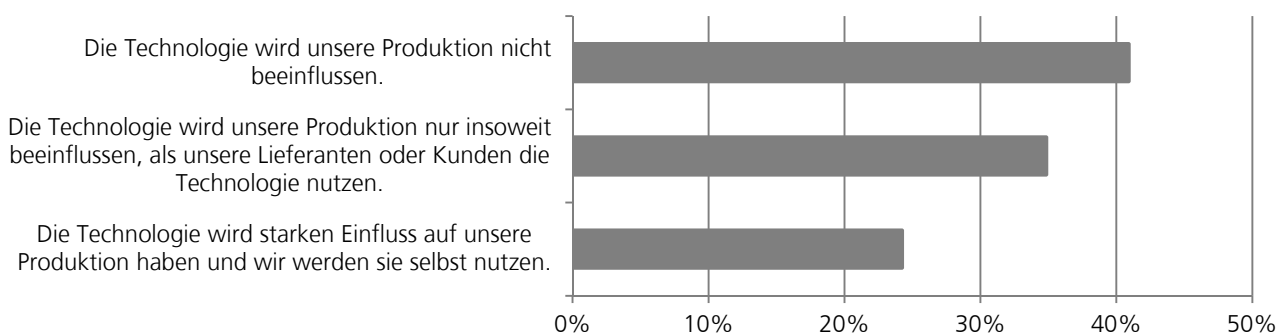
Dieses Kapitel widmet sich der zukünftigen Entwicklung und den möglichen Auswirkungen bzw. Potenzialen, welche sich durch den Einsatz der 3D-Drucktechnologie für die Unternehmen ergeben. Dazu wurde einerseits die Auswirkung bzw. die Bedeutung dieses Fertigungsverfahrens für die jeweilige Branche aber auch für den Produktionsprozess in den Unternehmen erhoben. Abschließend wurde auch das Thema der möglichen Auslagerung von Produktionsprozessen an Konsumenten mithilfe der 3D-Drucktechnik analysiert.

Die Erwartungshaltung bzgl. einer zunehmenden Bedeutung dieser Technik und die Auswirkung auf die jeweilige Branche zeigt, dass ein Großteil der Unternehmen (ca. 71 %) davon ausgeht, dass die Bedeutung für die Branche zunehmen wird.



Zukünftige Bedeutung von 3D-Druckern für die Unternehmen

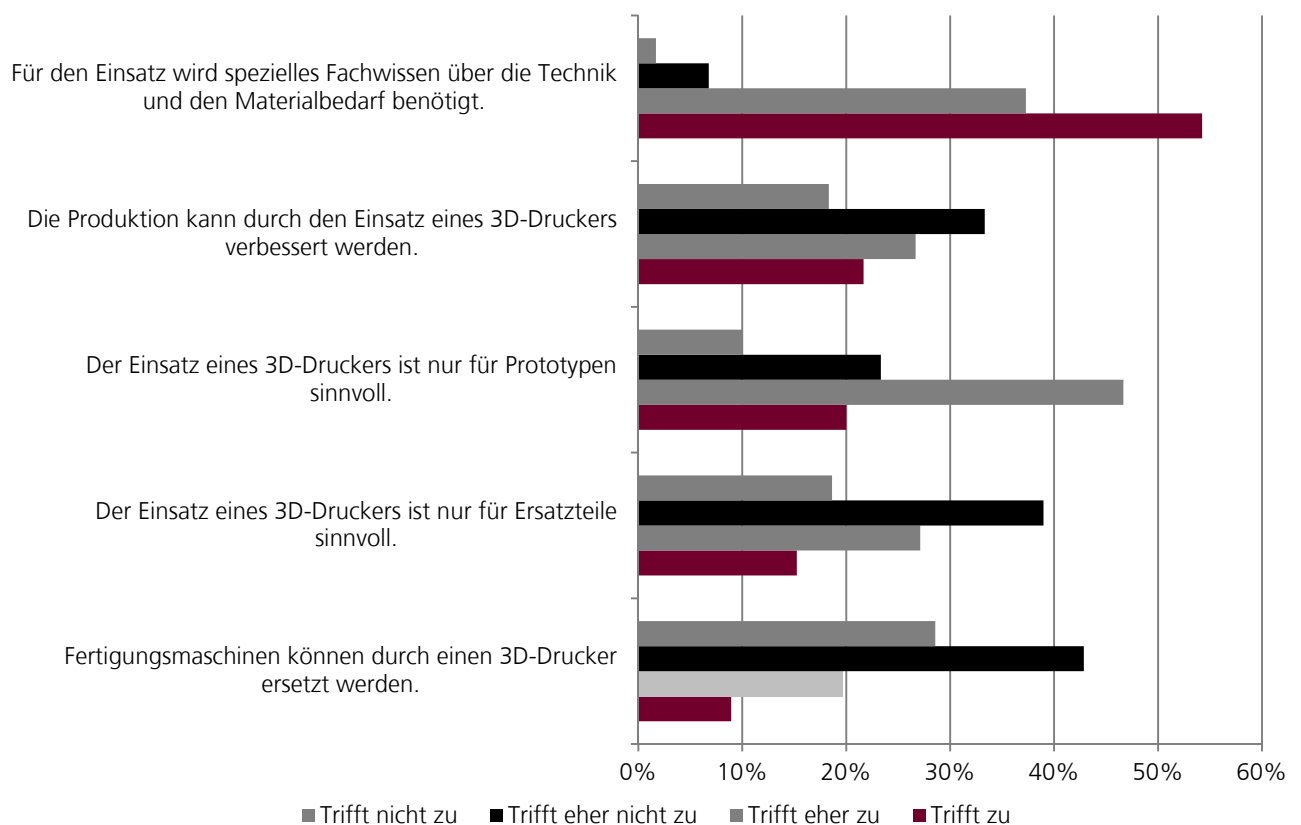
Hingegen gehen lediglich 26 % eher nicht davon aus bzw. sind nur 3 % der Auffassung, dass die Bedeutung der 3D-Drucktechnologie zukünftig in der jeweiligen Branche nicht an Bedeutung gewinnen wird. Es zeigt sich in eindeutiger Weise eine steigende Erwartungshaltung bzgl. der Wichtigkeit dieser Technologie.



Zukünftiger Einfluss der 3D-Druck-Technologie auf den Produktionsprozess

Die Einschätzung der Unternehmen hinsichtlich des Einflusses des 3D-Drucks auf deren Produktion (obige Abbildung) und die eingesetzten Produktionsverfahren zeigt, dass mehr als 24 % davon ausgehen, dass in Zukunft diese Technologie einen starken Einfluss auf den jeweiligen Produktionsprozess haben wird und vermehrt in der Unternehmung zum Einsatz kommen wird. Eine indirekte Beeinflussung sehen ca. 35 % der Unternehmen dadurch, dass Kunden oder Lieferanten diese zukünftig einsetzen werden.

Analysiert man die Auswirkungen auf den Produktionsprozess der Unternehmungen im Detail, so zeigt sich nachfolgendes Ergebnis, wodurch die Unternehmen dieser Technologie grundsätzlich positive Aspekte abgewinnen und die Vorteile des 3D-Druckers klar überwiegen.



Auswirkung der 3D-Drucktechnologie auf den Produktionsprozess in Unternehmen

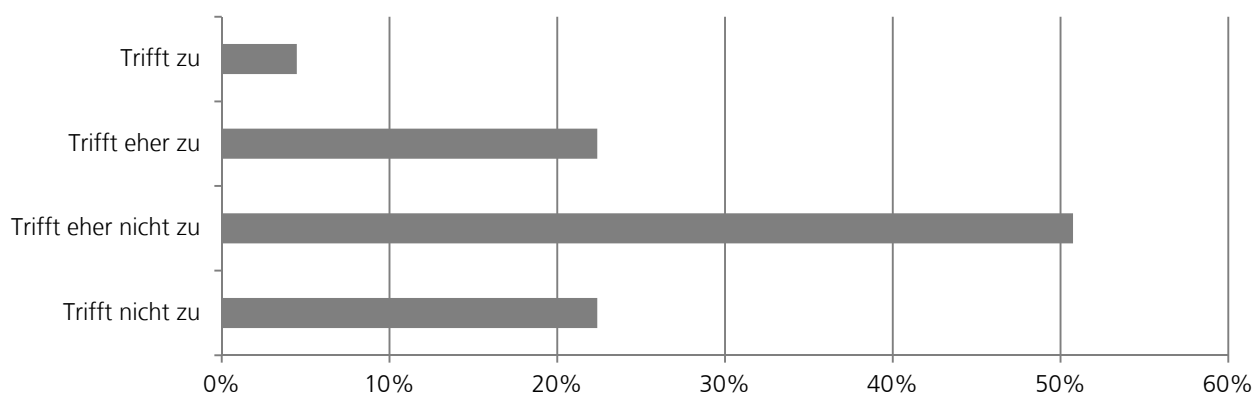
Einig sind sich die Unternehmen, dass der Einsatz dieser Fertigungstechnologie auch Auswirkungen auf das Qualifikationsprofil bzw. das Know-how⁴⁸ der Mitarbeiter haben wird. Hier sind 91 % der Unternehmung der Meinung, dass der Einsatz eines 3D-Druckers vertieftes technisches Fachwissen erfordert, aber auch entsprechende Kenntnisse zu den Materialien und deren Eigenschaften, welche zum Einsatz kommen sollen. Es zeigt sich hier also bereits eine eindeutige Erwartungshaltung seitens der Unternehmen, indem entsprechendes Fachwissen erforderlich ist bzw. aufgebaut werden muss.

Aktuell sehen knapp 50 % der Unternehmen durch den Einsatz der 3D-Drucktechnologie ein Verbesserungspotenzial im Produktionsprozess bzw. -ablauf. Eine eindeutige Tendenz ergibt sich durch den Einsatz dieser Technologie im Bereich der Prototypenfertigung. Mehr als 67 % der Unternehmen sehen den primären Ein-

⁴⁸ Vgl. dazu auch o.V. (2014), Onlinequelle [17.01.2016] und o.V. (2016), Onlinequelle [25.04.2016].

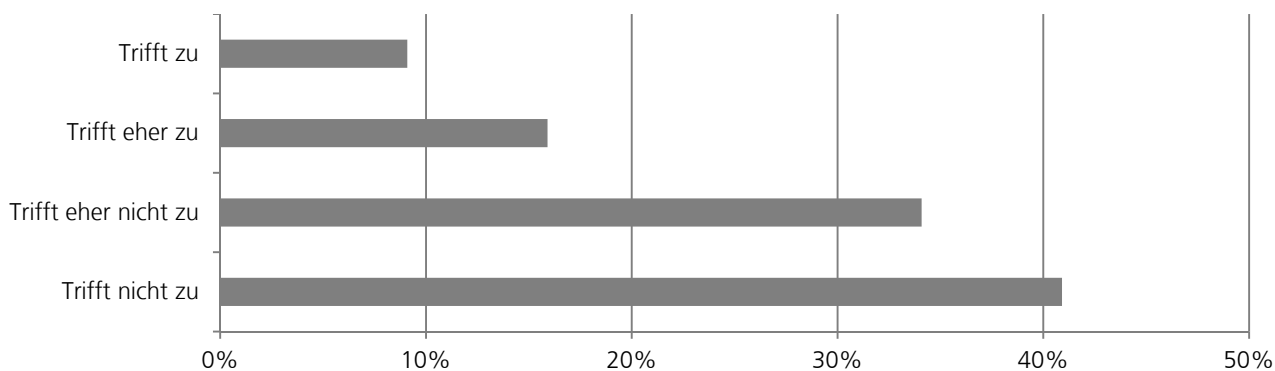
satz in der Prototypenfertigung und ca. 33 % gehen davon aus, dass der 3D-Drucker auch in anderen Anwendungsfällen an Relevanz gewinnen wird. Betrachtet man die Einsatzmöglichkeit hinsichtlich der Ersatzteillieferung, so sehen 42 % der teilnehmenden Unternehmen hier das vordergründige Einsatzgebiet für die 3D-Drucktechnik. Jedoch erwarten 58 % der Unternehmen ein erweitertes Betätigungsfeld für den 3D-Drucker, welcher über die Ersatzteilproduktion hinausgeht. Die Betrachtungsweise der Substitutionsfähigkeit der 3D-Drucktechnologie zeigt, dass die Unternehmen hier sehr wohl ein Potenzial (ca. 29 %) sehen, die Mehrheit der Studienteilnehmer (ca. 71 %) jedoch davon ausgeht, dass Fertigungsmaschinen nicht gänzlich ersetzt werden können. Somit rechnen die Unternehmen, dass in weiterer Folge eine bewusste Kombination aus den klassischen Produktionsmaschinen und den 3D-Druckern in der modernen Industrie die Fertigungsprozesse und -abläufe charakterisieren werden.

Die Möglichkeit, dass in Zukunft die Kunden eigenständig den Produktionsprozess durchführen, indem eine Auslagerung des Fertigungsprozesses an die Konsumenten stattfindet, dieser Zukunftsentwicklung, stehen die Unternehmen aktuell eher skeptisch gegenüber.



Verlagerung des Produktionsprozesses an die Konsumenten aufgrund des 3D-Druckers

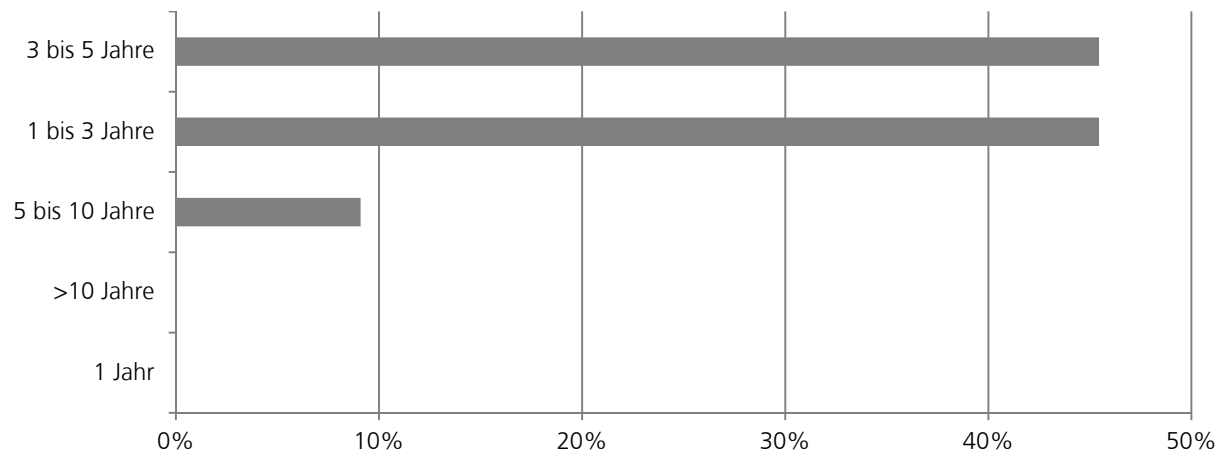
Konkret gaben 4 % der Unternehmen an, diese Entwicklung würde zutreffen und weitere 22 % sind der Ansicht, diese Entwicklung sei eher zutreffend. Das bedeutet, dass aktuell lediglich ca. 26 % diese Möglichkeit als ein realistisches Zukunftsszenario in Erwägung ziehen. Die Mehrheit der befragten Unternehmen gab mit 51 % bzw. 22 % jedoch an, die Erwartung dieser Entwicklung sei eher nicht zutreffend bzw. überhaupt unzutreffend. Somit geht die Unternehmenspraxis derzeit noch nicht von derartigen Tendenzen im Zusammenhang mit der 3D-Technik aus.



Unternehmen erstellen 3D-Druckdaten und Kunden eigenständig den Druckauftrag

Dass die Unternehmen für die Kunden die Druckdaten erstellen und der 3D-Druck vom Kunden eigenständig durchführt oder organisiert wird, diese Entwicklung stellt lediglich für eine geringe Anzahl an Unternehmen einen möglichen Entwicklungsschritt im Zusammenhang mit der additiven Fertigung dar. Der überwiegende Anteil (ca. 75 %) geht davon aus, dass sich diese Möglichkeit nicht durchsetzen wird.

Diejenigen Unternehmen, die diese Möglichkeit in Betracht ziehen, geben an, dass frühestens in einem Jahr mit derartigen Entwicklungstrends zu rechnen ist. Ein Zeithorizont von mehr als zehn Jahren ist für keines der Unternehmen in diesem Zusammenhang aktuell vorstellbar.



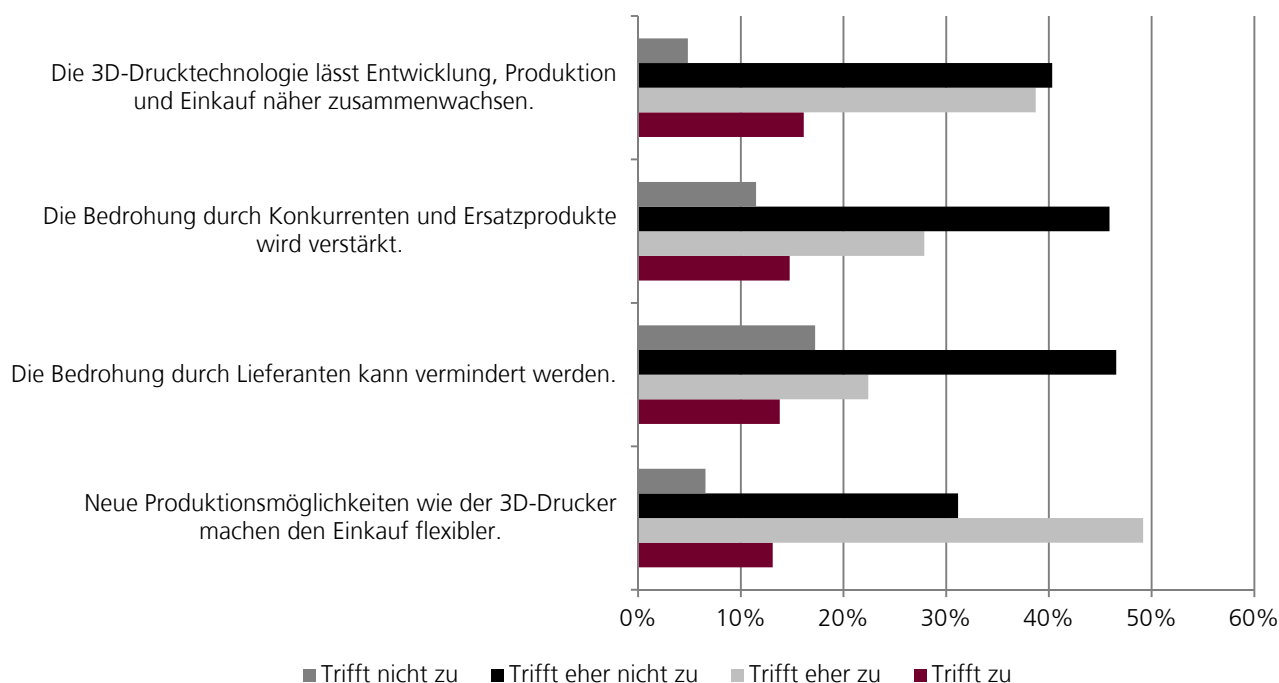
Zeitraum, indem mit dieser Entwicklung zu rechnen ist

Der Großteil der Studienteilnehmer rechnet – wenn überhaupt – mit einer derartigen Entwicklung in erkennbarem Ausmaß frühestens innerhalb der nächsten ein bis fünf Jahre. Grundsätzlich spielt aktuell diese Thematik bei den Unternehmen keine wesentliche Rolle und die flächendeckende bzw. eine umfassende Anwendung dieser 3D-Druckmöglichkeit wird von den Industriebetrieben als sehr unwahrscheinliches Anwendungsfeld der additiven Fertigung charakterisiert.

Advanced Manufacturing als zentraler Bestandteil auf dem Weg zum Einkauf 4.0

Während die traditionelle Funktion des Einkaufs im Wesentlichen in der Beschaffung von Materialien und Rohstoffen bestand, gehen die heutigen und zukünftigen Aufgaben⁴⁹ deutlich weiter. Aus einer früheren reinen Bestellabteilung ist eine wichtige Unternehmensfunktion geworden, welche einen zunehmenden Einfluss auf die strategischen Unternehmensentscheidungen ausübt – vom Einkauf zum Einkauf 4.0.

Die Aufgabe jeder Beschaffungsorganisation ist es, die Geschäftsbedürfnisse des eigenen Unternehmens mit den Fähigkeiten der Lieferanten zu verbinden. Hierunter versteht man, die internen Geschäftsbedürfnisse durch effektives Management mit den externen Lieferantenfähigkeiten so zu verbinden, dass ein nachhaltiger Wettbewerbsvorteil für das Unternehmen entsteht. Diese Anforderung unterliegt einem ständigen Wandel, wodurch sich auch die Beschaffungsorganisation ständig weiterentwickeln muss.⁵⁰ Der Trend zur Digitalisierung⁵¹, neue Technologien sowie das Advanced Manufacturing mit der 3D-Drucktechnologie hat auch Folgen für die Zukunft des Einkaufs. So lassen diese Entwicklungen den Einkauf, die Entwicklung, die Qualitätssicherung und die Produktion näher zusammenwachsen, wodurch sich für Unternehmen auch zahlreiche Chancen in Form von Wettbewerbsvorteilen (z.B. in der Materialentwicklung, Individualisierung der Produkte, Optimierung bzw. Verkürzung der Supply Chain, etc.) ergeben können.



Potenziale zur Erzielung von Wettbewerbsvorteilen durch den Einsatz der 3D-Drucktechnologie

⁴⁹ Siehe THEUERMANN (2011), S. 111 f.

⁵⁰ THEUERMANN, FORSTINGER (2014), S. 1

⁵¹ Siehe dazu auch HENKE (2016), S. 28 ff.

Der 3D-Druck erfasst in weiterer Folge vordergründig jene Branchen, wo sich die additive Fertigung als leistungsfähiger, schneller, einfacher, effektiver, effizienter, nachhaltiger, preisgünstiger und kundengerechter (individueller) erweist und mehr Kreativität als die klassische Fertigung erlaubt. So wird diese Technologie auch die Serienfertigung beeinflussen, da es mitunter zukünftig wirtschaftlich sein wird, Produkte kundenspezifisch anzupassen und bedarfsgerecht zu fertigen. Dies führt dazu, dass die 3D-Drucktechnologie ein wesentlicher Aspekt im Zusammenhang mit zukünftigen Wettbewerbsvorteilen von Unternehmen einnehmen wird.

Eine engere Verflechtung der unternehmensinternen Bereiche (Produktion, Einkauf, Konstruktion, etc.) sehen grundsätzlich mehr als 55 % der teilnehmenden Unternehmen, bei der Anwendung der 3D-Drucktechnik im Fertigungsprozess. Eine verstärkte Bedrohung durch den Wettbewerb und eine vermehrte Substitutionsgefahr bzgl. der eigenen Produkte sehen ca. 43 % der Unternehmen aufgrund einer zunehmenden Bedeutung der 3D-Drucktechnik. Die Unternehmen gehen somit davon aus, dass der 3D-Drucker keine primäre Konkurrenz darstellt, sondern vordergründig die eigene Supply Chain aufgrund der steigenden Flexibilität, Verfügbarkeit und Individualisierungsmöglichkeiten positiv beeinflussen wird.

Der Einsatz der 3D-Drucktechnologie wird sich in weiterer Folge auch auf die Lieferantensituation in den Unternehmen auswirken.⁵² Insbesondere im Bereich des Rapid Prototyping⁵³ ergeben sich hier neue Perspektiven für Unternehmen, um die Verfügbarkeit und Flexibilität zu erhöhen. Die Risikosituation, welche durch die Lieferantenbeziehungen auf die Unternehmen wirkt, lässt sich durch den Einsatz der 3D-Drucktechnik verbessern, wobei eine gänzliche Elimination des Lieferantenrisikos⁵⁴ nicht realisierbar ist, da auch beim Einsatz des 3D-Druckers entsprechend neue Risikoaspekte (Verfügbarkeit des Materials, Technologierisiko etc.) entstehen. Dies spiegelt auch die aktuelle Umfrage wieder, da ca. 63 % der Unternehmen davon ausgehen, dass eine merkliche Reduktion der Risiken, ausgehend von der Lieferantenseite nicht gänzlich reduziert werden können. Zumindest 37 % der Unternehmen sehen aber durch den Einsatz der 3D-Drucktechnik in der Unternehmung ein entsprechendes Potenzial, das Lieferantenrisiko zu reduzieren.

Neue Produktionsmöglichkeiten und Technologien, wie z.B. der 3D-Drucker machen den Einkauf flexibler⁵⁵ und führen dazu, dass in gewissen Situationen die Abhängigkeit von Lieferanten reduziert werden kann, aber auch eine engere Lieferantenbeziehung, aufgrund des Einsatzes der additiven Fertigung kann sich wertschöpfend auf die Lieferantenbeziehung auswirken. Das der 3D-Drucker zu einer Steigerung der Flexibilität in der Beschaffungsorganisation führt, wird von ca. 62 % (trifft zu bzw. trifft eher zu) der Unternehmen in Österreich bestätigt.

Industrie 4.0 erfordert auch entsprechende Anpassungen in den traditionell ausgerichteten Einkaufsorganisationen. Dies bedeutet eine zunehmende Entfernung von den statischen Funktionen der reinen Beschaffung

⁵² Vgl. dazu o.V. (2015), S. 14

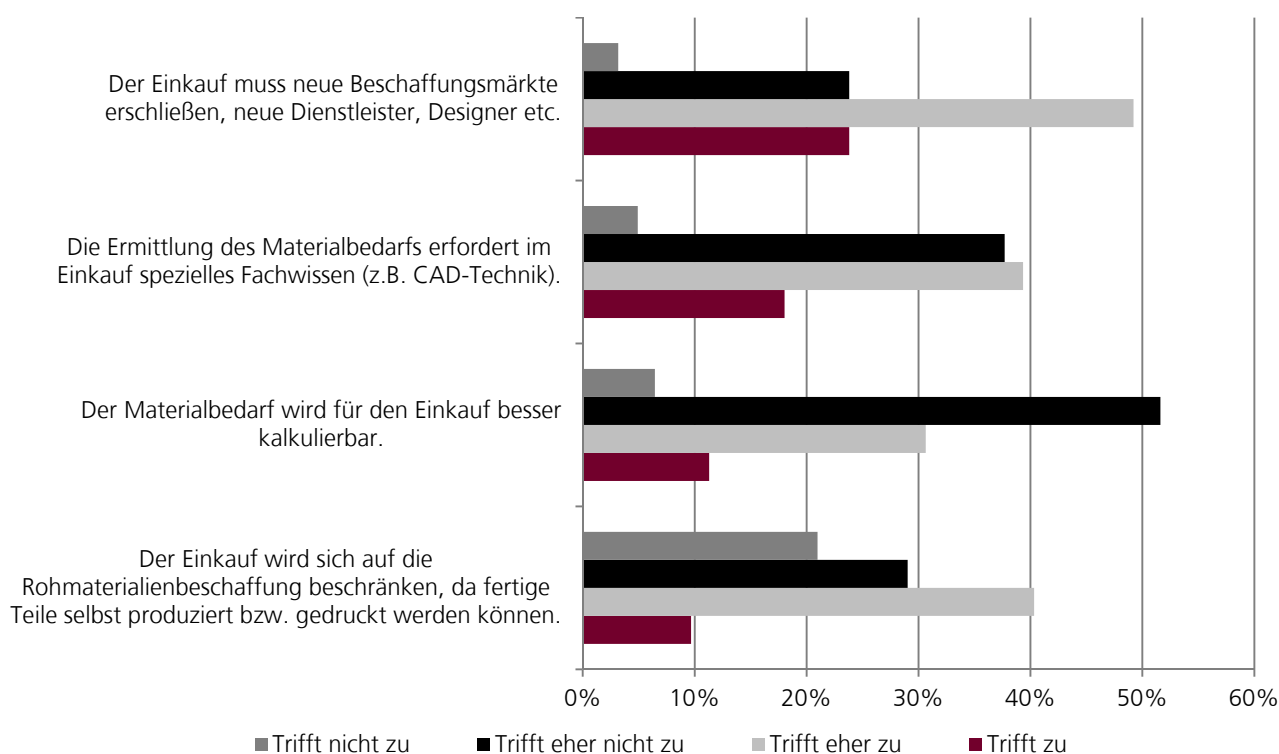
⁵³ Rapid Prototyping ist ein Produktionsverfahren, bei dem die Formgebung nicht wie z.B. beim Drehen, Fräsen oder Hobeln durch Abtragen erfolgt, sondern das Bauteil entsteht durch Auftragen von Volumenelementen, in der Regel von mehreren Schichten in individuellen Schichtstärken und unter Anwendung unterschiedlicher Materialien. Rapid Prototyping wird deshalb auch als „Generatives Fertigungsverfahren“ bezeichnet.

⁵⁴ Siehe dazu THEUERMANN (2015), S. 4 ff.

⁵⁵ Vgl. dazu auch o.V. (2014), Onlinequelle [17.01.2016]

von Materialien und Rohstoffen hin zu einer stärker strategisch fokussierten Ausrichtung⁵⁶ der Beschaffung. Insbesondere der 3D-Drucker wird die zukünftige Entwicklung im Beschaffungsbereich wesentlich beeinflussen. Da Produktionsentscheidungen immer schneller an die aktuelle Nachfrage angepasst werden, muss der Einkauf immer kurzfristiger reagieren – der 3D-Druck kann hier mittelfristig neue Möglichkeiten eröffnen. Für Produktionsunternehmen stellen Einkaufsmenge/Beschaffungsvolumen bei Lieferanten, die Beschaffungszeit und die Qualität bislang zentrale Einflussfaktoren dar. Durch den Einsatz der 3D-Drucktechnologie, werden sich diese Beschaffungsfaktoren teilweise stark relativieren, da der Engpass der Verfügbarkeit in den Hintergrund rückt, da es somit nahezu zu einer Totalverfügbarkeit der ursprünglichen Beschaffungsobjekte kommt. So könnten Bauteile in Ländern, wo die Lieferzeiten besonders lang sind, künftig vor Ort gedruckt werden. Im 3D-Druck lassen sich ebenso leicht individuelle Situationen berücksichtigen, wodurch die Berücksichtigung von kundenindividuellen Anforderungen gesteigert wird.

Die 3D-Drucktechnologie wird einen Einfluss auf den gesamten Beschaffungsmarkt haben, da sich einerseits neue Märkte ergeben, aber auch die Beschaffung von Materialien und Dienstleistungen werden sich verändern. Diese Entwicklung bestätigt die Industrie mit mehr als 70 % an Zustimmung.



Folgen für den Einkauf aufgrund des Einsatzes der 3D-Drucktechnologie

Ein weiterer Aspekt, welcher die Beschaffungsorganisation betreffen wird, ist der Bedarf an speziellem Fachwissen⁵⁷ wie z.B. über CAD-Techniken. Mehr als 50 % der Unternehmen sehen hier zukünftig neue Anforderungen auf die Mitarbeiter des Einkaufs zukommen. Die Kalkulierbarkeit des erforderlichen Materialbedarfs, beim Einsatz des 3D-Druckers sehen die Unternehmen auch zukünftig als große Herausforderung.

⁵⁶ Vgl. HENKE (2016), S. 18 ff.

⁵⁷ Siehe dazu auch o.V. (2014), Onlinequelle [17.01.2016]

Dass die 3D-Drucktechnik zu einer Fokussierung auf die reine Beschaffung von Rohmaterialien führt, dies wird von ca. 50 % der Unternehmen bestätigt. Was jedoch klar aufgezeigt wird, ist, dass die Rohmaterialbeschaffung auch zukünftig eine entscheidende Rolle einnehmen wird, dies durch den 3D-Drucker sogar noch verstärkt. Somit wird das Commodity Risk Management⁵⁸ noch stärker in den Mittelpunkt der wertschaffenden Tätigkeiten der zukunftsfähigen Beschaffungsorganisation rücken.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass sich durch den Einsatz der 3D-Drucktechnologie der Einkauf zukünftig verändern wird bzw. verändern muss, da vor allem neue Materialien zur Produktion von 3D-Druckteilen benötigt werden, sich Logistikketten verändern bzw. sich diverse Zulieferkette ganz ausdünnen, aber auch Ersatzteile vor Ort gedruckt werden können.

Die additiven Fertigungsverfahren verkürzen die Zeit zwischen der Fertigstellung einer Konstruktionszeichnung, dem Produktionsbeginn und der Verfügbarkeit erster Produkte. Weiters wird die Flexibilität erhöht, da der Einkauf damit kurzfristig Alternativen präsentieren kann und somit Einsparungen im Einkauf realisiert werden und Transportkosten analog reduziert werden können. Die gezielte Reduzierung der Lagerhaltung ist ein weiterer nicht zu vernachlässigender Kostenreduktionsfaktor, da Ersatzteile vor Ort und bei Bedarf gefertigt werden können, somit ergibt sich auch zusätzlich ein positiver Effekt auf das Working Capital Management. Die Beschaffung 4.0 leistet somit einen wichtigen Beitrag zur nachhaltigen Existenzsicherung der Gesamtunternehmung und sorgt darüber hinaus für Wettbewerbsvorteile durch den Einsatz der additiven Fertigungsverfahren. Der 3D-Druck verändert die industrielle Landschaft und ermöglicht Einsparungen im Einkauf.

⁵⁸ Siehe dazu THEUERMANN, FORSTINGER (2014), S. 34 f.

Resümee

Die vierte industrielle Revolution betrifft nicht nur die Produktion (Smart Manufacturing/Factory) und die Logistik (Logistik 4.0), sondern gleichermaßen auch alle anderen Funktionsbereiche eines Unternehmens, im Besonderen den Einkauf.⁵⁹ Im Rahmen dieser Studie konnten das derzeitige Einsatzgebiet der 3D-Drucktechnik und die Erwartungen hinsichtlich der zukünftigen Entwicklung innerhalb der Unternehmen aus dem Industrie- und Dienstleistungsbereich analysiert werden und es zeigt sich, dass die additive Fertigung zukünftig die Wertschöpfungskette der Unternehmen beeinflussen wird.

Neue intelligente Produktionstechniken erobern die Fabrikhallen. Beispielsweise ermöglicht es der 3D-Druck neue Produkte mit neuen Eigenschaften zu fertigen und beschleunigt den Kreislauf von Konzeption, Prototypentwicklung und Produktion.⁶⁰ Eine neue Ära der Verfügbarkeit wird eingeläutet, da Maschinen komplexe Objekte jeglicher Form produzieren, wann und wo diese gerade benötigt werden. Dies führt zu völlig neuen Herausforderungen für die gesamte Supply Chain. Zahlreiche Unternehmen⁶¹ nutzen diese Technologie bereits zur Fertigung von Prototypen und diese Technologie erweist sich als überlegen hinsichtlich der Kosten, Flexibilität und Schnelligkeit zur traditionellen Prototypenfertigung. Die nächste Entwicklungsstufe stellt die gezielte Anwendung der 3D-Drucktechnik in der industriellen Fertigung dar. Einige Unternehmen⁶² haben mit der Serienproduktion von Hightech-Teilen bereits begonnen. Somit verändert die dreidimensionale Fertigung nicht nur die Produkte, sondern auch die Produktion selbst und die vor und nachgelagerten Prozesse.

Die geeigneten Branchen für die 3D-Drucktechnologie verteilen sich quer durch das verarbeitende Gewerbe. Automotive und Aviation, Werkzeug- und Formenbau, Automatisierungstechnik, Maschinen- und Anlagenbau sowie Medizintechnik und Elektronik haben mehr oder weniger breite Anwendungs- bzw. Einsatzgebiete. Die innovative Fertigung ermöglicht zudem, erweitertes Know-how in die Unternehmung zu bringen und dadurch zukünftige Wettbewerbsvorteile zu generieren.

Aus den Ergebnissen der Studie lässt sich ableiten, dass die 3D-Drucktechnik innerhalb der österreichischen Unternehmen aktuell noch nicht so stark im Einsatz ist, jedoch das Einsatz- und Entwicklungspotenzial klar erkennbar ist und die Unternehmen entsprechendes Interesse an dieser Technologie zeigen. Aktuell verfügt die Mehrheit der Unternehmen über keinen eigenen 3D-Drucker, gehen diese aber davon aus, dass die additive Fertigung die zukünftige Unternehmensentwicklung wesentlich beeinflussen wird. Als eine der wichtigsten Auswirkungen, die sich Unternehmen durch den Einsatz der 3D-Drucktechnik erwarten, können vor allem die Beschleunigung von Prozessen und eine innovative und leistungsfähigere Produktion genannt werden. Der Großteil der Unternehmen ist der Meinung, dass sich die Bedeutung der 3D-Drucktechnologie in ihrer Branche zukünftig verstärken wird. Dies lässt sich auch daran erkennen, dass der Großteil davon ausgeht, in

⁵⁹ Siehe dazu auch HENKE (2016), S. 8 ff.

⁶⁰ o.V. (2015), S. 8

⁶¹ Vgl. o.V. (2016), Onlinequelle [01.02.2016].

⁶² o.V. (2015), S. 10 ff.

Zukunft entweder selbst diese Technologie zu benutzen, oder indirekt, über die Nutzung der Technologie durch Kunden und Lieferanten, beeinflusst zu werden.

3D-Druck hat das Potenzial, ganze Fertigungsketten von Unternehmen zu revolutionieren. Statt riesiger Hallen, könnte ein Produktionsstandort in Zukunft kaum größer sein als ein Wohnhaus.⁶³ Das generative Fertigungsverfahren erlaubt die Produkterstellung standortunabhängig. Produkte können einfacher und schneller angepasst und Pläne/Konstruktionszeichnungen per Cloud abgerufen werden. Das wird die globalen Lieferketten, wie wir sie derzeit kennen, verändern. Ein wesentlicher Aspekt wird gemäß den Erwartungen der Unternehmen der Aufbau von entsprechendem Fachwissen⁶⁴ in den Organisationsstrukturen sein, da für die effiziente und effektive Nutzung der additiven Fertigungsverfahren, ein hohes Maß an Know-how im Bereich der technischen, wirtschaftlichen und strategischen Anwendung sowie der verwendeten Materialien erforderlich sein wird.

Der Kampf um die besten Köpfe, (War for talents), wird auch im Zeitalter von Industrie 4.0 erneut ein wesentliches Themenfeld sein, dem sich die Unternehmenspraxis aktiv stellen muss. Die Möglichkeiten und Chancen, die sich durch die additive Fertigung ergeben, schließt aber die drastischen Konsequenzen ein, dass Talente oder sogenannte High Potentials im Zusammenhang mit Industrie 4.0 eine zentrale und gleichzeitig knappe Ressource des Unternehmenserfolges darstellen.

Im Zusammenhang mit den zukünftig großen Themenfelder Digitalisierung, Industrie 4.0 und Big Data kommen auf Unternehmen wesentliche Herausforderungen zu. Diese reichen von Sicherheitsanforderungen über Risikomanagement, Business Continuity Management bis hin zu Compliance-Themenfelder, die es bestmöglich zu bewältigen gilt.

⁶³ o.V. (2015), S. 5

⁶⁴ Siehe zu den Anforderungen an den Einkäufer auch HENKE (2016), S. 20 f.

Literatur

Allgemeine Literatur:

ABl. L 124/36 der EU vom 20.05.2003, Empfehlung der Kommission betreffend die Definition der Kleinstunternehmen sowie der kleinen und mittleren Unternehmen [K(2003)1422].

ATTESLANDER, P. [2003]: Methoden der empirischen Sozialforschung, 10., neu bearbeitete und erweiterte Auflage, Berlin/New York 2003.

BORTZ, J. [2005]: Statistik – Für Human- und Sozialwissenschaftler, Sechste, vollständig überarbeitete und aktualisierte Auflage, Berlin/Heidelberg/New York 2005.

BORTZ, J./DÖRING, N. [2005]: Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler, 3., überarbeitete Auflage, Berlin/Heidelberg/New York 2005.

CHUA, C.K./LEONG K.F./LIM C.S. [2010]: Rapid Prototyping: Principles and Applications, 3rd Edition, World Scientific 2010.

D'AVENI, R. [2015]: 3D-Druck vor dem Durchbruch, in: Harvard Business Manager, 2015, Heft 7, S. 18-41.

FASTERMANN, P. [2012]: 3D-Druck/Rapid Prototyping: Eine Zukunftstechnologie – kompakt erklärt, Düsseldorf: Springer Verlag, 2012.

FASTERMANN, P. [2014]: 3D-Drucken: Wie die generative Fertigungstechnik funktioniert, Berlin: Springer Vieweg, 2014.

HAGL, R. [2015]: Das 3D-Druck-Kompodium: Leitfaden für Unternehmer, Berater und Innovationstreiber, 2. Aufl., Wiesbaden: Springer Verlag, 2015.

GEBHARDT, A. [2013]: Generative Fertigungsverfahren, Hanser, 2013.

HENKE, M. [2016]: Vorstudie: Einkauf 4.0 – Digitalisierung im Einkauf, Dortmund, 2016.

HOLLAND, H./SCHARNBACHER, K. [2010]: Grundlagen der Statistik: Datenerfassung und -darstellung, Maßzahlen, Indexzahlen, Zeitreihenanalyse, 8. akt. Aufl., Wiesbaden: Gabler, 2010.

KOMOROWSKY, R. [2014]: Generative Fertigungsverfahren: Untersuchung zur Auswahl eines 3D-Drucksystems, Hamburg: Diplomica Verlag GmbH, 2014.

LAMNEK, S. [2001]: Befragung, in: Wie kommt Wissenschaft zu Wissen?, Band 2, S. 282-302.

o.V. [2015]: Die Zukunft der Arbeit in der Industrie 4.0, Veröffentlichung Handelsblatt und GE at work, 2015.

PETRICK, I.J./SIMPSON, T.W. [2013]: 3D-Printing disrupts manufacturing – How economies of one create new rules of competition, in: Research-Technology Management, Arlington, November-December 2013, S. 1-6.

PUCHLEITNER, K. [2016]: Disruptive Economy: Wie Alles anders wird, in: trend Nr. 22/2016, S. 38-39.

RÖBLER, I./UNGERER, A. [2011]: Statistik für Wirtschaftswissenschaftler: Eine anwendungsorientierte Darstellung, 2. überarb. Aufl., Berlin: Springer Verlag, 2011.

SCHNELL, R./HILL, P.B./ESSER, E. [2005]: Methoden der empirischen Sozialforschung, 7., völlig überarbeitete und erweiterte Auflage, München/Wien 2005.

THEUERMANN, C. [2006]: Beyond Budgeting in technologieorientierten Unternehmungen – Das Hybride Beyond Budgeting-Managementmodell, Verlag der Technischen Universität Graz, Graz 2006.

THEUERMANN, C. [2011]: Der Gewinn liegt im Einkauf, in: BAUaktuell, 2. Jahrgang, Mai 2011/Nr. 3, S. 110-112.

THEUERMANN, C. [2015]: Risikominimierung durch das Credit - Management im österreichischen Mittelstand mit besonderem Fokus auf das Kunden- und Lieferantenrisiko, in Credit Management in der Praxis – Die digitale Transformation und das Credit Management, Bundeskongress 2015, Bundesverband Credit Management e.V. (Hrsg.), Kommissionsverlag Credit & Finance Verlag, Deutschland 2015, S. 1-9.

WILHELM, T./BRENNER, E. [2016]: Österreich ist bereit für Industrie 4.0, in: Gewinn, 35. Jahrgang, April 2016/4e/16, S. 88-90.

Studien:

ALLIANZ SE UND ALLIANZ GLOBAL CORPORATE & SPECIALITY SE [2016]: Allianz Risk Barometer – Die 10 größten Geschäftsrisiken 2016, München, 2016.

GARTNER, J./MARESCH, D./FINK, M. [2014]: IFI-JKU Bericht 2014: Generative Fertigungsverfahren – Technologiefolgenabschätzung, Institut für Innovationsmanagement, Linz, 2014.

THEUERMANN, C. [2014]: Controlling in österreichischen KMU - Anforderungen, zukünftige Entwicklungen und Kompetenzprofil des KMU-Controllers, Graz: FH CAMPUS 02, Studienrichtung Rechnungswesen & Controlling, 2014.

THEUERMANN, C./FORSTINGER M. [2014]: Beschaffungs- und Risikomanagement im österreichischen Mittelstand: Aktueller Stand, Bedeutung und zukünftige Entwicklungen, Graz: FH CAMPUS 02, Studienrichtung Rechnungswesen & Controlling, 2014.

Onlinequellen:

COHEN, D./SARGEANT, M./SOMERS, K. [2014]: 3-D printing takes shape, http://www.mckinsey.com/insights/manufacturing/3-d_printing_takes_shape, [09.02.2016].

DOMSCHEIT-BERG, A. [2016]: Autos und Häuser - ausdrucken nicht vergessen, <http://www.managermagazin.de/unternehmen/it/3d-druck-wird-alle-industriezweige-umkrepeln-a-1039419.html>; [10.02.2016].

KLEINSCHMIDT, A. [2014]: Tanz der Laserstrahlen, <http://www.siemens.com/innovation/de/home/pictures-of-the-future/industrie-und-automatisierung/3D-druck-tanz-der-laserstrahlen.html>, [01.02.2016].

KRÄMER, A. [2015]: Technologie der Zukunft: Gartner sieht 3D-Druck als Techniktrend 2016, <http://www.3d-grenzenlos.de/magazin/zukunft-visionen/3d-druck-ist-techniktrend-2016-27132953.html>, [01.02.2016].

o.V. [2014]: <https://www.pwc.de/de/managementberatung/assets/der-einkauf-als-strategischer-partner.pdf>, [17.01.2016].

o.V. [2015]: 3D-Druckverfahren, <http://3d-druckercheck.de/3d-druck-verfahren/>, [31.01.2016].

o.V. [2015]: Gartner sieht 3D-Druck als Techniktrend 2016, <http://www.3d-grenzenlos.de/magazin/zukunft-visionen/3d-druck-ist-techniktrend-2016-27132953.html>; [17.02.2016].

o.V. [2016]: Wettbewerbsvorteil dank 3D-Druck, <http://www.absatzwirtschaft.de/wettbewerbsvorteil-dank-3d-druck-68117/>; [01.02.2016].

o.V. [2016]: <https://select-statistics.co.uk/calculators/sample-size-calculator-population-proportion/>, [22.02.2016].

o.V. [2016]: <http://www.3d-druck-solingen.de/was-sind-3d-drucker/>, [28.03.2016].

o.V. [2016]: <http://plattformindustrie40.at/was-ist-industrie-4-0/>, [15.04.2016].

o.V. [2016]: <https://www.risknet.de/themen/risknews/industrie-40-tiefschlaf-statt-revolution/69f8510fb9dca8c444abaa8130d85047/>, [25.04.2016].

PAUL, P. [2015]: Die 5 wichtigsten 3D-Druckverfahren, 08.01.2015, <http://www.3d-drucken.de/2015/01/die-5-wichtigsten-3d-druckverfahren/>, [31.01.2016].

PINTÉR, Stefan [2012]: Mikromechanische (MEMS) Sensoren: Technologie, Anwendungen und Trends im Automobil- und Consumerbereich, 06.11.2012, http://www.nmnev.de/fileadmin/Veranstaltungen/TT_Schott/Bosch_GmbH_Pinter.pdf, [21.04.2016].

Autoren

Prof.(FH) Dipl.-Ing. Dr. Christian Theuermann



ist Professor an der Fachhochschule CAMPUS 02 in Graz und Fachbereichsordinator für Transferkompetenz an der Studienrichtung Rechnungswesen & Controlling mit langjähriger Industrieerfahrung in leitender Position und Autor zahlreicher einschlägiger Publikationen.

Weiters ist Prof.(FH) Dipl.-Ing. Dr. Christian Theuermann geschäftsführender Gesellschafter einer Beratungsunternehmung, mit den Dienstleistungsschwerpunkten: Beschaffung und Sourcing, Corporate-Riskmanagement, Finanzmanagement und Strategieentwicklung. Darüber hinaus ist er Trainer und Vortragender an namhaften Weiterbildungs- und Schulungseinrichtungen im In- und Ausland.

Prof.(FH) Dipl.-Ing. Dieter Lutzmayr



ist Professor an der Fachhochschule CAMPUS 02 in Graz und leitet die Forschung und Entwicklung in der Studienrichtung Automatisierungstechnik, wobei er schwerpunktmäßig den Fachbereich Informatik vertritt, aber auch zahlreiche fachbereichsübergreifende Projekte managt.

Weiters ist er technischer Leiter eines Mechatronik-Unternehmens, das neben kundenindividuellen Speziallösungen und Apps für Smartphones und Tablets auch ein mobiles Dokumentenprüfgerät entwickelt, fertigt und international vertreibt.

Impressum

Titel

Chancen, Herausforderungen und Bedeutung der Industrie 4.0 – Derzeitiger Einsatz und zukünftige Entwicklung des 3D-Drucks in Industrie- und Dienstleistungsunternehmen in Österreich

Graz 2016

ISBN 978-3-9503272-8-1

Herausgeber

Prof.(FH) Dipl.-Ing. Dr. Christian Theuermann | FH CAMPUS 02, Rechnungswesen & Controlling
Prof.(FH) Mag. Peter Meiregger, StB | FH CAMPUS 02, Rechnungswesen & Controlling

Autoren

Prof.(FH) Dipl.-Ing. Dr. Christian Theuermann

Prof.(FH) Dipl.-Ing. Dieter Lutzmayr

Mitwirkung

Kathrin Nagl

Sabrina Ofner

Dominik Schaller

David Schindlbacher

Selina Schweinzer

Kontakt/Redaktion

Mag.^a Tanja Mikschofsky, Bakk.

CAMPUS 02 – Fachhochschule der Wirtschaft GmbH
Studienrichtung Rechnungswesen & Controlling

Köblergasse 126, 8010 Graz

Tel.: 0316 6002 - 605

E-Mail: tanja.mikschofsky@campus02.at

www.campus02.at

www.campus02.at

© 2016 CAMPUS 02 – Fachhochschule der Wirtschaft, Studienrichtung Rechnungswesen & Controlling. Alle Rechte vorbehalten.

Covermotiv: © Wei Ming - shutterstock.com

ISBN 978-3-9503272-8-1