

*Gesamtbericht 2017-2020*

## **Additive Fertigung am Standort Österreich:**

---

### *Analyse der Potentiale und Definition der Handlungsfelder*

---

#### **Studie**

Univ.Ass. DI Dr. **Johannes Gartner** M.A. (*JKU Linz & Aalto University Helsinki*)

Univ.-Prof. Dr. **Matthias Fink** (*JKU Linz & ARU Cambridge*)

Assoc.Prof. Dr. **Daniela Maresch** LL.M. (*JKU Linz & University of Southern Denmark*)

IFI Institut für Innovationsmanagement  
Johannes Kepler Universität Linz  
Altenberger Straße 69, 4040 Linz, Österreich

---

#### **Exkurs: Additive Manufacturing & Internationale Leitbetriebe**

FH-Hon. Prof. Dr. Dr. **Herwig W. Schneider** (*Industriewissenschaftliches Institut – IWI, Wien*)

Klara **Fuchsreiter**, BA (*Industriewissenschaftliches Institut – IWI, Wien*)

Peter **Luptáčík** (*Industriewissenschaftliches Institut – IWI, Wien*)

Industriewissenschaftliches Institut  
A-1050 Wien, Mittersteig 10/4

Jänner 2020

## Executive Summary

### **Kernaussagen:**

- Additive Fertigung (AM) erlaubt eine *gleichzeitige Automatisierung und Individualisierung* der Produktion.
- Ob AM eingesetzt wird, darf nicht auf einem reinen *Vergleich der Kosten* der bisherigen mit einer in das neue Verfahren übersetzten Produktion entschieden werden. Der Vergleich muss auf Basis der mit dem jeweiligen Verfahren erfüllten Kundenbedürfnisse erfolgen. Dann erst wird erkennbar, dass die neuen Produktionsverfahren völlig neue Produkteigenschaften und Geschäftsmodelle ermöglichen, die in Summe profitabler sein können.
- AM ist *nicht für jedes Unternehmen geeignet*. Viele werden auch in Zukunft keinen 3D-Drucker nutzen – zumindest keinen eigens angeschafften. Es entsteht derzeit ein starkes Serviceangebot, dass klug genutzt besonders für kleine Betriebe wesentliche Wettbewerbsvorteile bringen kann. Durch die Nutzung von Dienstleistern können Vorteile der additiven Fertigung genutzt werden ohne die Fixkosten der teuren und sich rasch ändernden Infrastruktur tragen zu müssen.
- Die folgenden zehn Hypothesen zu *fördernden Faktoren* für AM aus der ersten Teilstudie konnten quantifiziert und bestätigt werden:
  - These 1: Die Einführung von AM in Bildung und Forschung begünstigt die Hebung der Potentiale.
  - These 2: Die Nutzung vorhandener Knowledge Hubs begünstigt die Hebung der Potentiale.
  - These 3: Die Entwicklung neuer Produkte und neuer Geschäftsmodelle begünstigt die Hebung der Potentiale.
  - These 4: Die Betrachtung der Gesamtkosten, die für die Befriedigung eines Kundenbedürfnisses entstehen, begünstigt die Hebung der Potentiale.
  - These 5: Die Fokussierung auf Produkteigenschaften statt auf Komplexität begünstigt die Hebung der Potentiale.
  - These 6: Das Erkennen zusätzlicher Kundennutzen durch automatisierte Individualisierung begünstigt die Hebung der Potentiale.
  - These 7: Die Berücksichtigung der Vielfalt an Materialien für AM begünstigt die Hebung der Potentiale.
  - These 8: Die Berücksichtigung des Beitrags von AM zur Nachhaltigkeit begünstigt die Hebung der Potentiale.
  - These 9: Die langfristige Zuweisung von Forschungsmitteln begünstigt die Hebung der Potentiale.
  - These 10: Eine unreflektierte Anwendung von AM führt jedoch zu enttäuschten Erwartungen und *hemmt* die Hebung der Potentiale.
- Emotionen wie *die Freude an neuen Technologien* sowie die *Angst vor neuen Technologien* beeinflussen rationale Entscheidungsbildung positiv bzw. negativ.
- Die *Angst etwas zu versäumen* verzerrt die rationale Entscheidungsfindung.
- Wissen um neue Technologien neutralisiert den Verzerrungseffekt der *Angst etwas zu versäumen*.
- Es bedarf neutraler *Clearingstellen* zum Wissenserwerb und Faktencheck abseits der verfügbaren Herstellerkommunikation für eine gute Investitionsentscheidung.
- Als Technologietreiber setzen internationale Leitbetriebe über den AM-Technologiestrang wesentliche *volkswirtschaftliche Impulse*.
- *Internationale Leitbetriebe* fungieren als Technologieentwickler, -geber und -nehmer – eine für ein Nationales Innovationssystem ideale Situation.

**Handlungsempfehlungen:**

- **Lernen von Best-Practice Anwendungen: Strukturierte Recherche, Kategorisierung, neutrale Kommentierung und Verbreitung nationaler und internationaler *Success-Stories* zu AM**

Weltweit existieren unzählige erfolgreiche Anwendungsbereiche von AM, die in Form von praxisorientierten und wissenschaftlichen Artikeln veröffentlicht wurden. Diese Informationen sind bisher aber für die Praxis zu wenig strukturiert. Sie können zum Beispiel nicht nach Branchen, Produkten und Materialgattungen gegliedert abgerufen werden. Da in diesen Arbeiten verschiedenste praktische Anwendungen von AM bereits einen positiven Wertschöpfungsbeitrag unter Beweis gestellt haben, bieten sie als Anwendungsfälle ein hohes Potential mit verringertem Risiko für den Wirtschaftsstandort Österreich. Über „Lernen von den Besten“ können analoge Anwendungen angeregt werden, ohne dabei das Rad komplett neu zu erfinden. Die Schaffung und laufende Aktualisierung einer geprüften und neutral kommentierten, strukturierten und öffentlich zugänglichen Datenbank von erfolgreichen AM Anwendungen und den zugehörigen Geschäftsmodellen würde eine schnelle und vergleichbar kostengünstige Erstmaßnahme mit breitem Erfolgspotential darstellen. So lange es eine solche Datenbank nicht gibt, sollten Unternehmen derartige Recherchen für ihren eigenen Geschäftsbereich durchführen, bevor sie Entscheidungen über die Anwendung von AM treffen.

- ***Additive Thinking* erlernen: Einführung von AM in (Weiter-)Bildung und Forschung zum besseren Verständnis des Schichtbauverfahrens**

Für die Förderung der Innovationskraft bedarf es eines guten Verständnisses der AM Technologien und der für ihren Einsatz nötigen Konstruktionskompetenzen. *Additive Thinking* – das Verständnis der Freiheiten des Schichtbauverfahrens – sollte daher möglichst frühzeitig Einzug in das primäre und sekundäre Bildungssystem finden, um die Bildungslücke zwischen subtraktiven und formenden Produktionsverfahren zu schließen. Unternehmen sollten Führungskräfte mit *Additive Thinking* vertraut machen, damit die Entscheidungsträger über die notwendige Informationsbasis verfügen, um mit Anbietern von AM Systemen und gegebenenfalls Beratern auf Augenhöhe zu kommunizieren und gemeinsam informierte Entscheidungen zu treffen. Für geeignete Fachkräfte sollten Unternehmen entsprechende Weiterbildungsmaßnahmen vorsehen.

- **Interdisziplinarität fördern: Nutzung vorhandener Knowledge Hubs und Dienstleister**

Eine Erstanwendung von AM im unternehmerischen Kontext erfordert nicht zwangsläufig die Anschaffung eines 3D-Druckers. Auch ist nicht ein umfassendes Verständnis von subtraktiven und additiven Produktionsverfahren nötig, sondern es braucht ein Grundverständnis der unterschiedlichen Logiken dieser Produktionsformen. Die Denkweise ändert sich und neue Möglichkeiten ergeben sich im Produktdesign, je nachdem ob man Material hinzufügt oder wegnimmt bis das gewünschte Objekt geschaffen ist. Erste Produkte für technische und ökonomische Tests können auch in Kooperation mit spezialisierten Dienstleistern, anderen Unternehmen und sonstigen *Knowledge Hubs* wie Technologieplattformen, Universitäten und FabLabs erfolgen. Ein solcher Vorgang reduziert nicht nur das Investitionsrisiko, sondern fördert auch den Wissenstransfer und die Interdisziplinarität zwischen den Einrichtungen, die für erfolgreiche Anwendungen essenziell sind (siehe Cube-Modell - Interdisziplinarität). Eine solche Initiative wurde kürzlich am Linz Institute for Technology (LIT) der Johannes Kepler Universität Linz ins Leben gerufen. Das dort geschaffene offene AM Labor soll gemeinsam mit Leitbetrieben und der Wirtschaftskammer Oberösterreich einen offenen Raum zum Probieren von AM bieten. Das Unternehmen Otelio bietet solche offenen Labore für Schulen an. An der LIMAK Austrian Business School werden in MBA

Programmen zu Innovation und Digitalisierung, die in Linz und Wien angeboten werden, AM Themen intensiv vermittelt.

- **Additive Betrachtung der gesamten Wertschöpfungskette: Für eine Potentialanalyse bedarf es einer Betrachtung der gesamten Wertschöpfungskette**

Der Vergleich der direkten Produktionskosten eines traditionellen vs. additiv gefertigten Produktes ist für eine Potentialanalyse in den meisten Fällen unzureichend. AM kann in verschiedenen Phasen des Produktlebenszyklus sowohl als Substituts- als auch als Ergänzungstechnologie einen positiven Wertschöpfungsbeitrag leisten. Beispielsweise kann AM im Zuge von *Rapid Prototyping* in der Entwicklungsphase angewandt werden und/oder auch in Form von *Rapid Tooling* für die Erstellung von Produktionswerkzeugen (z.B. Sandguss- und Spritzgussformen) als Vorprozess für spätere traditionelle Produktionsverfahren herangezogen werden. In Form von *Direct Manufacturing* können Produkte oder Produktteile auch in der aktiven Marktphase direkt additiv gefertigt werden. In der Nachmarktphase dient AM oftmals zur Reparatur von Werkzeugen oder wird in Verbindung mit einer digitalen Lagerhaltung zur Erstellung von Ersatzteilen bei Kundenbedarf angewandt. Bei Entscheidungen über AM Anwendungen im eigenen Unternehmen sind daher die gesamte Wertschöpfungskette, die Auswirkungen auf die Wertschöpfungspartner sowie die Wechselwirkungen zwischen diesen Elementen zu berücksichtigen.

- **Automatisierte Individualisierung: Fokussierung auf Kundenbedürfnisse und Produktfunktionen statt auf Komplexität**

AM ermöglicht eine automatisierte Produktion individueller Produkte und hat so das Potential einen Kundenmehrwert bei gleichzeitiger Kostenreduktion zu schaffen. Für Endkundenanwendungen kann dies beispielsweise in Form individueller Medizin- oder Konsumprodukte und für industrielle Anwendungen in Form von individualisiert optimierten Werkzeugen oder Kleinserien erfolgen. Die Freiheiten des Schichtbauverfahrens und die Möglichkeit äußerst komplexe Objekte erzeugen zu können ermöglichen einen Fokus auf individuelle Kundenbedürfnisse (siehe Cube-Modell: *Benefit & Cost Leadership*).

- **Alternative Materialien berücksichtigen**

Der Fokus auf ein kundenzentriertes Produkt mit ökonomischem Potential unter Einsatz von AM sollte stets auch die Prüfung aller zur Verfügung stehender AM Materialien beinhalten. AM bietet eine umfangreiche und stets wachsende Palette an Kunststoffen, Metallen, Keramiken und Composite-Materialien mit den verschiedensten Materialeigenschaften. Hersteller sollten unabhängig von ihrer eigenen Historie auch alternative Materialgattungen bei der Produktentwicklung berücksichtigen.

- **Competitive Advantage entwickeln: Simultane Entwicklung von AM Produkten und (digitalen) Geschäftsmodelle**

AM ist eine digitale Produktionsform, deren Anwendung simultan mit einem geeigneten (digitalen) Geschäftsmodell entwickelt werden sollte. Es geht nicht um den Ersatz bestehender Technologien durch AM in einem bestehenden Geschäftsmodell. Eine bestmögliche Einbettung in ein digitales Geschäftsmodell erlaubt eine globale Skalierung bei gleichzeitiger Interdisziplinarität, Automatisierung und Individualisierung (siehe Cube-Modell: *competitive advantage*).

- **Nachhaltigkeitspotential erkennen und fördern**

AM hat wie andere digitale Produktionsverfahren ein hohes Potential für positive Nachhaltigkeitseffekte, die von unternehmerischen Entscheidungsträgern zunehmend erkannt und gesellschaftlich relevant werden.

Nachhaltigkeitseffekte ergeben sich aktuell insbesondere durch die Möglichkeit der Erstellung von Leichtbauobjekten für eMobility und den Luftfahrtbereich sowie durch das Potential vor Ort zu produzieren und damit Transportwege zu minimieren. AM kann durch bessere Prototypen in der Entwicklungsphase die allgemeine Produktqualität verbessern. Damit erhöht sich nicht nur der Kundennutzen, sondern auch die Lebensdauer der Produkte. Außerdem ermöglichen digitale Produktionsformen Speicherung digitaler Modelle von Produkten und Ersatzteile, die erst bei Bedarf produziert werden. So kann der Lagerbestand reduziert und Überschüsse vermieden werden. Ein digitales Ersatzteilmanagement sowie die Möglichkeit mittels AM Werkzeuge reparieren zu können, verlängern die Funktionszeit von Produkten und Produktionsanlagen, selbst wenn die einstigen Ersatzteil- und Werkzeughersteller nicht mehr existieren. Dafür ist sicher zu stellen, dass die digitalen Modelle erhalten bleiben.

- **Uniforme Anwendungen vermeiden**

Die öffentliche Wahrnehmung von AM als disruptive Technologie führt oftmals zu einer vorzeitigen, unreflektierten und uniformen Anwendung, die in Fehlinvestitionen, erhöhten Opportunitätskosten und Enttäuschung resultieren kann. Die Triebfeder, die unternehmerische Entscheidungsträger dazu verleitet vorschnell auf den medial geschürten Trend aufzuspringen, ist die Angst etwas zu versäumen (fear of missing out, FOMO). Dieser Angst kann jedoch mit eigener Erfahrung, qualitativ hochwertiger Information und gezielter Weiterbildung zu AM begegnet werden. Entscheidungen über die Anwendung von AM sollten stets ohne Angst, gut informiert sowie sorgsam und nüchtern getroffen werden. Es geht darum sich als Unternehmen aus wohl überlegten Gründen für AM zu entscheiden und nicht aus Angst vor einer unsicheren Zukunft ohne AM. Eine unbegründete Entscheidung für AM macht die Zukunft für das Unternehmen keinesfalls sicherer.

- **Forschungsmittel gezielt und langfristig zuweisen**

Zur Hebung der identifizierten Potentiale von AM sowie für einen weiteren Kompetenzausbau zu AM am Wirtschaftsstandort Österreich sollte eine langfristige Zuweisung von öffentlichen Forschungsmitteln erfolgen. Gezielte Investitionen in AM können den Wirtschaftsstandort Österreich nachhaltig stärken und die Produktions- und Zulieferindustrie in Österreich wettbewerbsfähig halten. Entscheidungsgrundlage bei der Vergabe von Förderungen an Unternehmen und Forschungseinrichtungen sollte eine substantiierte Prognose der Auswirkungen der Förderung auf die gesamte Wertschöpfungskette sein.

- **Die öffentliche Hand als konstruktiver Ansprech- und Entwicklungspartner**

AM durchdringt bereits die Wertschöpfungssysteme vieler Leitbetriebe, aber es besteht nach wie vor Entwicklungspotential. Die öffentliche Hand wäre gut beraten, sich proaktiv als konstruktiver Ansprech- und Entwicklungspartner zu positionieren, hier gibt es aus Sicht der Unternehmen Aufholbedarf.

## **Inhalt**

<b>1. Setting the stage – Relevanz von Additiver Fertigung für die Österreichische Wirtschaft.....</b>	<b>6</b>
<b>2. Herausforderung und Zielsetzung .....</b>	<b>7</b>
<b>3. Theoretischer Hintergrund und Definitionen .....</b>	<b>8</b>
3.1. Additive Fertigung (Additive Manufacturing, AM).....	8
3.2. Emergente und disruptive Technologien.....	10
3.3. Innovations Diffusion, Annahme und Akzeptanz.....	10
3.4. Technologie Hypes, Hype-Cycles und Fear of Missing Out .....	13
3.5. Technology Foresight.....	15
<b>4. Explorative Studie .....</b>	<b>16</b>
4.1. Methoden und Datengrundlage .....	16
4.2. Ergebnisse .....	19
4.3. Interpretation der zukünftigen AM-Landkarte .....	29
4.4. Thesen zu den prioritären Handlungsfeldern.....	32
4.5. Maßnahmenoptionen in den prioritären Handlungsfeldern .....	38
<b>5. Konfirmatorische Studie.....</b>	<b>41</b>
5.1. Methoden und Datengrundlage .....	41
5.2. Ergebnisse .....	43
<b>6. Studie zu Hürden und Ansatzpunkten .....</b>	<b>50</b>
6.1. Methoden und Datengrundlage .....	50
6.2. Ergebnisse .....	51
<b>7. Fazit .....</b>	<b>52</b>
7.1. Operative Dimension: Der Einfluss von Emotionen .....	52
7.2. Strategische Dimension: Ein Framework für digitale AM Geschäftsmodelle.....	52
7.3. Kernaussagen und Handlungsempfehlungen.....	60
<b>8. Exkurs: Additive Manufacturing &amp; Internationale Leitbetriebe.....</b>	<b>64</b>

## **Literaturverzeichnis**

## **Anhang 1: Akteursliste**

## **1. Setting the stage – Relevanz von Additiver Fertigung für die Österreichische Wirtschaft**

Bereits im Jahr 1984 wurde von Chuck Hull, dem Gründer der 3D Systems Corporation, das erste funktionierende Additive Fertigungsverfahren (Additive Manufacturing, AM) präsentiert und bereits wenig später kommerzialisiert (3D Systems Corporation, 2014a). Der Begriff AM umfasst verschiedene computerunterstützte Prozesse für die automatisierte Herstellung fester Objekte, die auf einem digitalen Modell basieren. Bei diesen Fertigungsverfahren wird im Gegensatz zu subtraktiven Prozessen (zB Schleifen, Fräsen oder Drehen), die auf der Entfernung von Material beruhen, in aufeinander folgenden Schritten Material schichtweise hinzugefügt, verbunden oder zusammengesetzt, um ein festes Objekt zu produzieren. Sie basieren auf unterschiedlichen Technologien, die in Material Jetting, Binder Jetting, Material Extrusion, Powder Bed Fusion, Sheet Lamination und Directed Energy Deposition (ASTM International, 2012) untergliedert werden können. Je nach Art der Anwendung werden AM-Verfahren unterschiedlich bezeichnet, etwa Rapid Prototyping, Rapid Tooling, Rapid Casting oder Direct Manufacturing (Breuninger et al., 2013).

Der Anwendungsbereich von AM beschränkte sich zunächst auf die Herstellung von Prototypen für Produktentwicklungen (Rapid Prototyping), konnte aber durch die fortschreitende Entwicklung der Prozesse und der verwendbaren Materialien rasch erweitert werden. Trotz des langjährigen industriellen Einsatzes von AM gewannen diese Verfahren erst im Jahr 2004 mit der Entwicklung eines Open Source Projektes, im Rahmen dessen der Bauplan eines einfachen 3D-Druckers veröffentlicht wurde, die Aufmerksamkeit eines breiteren Publikums. Dies führte zur Gründung zahlreicher schnell wachsender Start-Ups, die auf Basis der Open Source Software kostengünstige Einstiegsgeräte entwickelten. So wurde AM auch für Privatanwender leistbar. Neben dem Aufkommen günstigerer Geräte machte auch das Entstehen von Dienstleistern, die industrielle Verfahren der breiten Öffentlichkeit anbieten, die Technologie einer größeren Anzahl an Menschen zugänglich und führte so zu neuen Anwendungen.

Derzeit beschäftigen sich zahlreiche unterschiedliche Projekte mit AM von Kunstprojekten, einfachen Ersatzteilen, Modellen für den Hobbybereich, individualisierten Produkten und Kleinserien. Im industriellen Bereich umfassen die Anwendungen derzeit überwiegend die Herstellung von Teilen aus Kunststoffen, Metallen und Keramiken (Eyers und Dotchev, 2010; Salmi et al., 2012) für die Produktion von Maschinen- und Werkzeugteilen sowie von Gussvorlagen und Gussformen. Auch im medizinischen Bereich hat AM bei der Herstellung von Dentalprodukten (z.B. Zahnspangen und Gussvorlagen für Zahnprothesen), Endoprothesen (z.B. Titanimplantate) und Exoprothesen (z.B. Fußprothesen) bereits einen Teil der traditionellen Produktionsformen abgelöst. Die heute verwendbaren Materialien reichen von Polymeren, Keramiken, Metallen (einschließlich Gold; Khan und Dickens, 2012), Verbundstoffen (Kruth et al., 2003) und Papier (Mcor Technologies, 2013) bis hin zu noch eher experimentellen Materialien, wie Beton (Khoshnevis, 1998), Schokolade (Chocedge Ltd., 2012) und Zucker (3D Systems, 2014b).

In der (teils experimentellen) Forschung werden die Prinzipien von AM eingesetzt, um an der Erzeugung von künstlichem Gewebe (Bioprinting für Tissue Engineering) einschließlich künstlicher Organe (Economist, 2012), künstlichem Fleisch und künstlichem Leder (Modern Meadow, 2012) sowie Produkten für die Herstellung von chemischen und pharmazeutischen Anwendungen zu arbeiten. Des Weiteren kommen die Verfahren in der Forschung im Bereich der Mikro- und Nanotechnologie (Bertsch et al., 2000), in der Elektronik bei Strukturen

mit eingebetteten elektronischen Schaltungen und im Bauwesen bei additiv erstellten Bauwerken (z.B. Contour Crafting; Khoshnevis, 1998) zur Anwendung. In der Weltraumforschung wird auch mit Objekten aus ungewöhnlichen Werkstoffen wie Mondsand experimentiert (Balla et al., 2012).

Österreich nimmt im Bereich AM international eine wichtige Rolle ein. Hochschulen, wie die JKU Johannes Kepler Universität Linz, TU-Wien, TU-Graz, FH Oberösterreich, Montanuniversität Leoben oder die FH Technikum Wien, beschäftigen sich tiefgründig mit den wirtschaftlichen und sozialen Auswirkungen dieser Technologie und der technischen Entwicklung von Geräten, Verfahren und Materialien. Mit Unternehmen wie der Lithoz GmbH stellt Österreich ein international renommiertes Unternehmen, das sich auf die Herstellung von Maschinen für AM von Hochleistungskeramiken und die Materialentwicklung für biomedizinische Anwendungen spezialisiert hat. Weitere österreichische Gerätehersteller sind die steirische HAGE GmbH und die oberösterreichische Evo-Tech GmbH. Dienstleister wie Izu1 Prototypen beschäftigen mehr als 130 Mitarbeiter.

In den vergangenen Jahren haben sich in Österreich auch Messen, etwa iCAT, Austrian 3D Printing Forum, Print3DFuture sowie Metal Additive Manufacturing Conference der Austrian Society for Metallurgy and Materials, etabliert und das Wiener Unternehmen Dannes Solutions GmbH ist Herausgeber des reichweitenstärksten deutschsprachigen Online-Magazins im Bereich AM ([www.3Druck.com](http://www.3Druck.com)). Unter der Schirmherrschaft des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technology (bmvit) gründen österreichische Stakeholder bestehend aus Branchenvertretern, Hochschulen und Gewerbetreibenden Ende 2017 den österreichweit tätigen Verein „Additive Manufacturing Austria (AMAT)“ ([www.am-austria.com](http://www.am-austria.com)) zur Stärkung, Entwicklung und Verbreitung von AM am Wirtschaftsstandort Österreich, sowie zur Bildung einer Schnittstelle für nationale und internationale Aktivitäten im Bereich AM.

## 2. Herausforderung und Zielsetzung

Warum konnte AM trotz der Potentiale für disruptive Innovation in Produktion und Wertschöpfungsketten bislang keine Breitenwirkung entfalten? Wir argumentieren, dass die österreichische Gesellschaft und Wirtschaft der Nutzung neuer Technologien doch nicht so offen gegenübersteht, wie vielfach behauptet. Als Ergebnis bleibt das technische Potential von AM für gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Wandel und damit für Beschäftigung und Wohlstand weitgehend ungenutzt.

Um zu verstehen, welche Potentiale AM für die österreichische Wirtschaft und Gesellschaft bieten und wie diese Potentiale gehoben werden können, müssen die allgemeinen und oft abstrakten Erwartungen an diese Technologie mit den konkreten Erfahrungen und Erwartungen zu Anwendungsweisen und -gebieten in Zusammenhang gebracht werden. Gerade hinsichtlich der zukünftigen Entwicklung von AM besteht ein großer Dissens unter Anwendern aus der Praxis und Experten aus der Forschung (Gartner et al., 2015; Jiang et al., 2017). Daher ermöglicht erst dieser empirisch fundierte und quantifizierte Reality-Check die Ableitung von praktischen Handlungsempfehlungen für die österreichische Wirtschaftspolitik, damit das disruptive Potential von AM für Wirtschaft und Gesellschaft genutzt werden kann. Für Österreich wurde ein solcher systematischer und umfassender empirisch fundierter Reality-Check bislang nicht durchgeführt.

Mit der vorliegenden Studie adressieren wir diese Lücke indem wir klären, in welchen Anwendungsgebieten und unter Verwendung welcher Materialien sich AM entwickeln wird und welche Eigenschaften von AM dafür Hemmnisse darstellen und Potentiale bieten. Die Integration der Perspektiven von



ExpertInnen aus Unternehmen, die AM anbieten oder anwenden, ExpertInnen aus universitären und nicht-universitären Forschungseinrichtungen, RechtsexpertInnen, politischen EntscheidungsträgerInnen und InteressensvertreterInnen ermöglicht eine ganzheitliche Erklärung, warum AM in manchen Bereichen tiefgreifende disruptive Veränderungen ermöglicht hat und in anderen nicht. Aus diesen Einsichten leiten wir in einem ersten Schritt zehn Thesen ab, wie die Potentiale von AM in Österreich besser gehoben werden können und welche Herausforderungen es dabei mit welchen Mitteln zu bewältigen gilt.

Dazu führen wir in der explorativen Studie (Kapitel 4) einen integrativen Technology Foresight-Prozess durch (Andersen et al., 2004). In dem Prozess nutzen wir die Ergebnisse bisheriger Studien zu AM aus unterschiedlichen Forschungsdisziplinen, führen Text Data Analytics (Schuelke-Leech & Barry, 2017) auf Basis einer Wort-basierten Frequenzanalyse des größten deutschsprachigen online-Magazins zu AM durch und triangulieren die Ergebnisse in Experteninterviews und einer Fokusgruppe mit unterschiedlichen AM Stakeholdern. Als Ausgangspunkt dienen die drei Dimensionen „AM-Charakteristika“, „AM-Materialien“ und „AM-Anwendungsgebiete“, die sich aus der zusammenfassenden Inhaltsanalyse des online-Magazins ergeben. Die häufigsten Begriffe werden dann nach diesen drei Dimensionen kategorisiert und die Veränderung der Häufigkeit dieser Kategorien innerhalb der Betrachtungsperiode wird in anschließend analysiert. Die entstehende thematische AM-Landkarte und die ablesbaren Trends werden schließlich in Experteninterviews und einer Fokusgruppe validiert. Abschließend werden die Ergebnisse der drei Analyseschritte gesamthaft diskutiert und zu zehn Thesen verdichtet.

In einem zweiten Schritt (Kapitel 5) werden in der konfirmatorischen Studie die Thesen aus der explorativen Studie quantitativ validiert und in einem dritten Schritt (Kapitel 6) die Hürden für die Anwendung von AM in Österreichs Unternehmen erhoben. Die Erhebung der Hürden erfolgt vor dem theoretischen Hintergrund des erweiterten Technology acceptance models (TAM III). Zudem wird die Rolle der Angst eine Entwicklung zu versäumen als relevanter Treiber für die Anwendungsintention jener österreichischer Entscheidungstreiber identifiziert, die keine Erfahrung mit dieser Technologie haben.

Für die Praxis zeigt diese Studie auf, wo realisierbare Potentiale von AM liegen. Für politische Entscheidungsträger macht die Studie deutlich, welche technischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Hürden die Entfaltung des disruptiven Potentials von AM behindern und wie diese adressiert werden können. Zudem wird deutlich wie wichtig die Rolle von Erfahrungswissen für eine nicht angstgetriebene sondern überlegte Entscheidung für die Anwendung von AM ist. Die Ergebnisse dieser Studie sollen einer besseren Nutzung von AM für Gesellschaft und Wirtschaft am Standort Österreich dienen.

### **3. Theoretischer Hintergrund und Definitionen**

#### ***3.1. Additive Fertigung (Additive Manufacturing, AM)***

ASTM International (2012, 2) definiert AM, umgangssprachlich auch 3D Druck genannt, als “process of joining materials to make objects from 3D model data, usually layer upon layer, as opposed to subtractive manufacturing methodologies, such as traditional machining”. AM bezeichnet keine spezifische Technologie, sondern ist ein disziplinenübergreifender Sammelbegriff für unterschiedliche Produktionsprozesse. Die bisherigen Studien zu AM lassen sich in einen technisch-naturwissenschaftlichen und einen wirtschafts- und sozialwissenschaftlichen Forschungsstrang gliedern. Während der erste Forschungsstrang die Fächer Materialwissenschaft, Software Engineering, Mechatronik und Robotik umfasst, analysiert der zweite

Forschungsstrang (1) Managementfragen, die sich aus der Anwendung von AM ergeben, (2) Marktstrukturen von AM-intensiven Branchen, sowie (3) Risiken und Potentiale von AM.

Aus der Perspektive der Managementforschung untersuchen Rayna und Striukova (2016) den Effekt von AM auf Geschäftsmodelle und Geschäftsmodellinnovation und kommen zu dem Ergebnis, dass direct manufacturing und home fabrication die Wertschöpfung steigern können, gleichzeitig aber die Realisierung der Produzentenrenten erschweren. Auch Bogers et al. (2016) untersuchen, wie AM Geschäftsmodelle von Herstellern im Konsumgüterbereich beeinflusst. Sie zeigen, dass durch AM Wertschöpfungsketten dezentralisiert werden und so eine personalisierte Produktion von Konsumgütern ermöglicht wird. Baumers et al. (2016) analysieren, wie die Kostenstruktur von AM-Prozessen die zukünftige Entwicklung von AM beeinflusst. Sie argumentieren, dass die vergleichsweise geringe Produktivität der Maschinen für die Produktionskosten maßgeblich ist, wodurch die Etablierung von AM als dominante Produktionstechnologie verhindert wird. Mellor et al. (2014) untersuchen die Einführung von AM in Produktionsbetrieben, indem sie ein Rahmenkonzept entwickeln und testen. Das Rahmenkonzept lässt aber keine direkten Aussagen zu, warum sich AM nur in einigen wenigen Bereichen etablieren konnte.

Neben Managementfragen haben die bisherigen Studien auch die Auswirkungen der Einführung von AM auf Marktstrukturen untersucht. Weller et al. (2015) zeigen auf, dass AM Monopolisten zu Gewinnsteigerungen verhelfen kann, während AM in kompetitiven Märkten den Wettbewerb weiter verschärft, weil es die Markteintrittsbarrieren senkt.

Ferner analysierten zahlreiche Studien die Potentiale und Risiken von AM. Huang et al. (2013) fokussieren in ihrem Literaturüberblick auf die sozialen Effekte von AM und identifizieren die folgenden drei Potentiale von AM: (i) die Möglichkeit medizinische Produkte zu individualisieren erhöht die Gesundheit und Lebensqualität; (ii) nachhaltigere Produktionsprozesse reduzieren den ökologischen Fußabdruck; und (iii) einfachere Wertschöpfungsketten erhöhen die Effizienz und die Flexibilität, um auf Kundenbedürfnisse reagieren zu können. Gartner et al. (2015) untersuchen mit Hilfe einer integrierten Technologiefolgenabschätzung den Beitrag von AM zur Erreichung der in EU Horizon 2020 definierten Ziele. Ihre Ergebnisse unterstreichen die Bedeutung von Kommunikation zwischen Experten, politischen Entscheidungsträgern und der allgemeinen Bevölkerung, um die richtigen wirtschaftspolitischen Initiativen zu identifizieren und Entscheidungen über die Allokation öffentlicher Ressourcen zu rechtfertigen. Kürzlich führten Jiang et al. (2017) eine Delphi-Studie durch, um die gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Implikationen von AM bis 2030 zu identifizieren. Sie sehen die wahrscheinlichsten Auswirkungen von AM in den Bereichen Ersatzteile, Effizienzmessung und Materialeigenschaften. Despeisse et al. (2017) entwickeln eine Forschungsagenda für AM zur Förderung nachhaltigerer Produktionsweisen und Konsummuster sowie zur Etablierung der Kreislaufwirtschaft. Während diese Studien die Risiken und Potentiale von AM auf einem höheren Abstraktionsniveau untersuchen, fokussieren einige Studien auf einzelne Anwendungsgebiete oder spezifische Charakteristika von AM. Petrovic et al. (2011) untersuchen zum Beispiel den Einsatz von AM in den Bereichen Werkzeugbau, Biomedizin sowie Auto- und Flugzeugbau. Conner et al. (2014) analysieren drei ausgewählte AM-Charakteristika – Komplexität, Personalisierung und Produktionsvolumen, um eine Landkarte bestehender AM Produkte und Services zu erstellen.

Die bisherigen Studien zu AM haben wichtige Beiträge geliefert. Um aber zu verstehen, wie die Hindernisse für die Entfaltung der Potentiale von AM am besten überwunden werden können, müssen die allgemeinen Erwartungen an die Leistungsfähigkeit dieser Produktionsverfahren mit konkreten Erfahrungen und Erwartungen, wo und wie AM eingesetzt werden kann, zusammengeführt werden. Zudem setzt die Formulierung von Handlungsempfehlungen für die Wirtschaftspolitik eine Priorisierung der Anwendungsgebiete voraus. Es ist somit zu definieren, wo und wie die öffentlichen Ressourcen am vielversprechendsten investiert sind. Wir untersuchen daher, in welchen Anwendungsgebieten und unter Verwendung welcher Materialien AM seine Potentiale entfalten wird und welche Charakteristika von AM diese Entwicklungen fördern und behindern werden.

### ***3.2. Emergente und disruptive Technologien***

Emergente Innovationen und Technologien werden definiert als radikal neue und relativ schnell wachsende Technologien, die sich durch ein gewisses Maß an Kohärenz auszeichnen, das über die Zeit anhält und möglicherweise erhebliche Auswirkungen auf den sozioökonomischen Bereich (die Sozioökonomie) hat (Rotolo et al., 2015). Sie werden oft als „the next big thing“ bezeichnet. Emergente Innovationen und Technologien werden in der Regel von einer Reihe unterschiedlicher Akteure und Institutionen gemeinsam verfolgt und verbreiten sich über die Interaktionen im Wissensproduktionsprozess. Wikipedia hat eine ständig wachsende Liste von derzeit mehr als 200 aufkommenden Technologien in Bereichen wie Landwirtschaft, Architektur, Luftfahrt, Bauwesen, Materialwissenschaften, Optoelektronik, Elektronik, Energie, Unterhaltung, IT und Kommunikation, Medizin, Neurowissenschaften, Militär, Weltraum, Robotik und Verkehr veröffentlicht (Wikipedia Contributors, 2019). Die potenziellen Auswirkungen dieser neu aufkommenden Technologien sind jedoch ungewiss und nicht eindeutig (Rotolo et al., 2015).

Disruptive Innovation, oft auch als Discontinuing oder Radical Innovation bezeichnet, ist eine Innovation, die die Schaffung neuer Markt- und Geschäftsnischen stimuliert und Konzepte und Produktwerte aktueller Märkte außer Kraft setzt (Corsi & Minin, 2015; Christensen et al., 2015). Innovationen jeglicher Art können disruptiv sein, aber der Bereich, der am stärksten von disruptiven Innovationen betroffen ist, umfasst Unterstützungsnetzwerke der derzeit vorhandenen Technologien (Zeleny, 2012). Es gibt viele Missverständnisse in Bezug auf disruptive Innovationen und Technologien. Zum einen müssen disruptive Innovationen und Technologien per Definition eine bereits vorhandene und messbare disruptive Wirkung haben. Viele emergente Technologien werden fälschlicherweise als disruptiv beschrieben, obwohl sie lediglich in der Zukunft potenziell disruptiv sind. Die unklare Definition erschwert die Unterscheidung zwischen emergenten und disruptiven Technologien und führt häufig zu der irreführenden Annahme, dass alle emergenten Technologien disruptiv sind. Zum anderen müssen disruptive Wirkungen kein großes Ausmaß haben, sodass sie auch von der öffentlichen Wahrnehmung unbemerkt auftreten können. Disruptionen können sich auf Nischenmärkten auf Mikroebene ebenso wie auf Märkten auf Meso- oder Makroebene auswirken.

### ***3.3. Innovation: Diffusion, Annahme und Akzeptanz***

Rogers (2010) "Diffusion of Innovation " Theorie versucht zu erklären, warum und wie sich Innovationen im Laufe der Zeit unter den Teilnehmern eines sozialen Systems verbreiten. Die Theorie baut auf vier Elementen auf, die für die Verbreitung neuer Ideen verantwortlich sind: (1) der Innovation selbst, (2) den Kommunikationskanälen, (3) der Zeit und (4) dem sozialen System. Laut Rogers Theorie müssen Innovationen

weit verbreitet sein, um eine kritische Masse zu erreichen und sich selbst tragen zu können. Erfolgreiche Diffusionen folgen typischerweise einer S-förmigen Kurve und können positive oder negative Folgen haben. Sie werden in erwünschte vs. unerwünschte, direkte vs. indirekte und antizipierte vs. unerwartete Ergebnisse eingeteilt. Die Diffusion schlägt fehl, wenn die kritische Masse nicht erreicht wird (Rogers, 2010). Die Verbreitung von Innovationen kann auf Makro-, Meso- und Mikroebene analysiert werden. Die Makroebene beschreibt die allgemeine Verbreitung von Innovationen auf Märkten - oft als Diffusion von Innovationen bezeichnet -, beispielsweise den zunehmenden Einsatz von Enterprise Resource Systems (ERP) in vielen Branchen. Die Meso-Ebene beschreibt die individuelle Annahme von Innovationen und die Mikro-Ebene die Akzeptanz von Innovationen durch den Benutzer.

Die Meso-Ebene fokussiert auf die einzelnen Nutzer von Innovationen und beschreibt, wie Entscheidungsträger Innovationen annehmen oder ablehnen. Laut Rogers (2010) durchlaufen die Nutzer die folgenden fünf Schritte auf dem Weg zur Annahme: (1) Bewusstsein/Wissen, (2) Interesse/Überzeugung, (3) Bewertung/Entscheidung, (4) Test/Implementierung und (5) Annahme/Bestätigung. Abhängig vom Zeitpunkt der Annahme werden Individuen als Innovatoren, Erstanwender, frühe Mehrheit, späte Mehrheit, und Nachzügler bezeichnet (Rogers 2010). Nutzer können sowohl Einzelpersonen als auch Institutionen sein. Annahmeverscheidungen werden sowohl von Verbrauchern getroffen, die ein Smartphone kaufen, als auch von Beschaffungsabteilungen von Unternehmen, die einen Vertrag zur Implementierung eines neuen ERP-Systems unterzeichnen. Wirtschaftswissenschaftler fanden mehrere Faktoren, die die Akzeptanz beeinflussen, darunter: Modeerscheinungen (Tomasino & Fedorowicz, 2014), Emotionen (Snellman et al., 2019), Persönlichkeit des Adopters (Gerstner et al., 2013), Familienbesitz (Souder et al., 2017; König et al., 2013), Marktposition (McElheran, 2015), Alter und Größe des Unternehmens (BarNir et al., 2003), jüngste Eigentümerwechsel (Barden, 2012) und frühe Erfahrungen in der Technologie (Compagni et al., 2015).

Tomasino & Fedorowicz (2014) haben das Lebenszyklusmodell für die Annahme von Technologien von Rogers angepasst und um die Theorie der Informationskaskaden und Grenzwerte für Anwender erweitert, um ein Trendmodell für die Annahme von Technologien zu erstellen. Das Verhalten der Anwender in jeder Phase des Lebenszyklus wird durch individualistisches oder ganzheitliches Verhalten erklärt. Anhand des Beispiels des Apple iPhone werden die Anwendung des Modells auf Makro- (Produkt-) und Mikro- (Anwender-) Ebene veranschaulicht und individuelle und ganzheitliche soziale Aktionen der modischen Technologie-Übernahme aufgezeigt. Snellman et al. (2019) zeigen am Beispiel verantwortungsbewusster Innovationen, wie gesellschaftlich verortete Emotionen die strategischen Vorentscheidungen von Managern, die die Handlung autorisieren, beeinflussen. Es werden vier unterschiedliche Attribute von Emotionen hervorgehoben, die die Entscheidung über rationale, kognitive Kriterien antreiben: (1) handlungsorientiert, (2) verkörpert, (3) sozial gelegen und (4) verteilt. Emotionen und Chancen vereinigen sich zu dem Gefühl, eine richtige oder falsche Wahl zu treffen. Dies ist das entscheidende Element dafür, ob ein Manager eine Innovation umsetzt oder nicht. Gerstner et al. (2013) zeigen, dass narzisstische Chief Executive Officers (CEOs) etablierter Unternehmen aggressiver mit technologischen Diskontinuitäten umgehen - moderiert durch das Engagement des Publikums. Wenn das Publikumsengagement hoch ist, investieren narzisstische CEOs besonders aggressiv. Am Beispiel von Kabelfernsehbetreibern haben Souder et al. (2017) eine negative Korrelation zwischen Familienbesitz und der Annahme neuer Technologien gefunden - insbesondere wenn die Familie eine Minderheitsbeteiligung und keine Mehrheitsbeteiligung hält. Diese negative Korrelation ist in Nicht-Familienunternehmen nicht vorhanden. Die

Zurückhaltung bei der Annahme neuer Technologien wird bei Unternehmen, an denen eine Familie eine Minderheitsbeteiligung hält, in geringerem Maße durch kürzlich erfolgte Leistungsverbesserungen und in höherem Maße durch ein hohes Wettbewerbspotential verringert. Da Familienunternehmen Kontinuität, Führung, Gemeinschaft und Beziehungen anstreben, stehen disruptive Technologien im Widerspruch zu wesentlichen Zielen und Werten des Familienunternehmens. Der Einfluss der Familie erhöht die Lähmung der Organisation, die emotionale Bindung an das vorhandene Vermögen, sowie die Starrheit der mentalen Modelle, sodass disruptive Technologien später erkannt werden als von Nicht-Familienunternehmen. Auf der anderen Seite schwächt der Einfluss der Familie zahlreiche Hindernisse, die einem disruptiven Wandel entgegenstehen, wie den Grad der Formalisierung, die Abhängigkeit von externen Kapitalgebern und den politischen Widerstand. Wenn sich Familienunternehmen einmal für disruptiven Wandel entschieden haben, setzen sie außerdem Adoptionsentscheidungen schneller und mit mehr Ausdauer um. Auch verringert der Einfluss der Familie die Aggressivität und Flexibilität der Adoption (König et al., 2013).

McElheran (2015) zeigt, dass Marktführer mit größerer Wahrscheinlichkeit neue, auf Informationstechnologie basierende Praktiken einführen, es sei denn, Anpassungskosten für Kunden sind ein maßgebliches Anliegen. BarNir et al. (2003) untersuchen den Zusammenhang zwischen Alter und Größe des Unternehmens und der Neigung, sich mit der internetfähigen Digitalisierung von Prozessen zu befassen. Die Ergebnisse legen nahe, dass (1) Unterschiede in Abhängigkeit von Alter und Größe der Unternehmen in Bezug auf Grad, Art und Weise der Digitalisierung von Geschäftsprozessen über das Internet bestehen, (2) die internetfähige Digitalisierung von Geschäftsprozessen sowohl mit Innovationsstrategien als auch mit sonstigen Strategien der Unternehmen verbunden ist, (3) die Beziehung zwischen Digitalisierung und Strategie für junge Unternehmen stärker ist als für etablierte Unternehmen und für kleinere Unternehmen stärker ist als für größere Unternehmen. Barden (2012) stellt fest, dass eine Änderung der Eigentumsverhältnisse einen direkten positiven Einfluss auf die Wahrscheinlichkeit der Annahme von Technologien hat, aber auch die Tendenz von Tochterunternehmen verringert, die Annahme von Technologien durch andere Unternehmen später nachzuahmen. Compagni, et al. (2015) zeigen am Beispiel der Roboterchirurgie, wie frühe Erfahrungen mit der Umsetzung einer Innovation spätere Adoptionen beeinflussen.

Die Annahme der Technologie auf der Meso-Ebene ist eng mit der Mikroebene verknüpft, die die Akzeptanz von Innovationen beschreibt. Annahmeentscheidungen können entweder auf der Akzeptanz von Innovation beruhen oder dieser widersprechen. Verbraucher sind am häufigsten Nutzer von Innovationen und sie nehmen diese in der Regel gleichzeitig an und akzeptieren sie. Dies ist in Institutionen nicht immer der Fall, da die Entscheidung auch von Dritten getroffen werden kann, die die Innovation nicht nutzen. In solchen Fällen kann die Innovation von der Geschäftsleitung akzeptiert und übernommen, jedoch von den Mitarbeitern nicht akzeptiert werden. Da der Erfolg einer Adoption in hohem Maße von der Akzeptanz des Nutzers und der daraus resultierenden Nutzung abhängt, ist es entscheidend, den Mechanismus der Technologieakzeptanz zu verstehen und die Annahme von Technologien ordnungsgemäß zu managen. So kann beispielsweise das beste ERP-System seine Stärken nicht entfalten, wenn die Mitarbeiter es nicht akzeptieren und verwenden.

Das Technologieakzeptanzmodell (TAM) von Davis (1989) und Davis, Bagozzi & Warshaw (1989) ist das am weitesten verbreitete Modell für Nutzerakzeptanz und Nutzung einer Technologie (Venkatesh & Davis, 2000). Das TAM ist eine Informationssystemtheorie, die auf der Theorie des begründeten Handelns (TRA) von Fishbein & Ajzen (1975) aufbaut und die Akzeptanz von Technologien anhand von zwei Variablen misst - dem

Grad, in dem eine Person der Ansicht ist, dass die Verwendung eines bestimmten Systems ihre Leistungsfähigkeit oder ihre Arbeitsleistung steigern würde, und der Nützlichkeit - dem Grad, in dem eine Person glaubt, dass die Verwendung eines bestimmten Systems ohne Anstrengung möglich wäre. Das TAM wurde kontinuierlich verwendet und erweitert, um Kritik zu adressieren. Insgesamt wurden drei wesentliche Verbesserungen vorgeschlagen: das TAM2 (Venkatesh & Davis 2000), die "Unified Theory of Acceptance and Use of Technology" (UTAUT) (Venkatesh et al., 2003) und das TAM3 (Venkatesh & Bala 2008). Das TAM2 Modell erweiterte das TAM, um die Auswirkungen von sozialem Einfluss (subjektive Normen, Freiwilligkeit, Image) und kognitiven instrumentellen Prozessen (Stellenrelevanz, Ausgabequalität, Nachweisbarkeit der Ergebnisse, wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit) zu erklären (Bagozzi, Davis & Warshaw 1992). Das UTAUT integrierte die wichtigsten konkurrierenden Benutzerakzeptanz Modelle in das TAM (Venkatesh et al., 2003). Bagozzi, Davis & Warshaw (1992) schlugen vor, dass die tatsächliche Nutzung möglicherweise keine direkte oder unmittelbare Folge von Einstellungen zur Nutzung und Nutzungsabsichten ist. Um Interventionen vor und nach der Implementierung zu ermöglichen, kombiniert das TAM3 das TAM2 mit dem Modell des „perceived ease of use“ (Venkatesh, 2000), um ein nomologisches Netzwerk der Einflussfaktoren für die Annahme von IT zu erstellen (Venkatesh & Bala 2008).

### ***3.4. Technologie Hypes and Hype-Cycles***

Ein Marketing-Buzz ist definiert als die Verstärkung der anfänglichen Marketingbemühungen Dritter durch deren passiven oder aktiven Einfluss (Thomas, 2004). Der Begriff beschreibt das Phänomen, dass Marketinganstrengungen eines Markeninhabers durch Einzelpersonen, Verbraucher, Influencer oder Medien verstärkt werden. Eine solche Verstärkung kann auf natürliche Weise oder absichtlich auftreten, ausgelöst werden und emotional positiv oder negativ geladen sein. Marketingbemühungen zielen in der Regel auf ein positives Echo, da die Kaufentscheidungen der Verbraucher durch zwischenmenschliche Kommunikation beeinflusst werden (Siefert et al., 2009) und eine positive Korrelation zwischen Buzz-Rating und Produktverkäufen, Unternehmensumsatz und Aktienperformance nachgewiesen wurde (Luo & Zhang, 2013). Heutzutage spielen Social Media eine dominierende Rolle bei der Kommunikation von Buzzes (Powell et al., 2011). Marketing-Buzzes können den Bezug zur Realität verlieren und zu Hypes führen.

Swanson (2012) beschreibt die Herausforderung für Entscheidungsträger zwischen Hypes und Realität zu unterscheiden. Ein leitender Angestellter kann sich jeder Innovation entweder gedankenlos stellen, indem er auf den fahrenden Zug springt, oder bewusst eine Entscheidung treffen, indem er die besonderen Umstände sorgfältig berücksichtigt. Da Hypes eine mächtige institutionelle Kraft darstellen, der man sich nur schwer widersetzen kann, und Führungskräfte sich in der Regel nicht zurückgelassen fühlen möchten, ist es meist leichter gesagt als getan, überlegt zu entscheiden. Der aufmerksame Manager kann jedoch einen Vorteil erzielen, indem er sich um die besonderen Umstände seines Unternehmens kümmert und die Gedankenlosigkeit anderer erkennt. Es ist daher von entscheidender Bedeutung, zwischen dem Hype rund um bestimmte Innovationen und der tatsächlichen Umsetzung und dem Wert zu unterscheiden, der sich aus ihrer Verwendung ergibt. Die Entscheidungsträger müssen feststellen, ob zwischen der Anzahl der Unternehmen, die angekündigt haben diese Innovation einzusetzen, und der Anzahl der Unternehmen, die sie erfolgreich einsetzen, eine Lücke besteht. Swanson (2012) stellt fünf Fragen, um zu entscheiden, welcher Hype verfolgt werden soll: (1) Hat die Technologie mehr als einen Namen? (2) Gibt es Wettbewerb? (3) Was macht es (das Produkt)? (4) Welche Geschichten lesen und hören Sie darüber? (5) Hat sich schon jemand verpflichtet?

Eine weitere Hilfe zur Unterscheidung zwischen Hype und Realität bietet Gartners 1995 eingeführter Hype Cycle. Der Hype Cycle ist eine grafische und konzeptionelle Darstellung, die vom amerikanischen Forschungs-, Beratungs- und Informationstechnologieunternehmen Gartner Inc. entwickelt wurde und die Reife emergenter Technologien in fünf Phasen untergliedert: (1) Technologie-Auslöser, (2) Höhepunkt überhöhter Erwartungen, (3) Tiefpunkt der Desillusionierung, (4) Neigung zur Aufklärung und (5) Plateau der Produktivität. Er beginnt mit Überforderung und geht über Ernüchterung zu einem realistischen Verständnis der Relevanz einer Technologie, wobei der erste Teil in der Regel von öffentlichem Hype und der zweite Teil von technologischer Reife geprägt ist. In regelmäßigen Abständen veröffentlichen die Analysten von Gartner eine Liste der aufkommenden Technologien und ihrer aktuellen Position im Hype Cycle sowie eine Prioritätsmatrix, die den potenziellen Nutzen für jede vorgestellte Technologie darstellt. Die Analysten von Gartner Inc. positionieren eine emergente Technologie im Hype Cycle und übereinstimmend in der Matrix, indem sie die Marktdurchdringung in Prozent und den Reifegrad von Embryonal, Emerging, Adolescent, Early Mainstream, Mature Mainstream, Legacy oder Obsolete berücksichtigen. Die zugehörige Matrix positioniert jede Technologie auf einer dreistufigen Skala - niedrig, mittel oder hoch, basierend auf ihrer Transformationskapazität. Die verschiedenen Technologien bewegen sich ungleichmäßig schnell durch den Hype Cycle. Der Hype Cycle wird durch einen (1) Technologie-Auslöser in Form eines Durchbruchs, einer öffentlichen Demonstration, einer Produkteinführung oder anderer Ereignisse gestartet, die bei der Presse und in der Branche erhebliches Interesse hervorrufen. Die zunehmende Aufmerksamkeit wird dann an ihre Hype-Grenze getrieben durch den (2) Höhepunkt der überzogenen Erwartungen, der sich durch übermäßige Begeisterung und unrealistische Projektionen auszeichnet, die auf einigen Erfolgen, aber noch mehr Misserfolgen beruhen. Der (3) Tiefpunkt der Ernüchterung beginnt, wenn die Technologie die Erwartungen nicht erfüllen kann. Sie wird dann schnell unmodern und die öffentliche Aufmerksamkeit lässt nach. Einige Technologien überstehen diesen Zustand nicht. Andere setzen die Entwicklung fort, um ein realistisches Verständnis und eine sorgfältige Kommerzialisierung der Technologie zu erreichen, die durch die (4) Steigung der Erleuchtung führt. Das endgültige (5) Produktivitätsplateau ist erreicht, wenn die realen Vorteile der Technologie demonstriert werden können und eine wachsende Anzahl von Organisationen die Technologie akzeptiert und anwendet. Mit anderen Worten, der Hype Cycle nähert sich wieder der regulären S-Kurve für die Annahme von Innovationen. Abhängig davon, wie schnell das Produktivitätsplateau erreicht wird, clustert Gartner die Technologien rückblickend in normale, Fast-Track- oder Long-Fuse-Technologien. Darüber hinaus nennt das Modell Technologien, die nicht dem typischen Hype Cycle folgen, beispielsweise Technologien, die in andere eingebettet werden, "Phoenix" -Technologien, die Hypes wiederholt durchlaufen, „Ghost“-Technologien, die sich lange am Tiefpunkt der Ernüchterung befinden, aber immer noch nicht ihr Versprechen erfüllt haben, und Technologien, die veraltet oder "ausgestorben" sind, bevor sie das Plateau der Produktivität erreichen. Eine weitere Anwendung von Gartners Hype Cycle ist das Messen von Wissen und Risiko. Das geringe Wissen in den frühen Phasen des Zyklus ist in der Regel mit einem hohen Risiko verbunden. Besseres Wissen und weniger Risiken kennzeichnen das späte Produktivitätsplateau. In Abhängigkeit vom Annahmemuster eines Unternehmens unterscheidet Gartner aggressive Unternehmen des Typs A, bescheidene Unternehmen des Typs B und konservative Unternehmen des Typs C (Linden & Fenn, 2003).

Der Hype Cycle strebt nach einem besseren Verständnis der Entwicklung einer Technologie und dient als Hilfe, um zu entscheiden, wann in eine Technologie investiert werden soll. Gartner fasst seine Aussage wie folgt zusammen: „Unternehmen sollten nicht in eine Technologie investieren, nur weil sie hoch gelobt wird, und sie

sollten eine Technologie auch nicht ignorieren, nur weil sie nicht den überzogenen Erwartungen entspricht." (Linden & Fenn, 2003). Die allgemeine Aussage findet sich auch in Amaras Gesetz: „Wir neigen dazu, die Wirkung einer Technologie kurzfristig zu überschätzen und die Wirkung langfristig zu unterschätzen." (Ratcliffe, 2016).

Obwohl der Technologie Hype Cycle von Gartner in der Praxis gut angenommen wird und eine leicht verständliche Orientierung für Wissenschaftler bietet, ist das Modell von Gartner nicht unumstritten. Wissenschaftler kritisieren die fehlende Berücksichtigung des Branchen- und Technologiekontexts (Jarvenpaa & Makinen, 2008), die Ignoranz der Abhängigkeit von Kontextänderungen (Kirkels, 2016), fehlende Perspektiven verschiedener Akteure (Jun, 2012), Schwächen im zugrunde liegenden mathematischen Modell (Steinert & Leifer, 2010), sowie die Ignoranz alternativer Perspektiven (Dedehayir & Steinert, 2016) und alternativer Erscheinungsformen des Cycle (White & Samuel, 2019).

Jarvenpaa & Makinen (2008) präsentierten einige mögliche theoretisch fundierte Konzeptualisierungen und Definitionen zum Hype Cycle und behaupteten, dass Indikatoren für den Technologie-Lebenszyklus von Industrie, Technologie und anderen Kontextvariablen abhängen könnten. Kirkels (2016) hat am Beispiel der fortgeschrittenen Biomassevergasung gezeigt, dass sich die Erwartungen in den Hype Cycles hauptsächlich an kontextbezogene Veränderungen anpassen und weniger vom technologischen Fortschritt oder früheren Erwartungen beeinflusst werden. Jun (2012) hat den Technologie Hype Cycle von Gartner in drei Arten von sozio-technischen Systemakteuren unterteilt: Nutzer, Produzenten und Marktnetzwerke (Informations-Distributoren). Er zeigt weiter, dass Hype Cycles nicht nur in der IT, sondern auch in anderen traditionellen Branchen Bestand haben können. Außerdem können Hype Cycles von verschiedenen Akteuren mit unterschiedlichen Zeiträumen ausgehen. Steinert & Leifer (2010) verwendeten eine Analyse des Energie- und Versorgungssektors, um Gartners Ansatz zu kritisieren und ein alternatives mathematisches Modell vorzuschlagen, das die Methode quantitativ operationalisiert. Die Autoren schlagen vor, das Phänomen "Erwartungen" durch eine quantifizierbare und messbare Variable und „Zeit" durch eine quantitative Messung der Marktdurchdringung und der Kategorien von Anwendern zu ersetzen. Eine alternative Linse, durch die das Hype-Phänomen betrachtet werden kann, wird von Dedehayir & Steinert (2016) zur Verfügung gestellt. Im Gegensatz zu Gartners Bemühungen, Modelle zu kombinieren, befürwortet dieser Beitrag die Identifizierung von Hypes in bestehenden individuellen Lebenszyklus Modellen durch die Identifizierung von Peak-, Enttäuschungs- und Wiederherstellungsmustern unter Berücksichtigung verschiedener Faktoren, die ein gehyptes Verhalten auslösen können (Dedehayir & Steinert, 2016).

White & Samuel (2019) legen am Beispiel von Programmatic Advertising (PA) nahe, dass nicht alle aufkommenden Technologien dem HypeCycle-Modell von Gartner folgen. Basierend auf einer entwickelten Concept Map und vier Zukunftsszenarien für den möglichen Rückgang des Hype Cycle schlagen die Autoren zwei alternative und gegensätzliche technologische Manifestationen vor.

### **3.5. Technology Foresight**

Zukünftige Technologien haben eines gemeinsam: Niemand weiß, wie sich tatsächlich entwickeln werden und welche Effekte sie auf Gesellschaft und Wirtschaft entfalten werden. Dennoch ist es nützlich sich mit der Zukunft auseinander zu setzen und diese Unsicherheit durch eine systematische Prognose zu verringern. Es wurden daher zahlreiche Methoden, wie beispielsweise Technology Forecasting (zB, Martino, 1983; Ratinho et



al., 2015), Technology Foresight (zB Coates, 1985), Roadmaps (zB, Walsh, 2004) oder Technology Assessment (zB, Gartner et al., 2015) entwickelt, um die zukünftige Entwicklung von Technologien und deren Auswirkungen zu analysieren. Technology Forecasting fokussiert sich auf die Prognose der Zukunft, während Technology Foresight einen Schritt weitergeht, indem es auch versucht die Zukunft aktiv mitzugestalten. (Cuhls, 2003). Roadmaps sind im Gegensatz dazu Managementinstrumente, die dazu eingesetzt werden die Entwicklung von Technologien, Produkten und Märkten integrativ darzustellen (Petrick & Echols, 2004). Technology Assessment berücksichtigt zusätzlich auch die sozialen Implikationen neuer Technologien (Dylander, 1980). Vor dem Hintergrund der Zielsetzung der vorliegenden Studie wählen wir die Methode des Technology Foresight.

Martin (1995) beschreibt Technology Foresight als Prozess der systematisch die langfristige Zukunft der Wissenschaft untersucht, um die Forschungsfelder und neu entstehenden Technologien mit den größten gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Potentialen zu identifizieren. Technology Foresight umfasst somit nicht nur die Prognose der Entwicklung einer Technologie, sondern versucht auch die hinter dieser Entwicklung stehenden hemmenden und fördernden Kräfte zu verstehen (Cuhls, 2003). Dieses Verständnis der Entwicklungsdynamik der untersuchten Technologie bietet dann die Basis für die Ableitung von Handlungsoptionen, die derzeit zur Verfügung stehen (Martin, 2010). Damit ist es das erklärte Ziel des Technology Foresight aktiv die Zukunft der Technologieentwicklung mitzugestalten (Cuhls, 2003). Um dieses Ziel zu erreichen, muss der Technology Foresight-Prozess unterschiedliche Datenbasen und Expertisen unterschiedlicher Stakeholder nutzen (Amanatidou & Guy, 2008; Miles, 2010). Dazu zählen Vordenker in den für die Technologie relevanten Bereichen, Experten der Technologie, Entscheidungsträger über die Rahmenbedingungen für die Technologie und Institutionen im potenziellen Anwendungsbereich der Technologie (Van Dijk, 1991).

Andersen et al. (2004) nennt vier Phasen des Technology Foresight-Prozesses. Zuerst wird die untersuchte Technologie definiert, um den Untersuchungsgegenstand einzugrenzen. Daran anschließend wird die technologische Landschaft erfasst, um die Charakteristika und Abhängigkeiten der Technologie zu identifizieren, die den Wandel vorantreiben. Die so entstandene Technologielandkarte wird analysiert und schließlich diskutiert. Die rigorose Anwendung dieses Prozesses ermöglicht es Informationen aus unterschiedlichsten Quellen systematisch zu sammeln, zu analysieren und zu diskutieren. Der Prozess schafft so die Basis für die Ableitung empirisch fundierter Handlungsempfehlungen.

## **4. Explorative Studie**

### ***4.1. Methoden und Datengrundlage***

#### **Rechtfertigung der Methodenwahl**

In der empirischen Sozialforschung gibt es nicht die eine beste Methode, sondern es ist der Fit zwischen Forschungsvorhaben und Forschungsmethode entscheidend (Piekkari et al., 2009). Um die beste Forschungsmethode für ein konkretes Forschungsvorhaben auszuwählen, sind mindestens drei Punkte zu prüfen: (1) Art der Forschungsfrage, (2) Ausmaß der Kontrolle über das Geschehen im beforschten Feld, und (3) inwieweit aktuelle oder historische Geschehnisse untersucht werden (Yin, 2009). Vor diesem Hintergrund erlauben qualitative Methoden das Erkennen und Verstehen von Zusammenhängen zwischen Variablen sogar in komplexen Prozessen sowie die Berücksichtigung des sozialen Kontexts (Shah & Corley, 2006). Das vorliegende Forschungsvorhaben passt auf dieses Profil, weil es das Ziel hat die Charakteristika, Muster und

treibenden Kräfte in der Entwicklung von AM im österreichischen Kontext zu identifizieren. Zudem untersuchen wir eine Entwicklung, die von einer Vielzahl technischer, sozialer und ökonomischer Faktoren beeinflusst wird, die unmöglich kontrolliert oder stabil gehalten werden können. Der zeitliche Fokus liegt auf der Gegenwart und der Zukunft. Auf dieser Basis entscheiden wir uns klar für einen qualitativen Forschungszugang.

Innerhalb des qualitativen Paradigmas bedeutet Theorieentwicklung das Erkennen von neuen Konzepten und das Formulieren von Thesen auf der Basis von gehaltvollen und breiten Daten sowie das konsequente Analysieren dieser Daten vor dem Hintergrund des bestehenden Wissens (Ridder et al., 2014). Das Einnehmen einer einzigen theoretischen oder methodischen Perspektive, die Verwendung einer einzigen Methode oder einer einzigen Datenquelle birgt die Gefahr “isolated silos of knowledge” zu schaffen (Okhuysen & Bonardi, 2011). Wir vermeiden dies, indem wir einen multi-theoretischen und multi-methodischen Ansatz wählen und aus unterschiedlichen Quellen einen reichhaltigen und breiten Datensatz aufbauen. Nach unserem Verständnis sind Theorien Werkzeuge, um empirischen Beobachtungen in einem abduktiven Verfahren zu untersuchen. Als Ergebnis können Thesen formuliert werden, die sowohl rigoros hergeleitet als auch praktisch relevant sind (Kieser & Leiner, 2009; Kieser et al., 2015).

Praktisch bauen wir auf eine aktuelle Studie zu den Chancen und Gefahren von AM in Österreich auf (Gartner et al., 2015) und führen einen integrativen Technology Foresight-Prozess (Andersen et al., 2004) durch. Dieser Prozess basiert auf vier Datenquellen: Ergebnisse bisheriger Studien zu AM aus unterschiedlichen Disziplinen (siehe Abschnitt 2), Ergebnisse einer Text Data Analytics (Schuelke-Leech & Barry, 2017) des größten deutschsprachigen online-Magazins zu AM, qualitativen Experteninterviews und einer Fokusgruppe mit AM Stakeholdern. Dadurch gelangen wir in dieser Arbeit von der relativ abstrakten Betrachtungsebene vorheriger Studien auf eine konkrete Betrachtungsebene. Der Fokus liegt hier nicht auf allgemeinen und abstrakten Potentialen und Risiken von AM, sondern vielmehr auf spezifischen Treibern und Hemmnisse für die Entfaltung des Potentials von AM beim Einsatz bestimmter Materialien in bestimmten Bereichen der österreichischen Wirtschaft.

## **Datenerhebung**

Die konkrete Betrachtungsebene dieser Studie verlangt nach detaillierten Informationen darüber, was sich in Österreich im Bereich AM tut und warum. Um Zugang zu diversem, reichhaltigem und breitem Insider-Wissen zu erhalten (Ridder et al., 2014) haben wir drei Quellen für empirische Daten:

Als erste Quelle dienen uns die 1,4 Millionen Wörter umfassenden 5.445 Beiträge, die zwischen 2011 und 2016 im größten deutschsprachigen AM online-Magazin, 3Druck.com, erschienen sind. Im Jahr 2016 haben diese Beiträge 700.000 unterschiedliche LeserInnen erreicht.

Die zweite Datenquelle ist ein Set von acht qualitativen Experteninterviews mit Vertretern verschiedener Stakeholdergruppen im Bereich AM. Die Interviewpartner umfassen (i) die Stakeholdergruppe politische Entscheidungsträger: jeweils ein/e PolitikerIn aus Parteien links und rechts der Mitte des politischen Spektrums, (ii) die Stakeholdergruppe Interessensvertretung: ein/e VertreterIn einer österreichischen Interessensvertretung, (iii) die Stakeholdergruppe Experte/Expertin Anwender: ein Experte/eine Expertin eines AM Anwenderunternehmens und ein Experte/eine Expertin eines AM Händlers und Serviceanbieters, (iv) die Stakeholdergruppe Experte/Expertin Forschung: ein/e ForscherIn an einer öffentlichen österreichischen Universität und ein/e ForscherIn an einer privaten, nicht universitären Forschungseinrichtung, die beide zu AM

forschen, und (v) die Stakeholdergruppe Experte/Expertin rechtliche Rahmenbedingungen: ein/e Rechtsanwalt/Rechtsanwältin mit Spezialisierung auf Immaterialgüterrechte und Digitalisierung. Im Durchschnitt dauerten die Interviews 64 Minuten. Die meisten Gespräche wurden von zwei ForscherInnen aus dem Projektteam durchgeführt. Die Eckpunkte der Interviews sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Die dritte Datenquelle ist eine moderierte Diskussion in einer Fokusgruppe mit Vertretern verschiedener Stakeholdergruppen im Bereich AM. Die fünf TeilnehmerInnen der Fokusgruppe umfassen: (i) die Stakeholdergruppe unternehmerischer EntscheidungsträgerInnen: ein/e GeschäftsführerIn eines führenden österreichischen AM Herstellers (ii) die Stakeholdergruppe Experten-anwenderIn: ein Experte/eine Expertin eines AM Anwenderunternehmens und ein Experte/eine Expertin eines AM Händlers und Serviceanbieters, (iii) die Stakeholdergruppe Experte/Expertin Forschung: zwei ForscherInnen an einer öffentlichen österreichischen Universität und ein/e ForscherIn aus einer privaten, nicht universitären Forschungseinrichtung, die alle zu AM forschen.

**Tabelle 1 – Interviewpartner**

	<b>Geschlecht</b>	<b>Alter</b>	<b>Höchste abgeschlossene Ausbildung</b>	<b>Beruf</b>	<b>Expertise</b>	<b>Interview-dauer</b>
<b>Interessensvertreter</b>	männlich	40-50	Doktorat in Physik	Interessensvertretung	Handel	00:45:27
<b>Politikerin A</b>	weiblich	50-60	Doktorat in Wirtschaftswissenschaften	Politikerin	Innovationspolitik	00:46:01
<b>Politikerin B</b>	weiblich	30-40	Bakkalaureat in Informatik	Politikerin	Innovationspolitik	00:52:00
<b>Experte, Forschung A</b>	männlich	40-50	Habilitation in Physik	Forscher	Materialwissenschaften	01:12:24
<b>Experte, Forschung B</b>	männlich	30-40	Master in Industrial Engineering	Forscher	Wertschöpfungskette	01:39:41
<b>Experte, Händler/Serviceanbieter</b>	männlich	20-30	Matura	CEO	Robotik	00:53:21
<b>Experte, Anwenderunternehmen</b>	männlich	40-50	Matura	CEO	Automatisierung	00:16:06
<b>Experte, rechtliche Rahmenbedingungen</b>	männlich	40-50	Doktorat in Rechtswissenschaften	Anwalt	Immaterialgüterrechte und Digitalisierung	00:41:12

## Analysestrategie

In dieser Studie folgen wir den für Technology Foresight empfohlenen vier Analyseschritten (Andersen et al., 2004). Der erste Schritt, eine klare Abgrenzung und Beschreibung der untersuchten Technologie, wurde bereits weiter oben am Beginn des Abschnitts zum theoretischen Hintergrund vorgenommen.

Im zweiten Schritt wird die zukünftige AM Landschaft untersucht. Um die wesentlichen Charakteristika von AM und die Muster des Wandels zu identifizieren, wurde mit dem Softwarepaket Nvivo für den Zeitraum 2011-2016 im online-Magazin 3Druck.com eine Wort-basierte Frequenzanalyse durchgeführt. Nach dem Aussortieren von allgemeinen, unklaren und synonymen Begriffen wurden die verbliebenen Begriffe mit AM-Zusammenhang nach ihrer Häufigkeit gereiht. Um die von Jahr zu Jahr schwankende Anzahl an im Magazin veröffentlichten Beiträgen zu berücksichtigen, wurde die Gesamtzahl der jährlichen Nennungen eines Begriffs mit der Gesamtzahl der in diesem Jahr im Magazin publizierten Beiträge gewichtet. Auf Basis der gewichteten Häufigkeiten wurden dann die durchschnittlichen Häufigkeiten für den Zeitraum 2011-2016 berechnet. Eine zusammenfassende Inhaltsanalyse der entstandenen Liste ergab drei inhaltliche Dimensionen: (1) Charakteristika

von AM, (2) Materialien für AM, und (3) Anwendungsgebiete für AM. Schließlich wurden die häufig genannten Begriffe entlang dieser drei Dimensionen kategorisiert. Die Dimensionen und Kategorien ergeben zusammen die AM-Landkarte. Die AM-Landkarte wurde dann in den Expertengesprächen und der Fokusgruppe validiert.

Um zusätzlich die Dynamik der Entwicklung von AM zu erfassen, teilten wir den Untersuchungszeitraum in zwei Subperioden 2011-2013 (P1) und 2014-2016 (P2) und errechneten die Veränderung der gewichteten Häufigkeiten der jeweiligen AM-Kategorien zwischen P1 und P2. Der daraus resultierende Prozentsatz drückt für jede AM-Kategorie die Veränderung der Bedeutung im AM-Diskurs über die Zeit aus (Tabellen 2 bis 4). Auch diese Ergebnisse wurden in den Expertengesprächen und in der Fokusgruppe validiert (Tabellen 5 bis 7).

Der dritte Schritt widmet sich der Interpretation (sense-making). Um die Interpretation der Ergebnisse der AM Landkarte zu erleichtern, errechneten wir zwei Heat Maps. Die Dimension AM Anwendungsgebiete wurde einmal mit der Dimension AM-Materialien (Tabelle 8) und einmal mit der Dimension AM Charakteristika (Tabelle 9) gekreuzt. Jede Zelle der Matrix repräsentiert einen spezifischen Diskurs zu AM, wie beispielsweise den Diskurs zum Einsatz von Kunststoff in der industriellen Produktion. Um die Komplexität in der Matrix zu reduzieren, geben wir nicht die gewichteten Häufigkeiten der gleichzeitigen Nennung der Begriffe beider Dimensionen – AM-Anwendungsgebiete und AM-Materialien oder AM-Charakteristika – an, sondern fassen die entsprechenden Werte in fünf Gruppen zusammen: 5 (höchste Häufigkeit) bis 1 (geringste Häufigkeit). Diese Komplexitätsreduktion erhöht den Informationswert der Darstellung. Falls ein AM Anwendungsgebiet in keinem der Magazinbeiträge gemeinsam mit einem AM-Material oder einem AM-Charakteristikum genannt wurde, ist in der Zelle “n.a.” (nicht anwendbar) eingetragen. Zusätzlich berechneten wir die Änderung der gewichteten Häufigkeit der gemeinsamen Nennungen der AM-Kategorien zwischen P1 und P2. Das Vorzeichen gibt an, ob Beiträge, die beide AM Kategorien enthalten, zwischen P1 und P2 stark stiegen (++: Anstieg von >50%), leicht stiegen (+: Anstieg von >10% bis ≤50%), stagnierten (+/-: Veränderung zwischen ≥-10% und ≤+10%), leicht abnahmen (-: Abnahme von >10% bis ≤50%) oder stark abnahmen (--: Abnahme von >50%). An dem Vorzeichen ist die Zunahme oder Abnahme der Bedeutung des jeweiligen AM-Materialien bzw. der jeweiligen AM-Charakteristik für das jeweilige AM-Anwendungsgebiet ablesbar. Sowohl die allgemeine Bedeutung der AM-Diskurse als auch deren zeitliche Veränderung wurden in den Experteninterviews und in der Fokusgruppe validiert.

Im nächsten Kapitel werden die Ergebnisse der drei Analyseschritte diskutiert und die wesentlichen Erkenntnisse zu Thesen verdichtet.

## **4.2. Ergebnisse**

Wir definieren AM als den “process of joining materials to make objects from 3D model data, usually layer upon layer, as opposed to subtractive manufacturing methodologies, such as traditional machining” (ASTM International 2012, 2).

### **Die zukünftige AM-Landkarte**

Die Wort-basierte Frequenzanalyse ergab die drei Dimensionen (1) AM-Materialien, (2) AM-Charakteristika, und (3) AM-Anwendungsgebiete. Anschließend wurden diesen Dimensionen die folgenden Kategorien zugeordnet: (1) Materialien: Kunststoff, Metall, Lebensmittel, Keramik, und Holz; (2) Charakteristika: Kosten, Gewicht, Komplexität, Individualität, Geschwindigkeit, und Nachhaltigkeit; und (3) Anwendungsgebiete: Prototyping, Medizin, industrielle Produktion, Werkzeugbau, Kunst, Flugzeugbau,

Dienstleistung, Handel, Forschung, Hobby, Bau, Mode, Automotive, Schmuck, und Bildung.

Die Tabellen 2 bis 4 zeigen eine Übersicht der nach der Anzahl der im jeweiligen Jahr im online-Magazin publizierten Beiträge gewichteten Häufigkeiten der Nennung jeder Kategorie entlang der drei Dimensionen Materialien, Charakteristika und Anwendungsgebiete im Durchschnitt für die Jahre 2011 bis 2016 sowie die Änderung dieser Häufigkeiten zwischen P1 (2011-2013) und P2 (2014-2016).

## AM Materialien

Bezüglich des in AM eingesetzten Materials bestätigen die Interviews weitgehend die Ergebnisse der Frequenzanalyse des online-Magazins.

**Kunststoff** ist das am meisten eingesetzte Material – “Von der Druckbarkeit ist Kunststoff, insbesondere das bei FDM verwendete PLA, klar an der Spitze.” (Experte, Händler/Serviceanbieter). Trotz der Vorteile von Kunststoff, besonders im Hinblick auf den Preis, gibt es Probleme im Hinblick auf die Belastbarkeit und Haltbarkeit. Diese Nachteile können Unternehmen auch in der Zukunft von der

### Fact Box: AM Materialien

*Das Prinzip von AM ermöglicht die Verarbeitung von vielen Materialien in unterschiedlichen Rohformen.*

*Kunststoffe werden im Produktionsprozess häufig als drahtförmiges Filament verwendet, welches schichtweise aufgeschmolzen wird, als Pulver verklebt oder versintert, oder in flüssiger Form als Photopolymer mittels einer Lichtquelle gezielt zum Härten gebracht, um eine gewünschte Geometrie zu erreichen. Dank aktueller Entwicklungen in den Kunststoffwissenschaften konnten die Materialeigenschaften und damit die Anwendungsmöglichkeiten in zahlreichen Branchen deutlich erweitert werden.*

*Metalle werden derzeit größtenteils in Pulverform verschmolzen, um die gewünschte Geometrie zu erzeugen. Aktuelle Entwicklungen ermöglichen auch die Herstellung von Metallteilen auf Basis von Filamenten. Metall findet vor allem in der Industrie, Luft- und Raumfahrt sowie in der Medizin Anwendung.*

*Keramische Materialien lassen sich beispielsweise in Verbindung mit einem Photopolymer in die gewünschte Form bringen und nachträglich brennen. Dabei werden nicht keramische Anteile ausgebrannt. Keramische Werkstoffe bieten für industrielle und medizinische Anwendungen Eigenschaften, die mit Kunststoffen und Metallen nicht oder nur schwer realisierbar sind.*

Verwendung von Kunststoff für AM abhalten – “Da merke ich auch ein Wechselbad der Gefühle, dass man will, aber nicht weiß, wie haltbar und nachhaltig das Ganze ist.” (Experte, Forschung B).

**Tabelle 2 – Kategorien der Dimension „Material“**

Material	Durchschnittlicher Anteil der Beiträge mit Nennung des Begriffs zwischen 2011 und 2016 in %	Änderung zwischen P1 und P2 in %
<b>Kunststoff</b>	71,79%	20,50%
<b>Metall</b>	23,37%	49,73%
<b>Lebensmittel</b>	5,43%	-75,21%
<b>Keramik</b>	4,41%	18,10%
<b>Holz</b>	2,75%	-36,60%

Die vergleichsweise seltene Nennung von **Metall** in den im online-Magazin publizierten Beiträgen zeigt ein eher geringes Interesse für dieses AM-Material. Ein Eindruck, der sich auch in den Interviews bestätigt – “Metall ist minimal. Von den 100 Anfragen, die wir im Jahr haben, sind vielleicht 2-3 für Metall. Das ist oft nicht ohne, was die Stützgeometrien angeht und auch von den Kosten her.” (Experte, Händler/Serviceanbieter). Metall wurde jedoch innerhalb des Untersuchungszeitraums als AM-Material attraktiver, auch wenn Experten bezweifeln, dass sich dieser Trend in der Zukunft fortsetzt – “Bei Metall merkt man dem Trend entsprechend, dass den Leuten das Wasser im Mund zusammenläuft. Die Frage ist, ob es nicht in den nächsten Jahren wieder einen Einbruch geben wird, weil das Produktivitätsthema jetzt noch nicht so ganz im Vordergrund steht, ich aber noch nicht in Aussicht habe, wie sie dieses Produktivitätssteigerungsthema im Metallbereich lösen wollen.” (Experte, Forschung B).

Bezüglich des Potentials von **Lebensmitteln** für AM sind die Einschätzungen der Forscher einerseits und der politischen Entscheidungsträger und Interessensvertreter andererseits stark divergierend. Während Forscher die hohen Kosten für die Einführung von AM und die geringen zusätzlichen Margen als Hauptgründe für den geringen Einsatz von Lebensmitteln in AM anführen – “Ich könnte mir vorstellen, dass das für einen klassischen Konditor auch einfach zu kompliziert ist, der ist ja gewöhnt, wie er seinen Zuckerguss macht, und wenn er jetzt anfangen muss CAD lernen, das kostet ihn was, einen Haufen Zeit und Aufwand, und wenn er für seine Zuckergusspralinen nur 50 Cent mehr verlangen kann als für die althergebrachten, dann zahlt sich das für ihn nicht aus.” (Experte, Forschung A), sehen sowohl Politiker als auch Interessensvertreter großes Potential für Lebensmittel als AM-Material – “Mich hat es gewundert, dass der Lebensmittelbereich als so wenig interessant erschienen ist. Gerade KMU können hier ja im kleinen Bereich etwas tun.” (Interessensvertreter).

**Tabelle 3 – Analytische Kategorien und emblematische Sequenzen zu AM-Materialien**

<b>Material</b>	<b>Emblematische Sequenzen</b>
<b>Kunststoff</b>	Von der Druckbarkeit ist Kunststoff, insbesondere das bei FDM verwendete PLA, klar an der Spitze, weil es einfach ist, weil es keine giftigen Dämpfe gibt und weil es weit verbreitet das günstigste Material ist. Der größte Nachteil ist Hitzebeständigkeit. (Experte, Händler/Serviceanbieter) Ich glaube, dass die Kunststofftechnik und Materialeigenschaften von Kunststoff im Schmelzverfahren schwieriger in Griff zu bekommen sind. Da merke ich auch ein Wechselbad der Gefühle, dass man will, aber nicht weiß, wie haltbar und nachhaltig das Ganze ist. (Experte, Forschung B)
<b>Metall</b>	Metalldrucker werden jene, die mit dem Produkt in Fertigung gehen können, und nicht diejenigen, die erst ein Funktions- oder Designmuster entwickeln. (Interessensvertreter) Metall ist minimal. Von den 100 Anfragen, die wir im Jahr haben, sind vielleicht 2-3 für Metall. Das ist oft nicht ohne, was die Stützgeometrien angeht und auch von den Kosten her. (Experte, Händler/Serviceanbieter) Bei Metall merkt man dem Trend entsprechend, dass den Leuten das Wasser im Mund zusammenläuft. Die Frage ist, ob es nicht in den nächsten Jahren wieder einen Einbruch geben wird, weil das Produktivitätsthema jetzt noch nicht so ganz im Vordergrund steht, ich aber noch nicht in Aussicht habe, wie sie dieses Produktivitätssteigerungsthema im Metallbereich lösen wollen. (Experte, Forschung B)
<b>Lebensmittel</b>	Ich denke, dass die additive Fertigung von Lebensmitteln ein großes Potential bietet. (Politiker A) Mich hat es gewundert, dass der Lebensmittelbereich als so wenig interessant erschienen ist. Gerade KMU können hier ja im kleinen Bereich etwas tun. (Interessensvertreter) Ich könnte mir vorstellen, dass das für einen klassischen Konditor auch einfach zu kompliziert ist, der ist ja gewöhnt wie er seinen Zuckerguss macht, und wenn er jetzt anfangen muss CAD lernen, das kostet ihn was, einen Haufen Zeit und Aufwand, und wenn er für seine Zuckergusspralinen nur 50 Cent mehr verlangen kann als für die althergebrachten, dann zahlt sich das für ihn nicht aus. (Experte, Forschung A)
<b>Keramik</b>	Keramik ist kein großes Thema, aber ein machtvoll Thema. Der für die Luftfahrt entwickelte LEAP Motor, zum Beispiel, konnte nur mit Hilfe von mit Keramik gedruckten Teilen entwickelt werden, weil die so hoch temperaturbeständig und so genau fertigbar waren. (Experte, Anwender) Keramik tangiert einerseits die Kreativszene, zum Beispiel Töpferei und Augarten Porzellan, und andererseits Hochleistungskeramik, die im Bereich der Biomedizin eingesetzt wird. Für die kleinen oder mittelgroßen österreichischen Unternehmen würde Hochleistungskeramik schon Potential bieten, weil man da auch Vorteile gegenüber Metallen hat, aber es kommt mir vor, dass die Unternehmen sich dieses Potentials noch nicht so ganz bewusst sind. (Experte, Forschung A) Ich könnte mir vorstellen, dass zum Beispiel die Schmuckbranche das Keramikthema für sich entdecken könnte. (Experte, Forschung B)
<b>Holz</b>	Ich denke, dass meine Kunden Holzfillamente künftig nur als technische Spielereien einsetzen werden. (Experte, Händler/Serviceanbieter) Holz würde sich schon anbieten für den Bau- und Architekturbereich. Lignin, ein Abfallprodukt der Holzindustrie, könnte ja zum Beispiel auch für Schalungen oder Fassadenelemente verwendet werden. (Experte, Forschung A) Holz spielt, glaube ich, eine untergeordnete Rolle. Wer Holz haben will, will Holz haben und nicht Plastik im Holz drinnen. (Experte, Forschung B)

Die Frequenzanalyse des online-Magazins zeigt eine geringe Bedeutung von **Keramik** als Material für AM. Während des Untersuchungszeitraums nahm die Bedeutung aber deutlich zu, was sowohl von Forschern als auch von Praktikern bestätigt wurde. Beide sehen ein breites Spektrum an zukünftigen Anwendungsgebieten für Keramik in AM. Genannte Anwendungsgebiete reichen von der Kreativwirtschaft über Medizin bis zum Flugzeugbau – von

“Keramik tangiert einerseits die Kreativszene, zum Beispiel Töpferei und Augarten Porzellan, und andererseits Hochleistungskeramik, die im Bereich der Biomedizin eingesetzt wird.” (Experte, Forschung A) bis “Der für die Luftfahrt entwickelte LEAP Motor, zum Beispiel, konnte nur mit Hilfe von mit Keramik gedruckten Teilen entwickelt werden, weil die so hoch temperaturbeständig und so genau fertigbar waren.” (Experte, Anwender).

Die geringe Bedeutung von **Holz** als Material für AM ist durch die Notwendigkeit erklärbar, im Druckprozess Kunststoff beizumengen – “Wer Holz haben will, will Holz haben und nicht Plastik im Holz drinnen.” (Experte, Forschung B). Trotzdem können Holz und Holzabfallprodukte für bestimmte Anwendungsgebiete, wie beispielsweise die Bauindustrie oder Architektur, in Zukunft Bedeutung erlangen – “Lignin, ein Abfallprodukt der Holzindustrie, könnte ja zum Beispiel auch für Schalungen oder Fassadenelemente verwendet werden.” (Experte, Forschung A). Die Frequenzanalyse des online-Magazins deutet jedoch bisher eine abnehmende Bedeutung von Holz als AM-Material an.

## AM Charakteristika

Im Hinblick auf die Charakteristika von AM werden **Kosten** sowohl von Interessensvertretern als auch Experten als wichtiger Faktor für die Entscheidung die Technologie einzusetzen angesehen. Es werden jedoch nicht nur die Kosten von AM berücksichtigt, sondern auch die Opportunitätskosten und die Möglichkeit die Gewinne durch den Einsatz dieser Technologie zu steigern – „Die Kunden fragen immer, was sie das kostet. Und sehr oft sage ich dann, ihr stellt die falsche Frage. Die Frage ist, was kostet es euch, wenn ihr das nicht macht, nicht was kostet euch, wenn ihr das macht.” (Experte, Anwender).

Die Möglichkeit **Gewicht** zu reduzieren wird durchgehend als wesentlicher Vorteil von AM angesehen – „Die zentralen Verkaufsargumente für AM sind weniger Gewicht und mehr Effizienz.” (Experte, Forschung A). Im Gegensatz dazu stimmen die Experten jedoch nicht zur Gänze überein, welche Vorteile das Charakteristikum Komplexität mit sich bringen könnte. Zum einen scheinen Nutzer die Möglichkeit komplexe Designs herzustellen oftmals für selbstverständlich zu halten – „Die meisten erwarten, dass sie komplexe Produkte drucken können, wenn sie einen 3D Drucker kaufen.” (Experte, Händler/Serviceanbieter). Zum anderen werden Nutzer bestehende Produkte nicht komplexer gestalten, nur um AM einzusetzen zu können. Vielmehr werden sie die Technologie nur dann in Erwägung ziehen, wenn sie ein neues Produkt entwickeln, das so komplex ist, dass es nur mit Hilfe

### **Fact Box: AM Charakteristika**

*Der Diskurs zu AM-Verfahren fokussiert auf verfahrenstypische Charakteristika, die im Vergleich zu anderen Produktionsverfahren als Vor- oder Nachteil diskutiert werden.*

*Neben allgemeinen ökonomischen Charakteristika wird häufig der Aspekt Gewicht diskutiert, weil sich das Produktionsverfahren sehr gut für die Erstellung von Leichtbauteilen für die Luft- und Raumfahrt sowie für den Automotivsektor eignet. Dabei werden wabenförmige Strukturen realisiert, die bei gleicher Stabilität Gewichtseinsparungen von bis zu 60% ermöglichen.*

*Komplexität ist ein Begriff der ebenfalls häufig mit AM in Verbindung gebracht wird, weil der schichtförmige Aufbau die Realisierung von „komplexen“ Strukturen ermöglicht, die mittels anderer Verfahren nicht oder nur schwer möglich sind. So lassen sich beispielsweise durch die schichtförmige Produktion die oben genannten Wabenstrukturen und andere innenliegende Strukturen (zum Beispiel für die Kühlung von Werkzeugen) realisieren.*

*Individualisierung ist ein weiterer Aspekt im AM-Diskurs. Das Schichtbauverfahren bietet eine formlose automatisierte Methode, mit der individuelle Aspekte ab der ersten Losgröße automatisiert produziert werden können. Sportschuhhersteller bieten beispielsweise Schuhe an, die vorab vom Kunden online individualisiert werden können.*

*Der Faktor Geschwindigkeit wird üblicherweise im Zusammenhang mit AM negativ diskutiert, weil AM eine vergleichsweise langsame Aufbaurate im Vergleich zu anderen Produktionsverfahren aufweist. Oft wird Geschwindigkeit als Flaschenhals für den breiten Einsatz von AM gesehen. Neue Entwicklungen, beispielsweise Parallelverarbeitung, könnten diese Hürde für AM-Anwendungen künftig reduzieren.*

*Der Aspekt Nachhaltigkeit bezieht sich vor allem auf die Möglichkeit der Produktion vor Ort, wodurch Logistikaufwand und damit Verkehrsaufkommen und CO<sub>2</sub>-Ausstoß reduziert werden können. Material und Energie werden bei AM im Vergleich zu herkömmlichen Produktionsverfahren jedoch nicht gespart, sobald die Herstellung der Ausgangsmaterialien berücksichtigt wird.*

von AM hergestellt werden kann. – „Ich mache mein Produkt nicht komplexer, damit ich es additiv fertigen kann. Komplexität kann das Ergebnis eines neuen Designs sein, das ich dann mit additiver Fertigung realisieren kann.“ (Experte, Forschung B).

**Tabelle 4 – Kategorien der Dimension „Charakteristika“**

Charakteristikum	Durchschnittlicher Anteil der Beiträge mit Nennung des Begriffs zwischen 2011 und 2016 in %	Änderung zwischen P1 und P2 in %
<b>Kosten</b>	8,88%	79,49%
<b>Gewicht</b>	6,11%	25,09%
<b>Komplexität</b>	4,61%	131,28%
<b>Individualisierung</b>	3,70%	145,57%
<b>Geschwindigkeit</b>	3,25%	114,03%
<b>Nachhaltigkeit</b>	2,66%	47,63%

Obwohl sowohl politische Entscheidungsträger als auch Experten **Individualisierung** als erheblichen Vorteil von AM ansehen – „Ich sehe einen der größten Vorteile additiver Fertigung in der individuellen gewerblichen Fertigung, zum Beispiel von Prothesen.“ (Politikerin B), spiegelt sich diese Sichtweise nur teilweise in der Frequenzanalyse des online-Magazins wider, da die Bedeutung dieses Themas trotz des deutlichen Anstiegs zwischen P1 und P2 insgesamt recht niedrig ist. Eine mögliche Erklärung für diese Diskrepanz könnte sein, dass potentielle Nutzer die Vorteile, die die Möglichkeit der Individualisierung bietet, noch nicht realisiert haben – „Es wundert mich, dass Individualisierung keine größere Rolle spielt, aber das hängt vielleicht damit zusammen, dass die additive Denkweise vielleicht noch nicht so etabliert ist.“ (Experte, Forschung B). Darüber hinaus könnte Individualisierung aber auch einfach in der jeweiligen Branche keine Rolle spielen – „Individualisierung ist kein großes Thema für uns. Meistens bekommen wir ja schon fertige Daten von den Industriekunden oder optimieren diese selbst mit CAD.“ (Experte, Händler/Serviceanbieter).

Sowohl politische Entscheidungsträger als auch Experten sehen **Geschwindigkeit** als entscheidendes Charakteristikum von AM, da es Unternehmen erlaubt ihre Durchlaufzeiten zu reduzieren und rasch auf Änderungen in der Nachfrage zu reagieren – „Insbesondere während der Entwicklungsphase hilft AM die Durchlaufzeiten zu beschleunigen.“ (Experte, Forschung B). Geschwindigkeit sollte dennoch nicht der einzige Grund sein, AM als Produktionsverfahren zu wählen. Sofern die Technologie nicht in die Wertschöpfungskette des Unternehmens integriert werden kann, sollten Unternehmen trotz einer möglichen Reduktion der Durchlaufzeiten davon absehen AM einzuführen. – „Für Kunden muss alles schnell gehen. Ob es richtig ist, ist zweitrangig, es muss immer schnell sein.“ (Experte, Anwender).

Die geringe Anzahl an Beiträgen zum Charakteristikum **Nachhaltigkeit** im online-Magazin kann durch die geringe Verbreitung von AM erklärt werden – „Ich brauche mir jetzt noch nicht Gedanken über die Nachhaltigkeit einer Technologie machen, wenn ich noch nicht einmal eine breite Anwendung für sie habe.“ (Experte, Forschung B). Sobald AM, insbesondere die Verwendung von Kunststoff in AM, weiterverbreitet ist, wird die Nachhaltigkeit dieser Technologie eine größere Rolle spielen – „Gerade im Polymerbereich wird die ganze Abfallproblematik schon noch ein Thema werden. Derzeit sind die Mengen zu gering, ein paar Tonnen 3D gedruckte Polymere gehen schlicht und einfach unter, wenn man das mit der Verpackungsindustrie vergleicht.“ (Experte, Forschung A).



**Tabelle 5 – Analytische Kategorien und emblematische Sequenzen zu AM-Charakteristika**

Charakteristikum	Emblematische Sequenzen
<b>Kosten</b>	<p>Unternehmen müssen zuerst sehr viel investieren in einen Drucker und der Drucker sollte sich nach spätestens 3 Jahren rechnen. Die Frage ist, ob die jetzigen Geräte schon so anwendungsnahe sind, dass das geht. (Interessensvertreter)</p> <p>Kosten sind ein Riesenthema. Insbesondere Privatkunden unterschätzen die hohen Kosten, wenn sie Dienstleistungen zukaufen. (Experte, Händler/Serviceanbieter)</p> <p>Die Kunden fragen immer, was sie das kostet. Und sehr oft sage ich dann, ihr stellt die falsche Frage. Die Frage ist, was kostet es euch, wenn ihr das nicht macht, nicht was kostet euch, wenn ihr das macht. (Experte, Anwender)</p> <p>Die Erfolgsgeschichten im 3D Druck sind eher die von Unternehmen, die Mehrwert erzeugen und dann auch mehr verlangen können. (Experte, Forschung A)</p> <p>Oft fragen Unternehmen nur, ob sie mit AM billiger produzieren können. Die Frage sollte aber eher sein, ob die Unternehmen die Technologie in ihre Wertschöpfungskette integrieren und Gewinne über die Lebensdauer des Produkts erzielen können. (Experte, Forschung B)</p>
<b>Gewicht</b>	<p>Die zentralen Verkaufsargumente für AM sind weniger Gewicht und mehr Effizienz. (Experte, Forscher A)</p>
<b>Komplexität</b>	<p>Die meisten erwarten, dass sie komplexe Produkte drucken können, wenn sie einen 3D Drucker kaufen. (Experte, Händler/Serviceanbieter)</p> <p>Ich mache mein Produkt nicht komplexer, damit ich es additiv fertigen kann. Komplexität kann das Ergebnis eines neuen Designs sein, das ich dann mit additiver Fertigung realisieren kann. (Experte, Forschung B)</p>
<b>Individualisierung</b>	<p>Ich sehe einen der größten Vorteile additiver Fertigung in der individuellen gewerblichen Fertigung, zum Beispiel von Prothesen. (Politikerin B)</p> <p>Individualisierung ist kein großes Thema für uns. Meistens bekommen wir ja schon fertige Daten von den Industriekunden oder optimieren diese selbst mit CAD. (Experte, Händler/Serviceanbieter)</p> <p>Es wundert mich, dass Individualisierung keine größere Rolle spielt, aber das hängt vielleicht damit zusammen, dass die additive Denkweise vielleicht noch nicht so etabliert ist. Ich denke, dass Individualisierung die Möglichkeit bietet neue Geschäftsmodelle zu entwickeln. (Experte, Forschung B)</p>
<b>Geschwindigkeit</b>	<p>Für Unternehmen ist eines der größten Potentiale von additiver Fertigung neben der lokalen Produktion auch die on-demand Produktion. (Politikerin A)</p> <p>Insbesondere KMUs profitieren von AM, weil ihnen AM hilft schnell auf Marktänderungen zu reagieren. (Politikerin B)</p> <p>Den Kunden reicht es meistens, wenn wir innerhalb einer angemessenen Frist liefern. (Experte, Händler/Serviceanbieter)</p> <p>Für Kunden muss alles schnell gehen. Ob es richtig ist, ist zweitrangig, es muss immer schnell sein. (Experte, Anwender)</p> <p>Insbesondere während der Entwicklungsphase hilft AM die Durchlaufzeiten zu beschleunigen. (Experte, Forschung B)</p>
<b>Nachhaltigkeit</b>	<p>AM hilft lokal zu produzieren. (Politikerin A)</p> <p>Gerade im Polymerbereich wird die ganze Abfallproblematik schon noch ein Thema werden. Derzeit sind die Mengen zu gering, ein paar Tonnen 3D gedruckte Polymere gehen schlicht und einfach unter, wenn man das mit der Verpackungsindustrie vergleicht. (Experte, Forschung A)</p> <p>Ich brauche mir jetzt noch nicht Gedanken über die Nachhaltigkeit einer Technologie machen, wenn ich noch nicht einmal eine breite Anwendung für sie habe. (Experte, Forschung B)</p>

## AM Anwendungsgebiete

Im Gegensatz zu den aus der Frequenzanalyse des online-Magazins gewonnen Ergebnissen wird die Erstellung von **Prototypen** trotz dessen Bedeutung für Unternehmen nicht als großes Thema angesehen. – „Auch heute noch wird die Prototypenfertigung in der Berichterstattung über AM als das große Thema herausgehoben. Für Unternehmen ist es ein relevantes Thema, aber als Hype-Thema ist es eigenartig.“ (Experte, Forschung B). Im Hinblick auf medizinische Anwendungsgebiete stimmen politische Entscheidungsträger und

Experten überein, dass AM enormes Anwendungspotential hat, das von Tissue Engineering – „Ich denke, dass AM im medizinischen Bereich großes Potential hat, insbesondere im Hinblick auf Tissue Engineering.“ (Politikerin A), bis zu Dentalanwendungen reicht – „Die Dentalbranche hat bereits begonnen AM einzusetzen. Hier werden wir in den nächsten Jahren einen sehr starken Anstieg sehen.“ (Experte, Forscher A). Die steigende Relevanz von AM für die industrielle Produktion, die durch die Frequenzanalyse vermittelt wurde, wird auch von den Interviewpartnern bestätigt – „Die industrielle Produktion ist der Bereich, wo ich merke, dass alle an AM interessiert sind und nach Wegen suchen, um die Technologie einzusetzen.“ (Experte, Forschung B). Unternehmen in diesem Bereich können sich besser gegen Immaterialgüterrechtsverletzungen verteidigen – „Für Unternehmen, die in der industriellen Produktion tätig sind, ist es üblicher Weise einfacher ihre Rechte im Fall von Immaterialgüterrechtsverletzungen durchzusetzen.“ (Experte, rechtliche Rahmenbedingungen), was wiederum die mit AM verbundenen Risiken reduziert.

**Fact Box: Anwendungsgebiete**

*AM stellt eine Variante der digitalen Produktion dar, die aufgrund der zahlreichen zur Verfügung stehenden Verfahren und Materialien breite Anwendungsmöglichkeiten bietet.*

*Der starke Fokus auf die Erstellung von Prototypen ist historisch bedingt. Die ersten AM-Technologien wurden ausschließlich zur schnellen Erstellung von Modellen („Rapid Prototyping“) entwickelt und eingesetzt. Auch heute stellt die Prototypenherstellung einen wirtschaftlich bedeutenden Faktor in der AM-Industrie dar.*

*Andere Anwendungsgebiete finden sich vor allem in low-volume und high-margin Bereichen der Medizin, Industrie oder Schmuckherstellung. AM ist besonders attraktiv in Anwendungsgebieten, in denen typische Charakteristika wie Komplexität oder Gewicht, bedeutende Vorteile gegenüber herkömmlichen Produktionsverfahren bieten.*

**Tabelle 6 – Kategorien der Dimension „Anwendungsgebiete“**

Anwendungsgebiete	Durchschnittlicher Anteil der Beiträge mit Nennung des Begriffs zwischen 2011 und 2016 in %	Änderung zwischen P1 und P2 in %
<b>Prototyping</b>	59,51%	0,30%
<b>Medizin</b>	49,47%	16,54%
<b>Industrielle Produktion</b>	29,93%	92,11%
<b>Werkzeugbau</b>	28,05%	-0,56%
<b>Kunst</b>	27,84%	-0,19%
<b>Flugzeugbau</b>	22,59%	90,14%
<b>Dienstleistung</b>	22,33%	17,84%
<b>Handel</b>	20,64%	54,63%
<b>Forschung</b>	16,57%	-6,55%
<b>Hobby (inkl. Ersatzteile)</b>	14,15%	-19,91%
<b>Bau</b>	11,17%	-53,41%
<b>Mode</b>	9,26%	81,85%
<b>Automotive</b>	8,41%	56,83%
<b>Schmuck</b>	4,87%	20,04%
<b>Bildung</b>	3,05%	194,42%

Sowohl Interessensvertreter als auch Experten sehen großes Potential für AM im **Werkzeugbau**, da dieses Anwendungsgebiet Unternehmen ermöglicht Ersatzteile selbst jederzeit additiv herzustellen und dadurch Lagerhaltungskosten zu verringern und die Unabhängigkeit von Lieferanten zu erhöhen. – „Jeder, der eine Fertigungsstraße hat, hat immer irgendwelche kleinen Teile, die heutzutage gefräst oder teuer zugekauft werden, obwohl man sie sich selbst ausdrucken könnte. Das Potential ist riesig, die Implementierung von AM ist aber sehr beratungsintensiv.“ (Experte, Händler/Serviceanbieter). Experten sehen auch die Kunstbranche als mögliches Anwendungsgebiet von AM. Unternehmen, die in dieser Branche tätig sind, werden jedoch noch mehr Zeit benötigen, um die mit dem Einsatz von AM verbundenen Vorteile zu erkennen. – „AM könnte im Kunstbereich

leicht eingesetzt werden, zum Beispiel für die Restaurierung von Kunstschatzen. Unternehmen müssen jedoch erst die Möglichkeiten erforschen, wie sie die Technologie einsetzen können.” (Experte, Forschung A).

**Tabelle 7 - Analytische Kategorien und emblematische Sequenzen zu AM-Anwendungsgebieten**

Anwendungs- gebiet	Emblematische Sequenzen
<b>Prototypen</b>	Auch heute noch wird die Prototypenfertigung in der Berichterstattung über AM als das große Thema herausgehoben. Für Unternehmen ist es ein relevantes Thema, aber als Hype-Thema ist es eigenartig. (Experte, Forschung B)
<b>Medizin</b>	<p>Ich denke, dass AM im medizinischen Bereich großes Potential hat, insbesondere im Hinblick auf Tissue Engineering. (Politikerin A)</p> <p>AM ist unglaublich wichtig für medizinische Anwendungen, beispielsweise Prothesen. (Politikerin B)</p> <p>Ich sehe bei Zahntechnikern einen möglichen Einsatzbereich von AM. (Interessensvertreter)</p> <p>Ich habe viele Spitäler, die 3D Drucker kaufen, als Kunden. (Experte, Händler/Serviceanbieter)</p> <p>Die Dentalbranche hat bereits begonnen AM einzusetzen. Hier werden wir in den nächsten Jahren einen sehr starken Anstieg sehen. (Experte, Forschung A)</p>
<b>Industrielle Produktion</b>	<p>Wir haben zu 99% B2B Kunden und das sind fast immer Industriekunden. (Experte, Händler/Serviceanbieter)</p> <p>Tendenziell sieht man, dass die industrielle Produktion im Bereich AM stark angestiegen ist, stärker als das Gewerbe. (Experte, Forschung A)</p> <p>Die industrielle Produktion ist der Bereich, wo ich merke, dass alle an AM interessiert sind und nach Wegen suchen, um die Technologie einzusetzen. (Experte, Forschung B)</p> <p>Für Unternehmen, die in der industriellen Produktion tätig sind, ist es üblicher Weise einfacher ihre Rechte im Fall von Immaterialgüterrechtsverletzungen durchzusetzen. (Experte, rechtliche Rahmenbedingungen)</p>
<b>Werkzeug- bau</b>	<p>Ich denke, dass Werkzeugbau ein potentiell Anwendungsgebiet von AM ist. Wenn ein Unternehmen irgendwo eine Spezialmaschine hat, die einen Ersatzteil benötigt, kann ich jemandem ein Druckfile schicken und der stellt ein Teil her, druckt das mehr oder minder vor Ort aus und das ist es. (Interessensvertreter)</p> <p>Jeder, der eine Fertigungsstraße hat, hat immer irgendwelche kleinen Teile, die heutzutage gefräst oder teuer zugekauft werden, obwohl man sie sich selbst ausdrucken könnte. Das Potential ist riesig, die Implementierung von AM ist aber sehr beratungsintensiv. (Experte, Händler/Serviceanbieter)</p> <p>Beim Thema Werkzeugbau habe ich das Gefühl, dass das ein Anwendungsgebiet ist, bei dem die Leute merken, dass das schon etwas ist, wo man mit dieser Technologie ganz gut herankommt. (Experte, Forschung B)</p>
<b>Kunst</b>	<p>AM könnte im Kunstbereich leicht eingesetzt werden, zum Beispiel für die Restaurierung von Kunstschatzen. Unternehmen müssen jedoch erst die Möglichkeiten erforschen, wie sie die Technologie einsetzen können. (Experte, Forschung A)</p> <p>Ich glaube, dass die industrielle Relevanz von AM für die Kunstbranche noch nicht realisiert wurde. (Experte, Forschung B)</p>
<b>Flugzeugbau</b>	Die Unternehmen in diesem Bereich wollen natürlich viel machen. Derzeit sind Airbus und GE die Hauptakteure. (Experte, Forschung B)
<b>Dienstleist- ung</b>	<p>Meiner Ansicht nach wären Copy Shops für AM eine gute Geschäftsidee. (Interessensvertreter)</p> <p>Dienstleister haben viel Knowhow was die Beherrschbarkeit betrifft. Insbesondere bei teureren Technologien bieten Dienstleister die Möglichkeit zu erforschen, wer was weiß oder welche Anlage was kann. (Experte, Forschung B)</p> <p>Ich habe die Nachteile unterschätzt in den ersten zwei Jahren, insbesondere im Hinblick auf den rapiden Anstieg bei der Kundenbetreuung. Kunden haben permanent angerufen mit Problemfällen, es fängt ja mit Haftungsproblemen an und reicht bis zu verstopften Düsen. Zwei Drittel der Unternehmen, die 2014 ein Dienstleistungsstartup gegründet haben, sind aus der Branche schon wieder ausgestiegen, weil sie die Komplexität unterschätzt haben. (Experte, Händler/Serviceanbieter)</p>

Anwendungs- gebiet	Emblematische Sequenzen	Fortsetzung der Tabelle
<b>Forschung</b>	Viele Unternehmen haben keine F&E Abteilung mehr, weil sie die Leute dafür nicht zahlen wollen. Wenn es das nicht mehr gibt, gibt es überhaupt niemanden mehr, der aufzeigen kann, wie 3D Druck verwendet werden könnte, um das Produkt so ändern, dass es effizienter in der Fertigung wird, oder um neue Produkte zu entwickeln. (Experte, Anwender)	
	Schulen haben schon sehr viele 3D Drucker stehen und machen damit auch Projekte, aber auf den Universitäten könnte meiner Meinung nach um einiges mehr passieren. (Experte, Forschung B)	
<b>Hobby (inkl. Ersatzteile)</b>	Ich halte es für unrealistisch, dass jeder einen 3D Drucker zu Hause hat. Ich bin skeptisch bezüglich der Akzeptanz und der Schnittstellen, nicht so sehr wegen der technischen Machbarkeit. (Politikerin B)	
<b>Bau</b>	Derzeit ist die Nachfrage im Bereich Architektur relativ schwach, vielleicht weil man da altmodisch ist und nicht den einen oder anderen Tausender in AM investieren möchte. (Experte, Händler/Serviceanbieter)	
	Wo es in meinen Augen noch nicht ganz klar ist, wie sich der Bereich entwickeln wird, ist Architektur. Ich denke, dass das Potential da wäre, um zum Beispiel Fassadenelemente von Wiener Gründerhäusern oder Schalungen zu drucken. (Experte, Forschung A)	
<b>Mode</b>	Mode ist zwar interessant für den Designerbereich, es wird aber sicher noch länger dauern bis der Bereich mehr Bedeutung erlangt. (Experte, Forschung A)	
<b>Automotive</b>	Was im Automobilbereich natürlich schon ein Thema sein könnte, ist der Ersatzteilbereich. Wenn ich einen Oldtimer mit einem gesprungenen Zylinderkopf habe, könnte ich den Teil einfach einscannen, eine Druckdatei erstellen und den Ersatzteil einfach ausdrucken. (Interessensvertreter)	
	Die Automobilindustrie macht ja wirklich viel im Bereich AM, aber es wird nicht viel darüber gesprochen. Ich glaube, dass AM zu sehr das Zukunftsgeschäft tangiert, da gibt man dann zu viel preis über die zukünftige Modellpalette. (Experte, Forschung A)	
<b>Schmuck</b>	AM wird in der Schmuckbranche oft eingesetzt, aber die Branche als solche ist nicht sehr groß in Österreich. (Experte, Forschung A)	
	AM ist prädestiniert für den Schmuckbereich. Ich glaube aber, dass Schmuckdesigner AM einfach einsetzen und nicht großartig darüber reden, weil sie ja nicht an der Technologie, sondern der Realisierung ihrer Idee interessiert sind. (Experte, Forschung B)	
<b>Bildung</b>	Durch das Bildungssystem sollten insbesondere die Offenheit für und die Neugierde an künftigen Technologien, wie AM, gefördert werden. Lehrpläne sollten daher auch möglichst früh Programmierkenntnisse und logisches Denken beinhalten. (Politikerin A)	
	AM könnte bei bestimmten Lehrberufen vermittelt werden, zum Beispiel im Bereich der Kunststoffverarbeitung oder der Baumeisterausbildung. (Interessensvertreter)	
	Weiterbildung funktioniert umso besser, je größer der Betrieb ist. In kleinen Betrieben muss zuerst der Chef überzeugt werden, dass es sich lohnt AM auszuprobieren, bevor man einen Kurs zu diesem Thema besuchen kann. (Interessensvertreter)	
	Für ein grundlegendes Verständnis von AM würde es reichen zu wissen, wie ein MakerBot funktioniert. (Experte, Händler/Serviceanbieter)	
	Ich sehe die Schwächen im Bildungssystem in zwei unterschiedlichen Bereichen: zum einen sollten Schulen wesentlich mehr Informatikkenntnisse im Lehrplan haben; zum anderen sollten Unternehmen besser über Immaterialgüterrechte informiert sein. (Experte, rechtliche Rahmenbedingungen)	

Im Vergleich zur Größe der Branche nimmt der **Flugzeugbau** einen relativ hohen Anteil der Berichterstattung im online-Magazin ein, was insbesondere auf die Tätigkeiten von Airbus und GE zurückzuführen ist – „Die Unternehmen in diesem Bereich wollen natürlich viel machen. Derzeit sind Airbus und GE die Hauptakteure.“ (Experte, Forschung B). Obwohl die Frequenzanalyse des online-Magazins eine untergeordnete Rolle der Dienstleistungsbranche für AM vermittelt, heben Experten die Bedeutung dieser Branche für den AM Markt, insbesondere für neu in diesen Markt eintretende Unternehmen, hervor. Dienstleister haben üblicher Weise gute Kenntnisse über die Handhabung unterschiedlicher AM Maschinen und Materialien und können daher Unternehmen beraten, ob es für sie Sinn macht AM einzusetzen und, wenn ja, wie AM in die Produktion integriert werden kann – „Dienstleister haben viel Knowhow was die Beherrschbarkeit betrifft. Insbesondere bei teureren

Technologien bieten Dienstleister die Möglichkeit zu erforschen, wer was weiß oder welche Anlage was kann.“ (Experte, Forschung B). Zwar erfüllen Dienstleister wichtige Funktionen, doch stehen sie auch Herausforderungen gegenüber, beispielsweise dem Kundenservice, das zu Beginn oftmals unterschätzt wird und einige Jahre später dazu führt, dass Unternehmen wiederum aus dem Markt aussteigen – „Ich habe die Nachteile unterschätzt in den ersten zwei Jahren, insbesondere im Hinblick auf den rapiden Anstieg bei der Kundenbetreuung. Kunden haben permanent angerufen mit Problemfällen, es fängt ja mit Haftungsproblemen an und reicht bis zu verstopften Düsen. Zwei Drittel der Unternehmen, die 2014 ein Dienstleistungsstartup gegründet haben, sind aus der Branche schon wieder ausgestiegen, weil sie die Komplexität unterschätzt haben.“ (Experte, Händler/Serviceanbieter). Trotz des erheblichen Anstiegs der Beiträge im online-Magazin zum Thema Handel kommentierte keiner der Interviewpartner dieses Anwendungsgebiet.

Experten sehen sowohl bei Unternehmen als auch Universitäten Handlungsbedarf im Bereich **Forschung** – von „Viele Unternehmen haben keine F&E Abteilung mehr, weil sie die Leute dafür nicht zahlen wollen. Wenn es das nicht mehr gibt, gibt es überhaupt niemanden mehr, der aufzeigen kann, wie 3D Druck verwendet werden könnte, um das Produkt so ändern, dass es effizienter in der Fertigung wird, oder um neue Produkte zu entwickeln.“ (Experte, Anwender), zu „Schulen haben schon sehr viele 3D Drucker stehen und machen damit auch Projekte, aber auf den Universitäten könnte meiner Meinung nach um einiges mehr passieren.“ (Experte, Forschung B). In Übereinstimmung mit der abnehmenden Anzahl von Beiträgen zum Thema Hobby im online-Magazin wird das Potential von AM in dieses Anwendungsgebiet als niedrig angesehen – „Ich halte es für unrealistisch, dass jeder einen 3D Drucker zu Hause hat. Ich bin skeptisch bezüglich der Akzeptanz und der Schnittstellen, nicht so sehr wegen der technischen Machbarkeit.“ (Politikerin B).

Trotz des deutlichen Rückgangs der Anzahl von Beiträgen zum Anwendungsgebiet **Bau** im online-Magazin zwischen 2011 und 2016, möglicherweise aufgrund des Vorherrschens traditionell denkender Unternehmen in dieser Branche und des daraus resultierenden geringen Interesses in AM zu investieren – „Derzeit ist die Nachfrage im Bereich Architektur relativ schwach, vielleicht weil man da altmodisch ist und nicht den einen oder anderen Tausender in AM investieren möchte.“ (Experte, Händler/Serviceanbieter), sehen Experten das Potential AM künftig beispielsweise für die Herstellung von Fassadelementen zu verwenden – „Ich denke, dass das Potential da wäre, um zum Beispiel Fassadelemente von Wiener Gründerhäusern oder Schalungen zu drucken.“ (Experte, Forschung A). Im Hinblick auf das Anwendungsgebiet Mode denken Experten, dass das Potential von AM in diesem Bereich derzeit noch nicht genutzt wird – „Mode ist zwar interessant für den Designerbereich, es wird aber sicher noch länger dauern, bis der Bereich mehr Bedeutung erlangt.“ (Experte, Forschung B).

Sowohl der Interessensvertreter als auch einer der Experten sehen die **Automobilbranche** als mögliches Anwendungsgebiet von AM, beispielsweise für die Herstellung von Ersatzteilen oder von Prototypen für neue Baureihen – „Was im Automobilbereich natürlich schon ein Thema sein könnte, ist der Ersatzteilbereich. Wenn ich einen Oldtimer mit einem gesprungenen Zylinderkopf habe, könnte ich den Teil einfach einscannen, eine Druckdatei erstellen und den Ersatzteil einfach ausdrucken.“ (Interessensvertreter). Die vergleichsweise niedrige Anzahl an Beiträgen zu diesem Thema im online-Magazin, die den Einsatz von AM in der Automobilbranche nicht adäquat widerzuspiegeln scheint, könnte auf die Zurückhaltung der Automobilhersteller über den Einsatz von AM zu sprechen zurückgeführt werden, da dieser häufig mit dem zukünftigen Geschäft in Verbindung steht – „Die Automobilindustrie macht ja wirklich viel im Bereich AM, aber es wird nicht viel darüber gesprochen.

Ich glaube, dass AM zu sehr das Zukunftsgeschäft tangiert, da gibt man dann zu viel preis über die zukünftige Modellpalette.“ (Experte, Forschung A).

Die **Schmuckbranche** wird von den Interviewpartnern als vielversprechendes Anwendungsgebiet von AM gesehen. Die geringe Anzahl an Beiträgen zu diesem Thema im online-Magazin spiegelt daher nicht die begrenzten Möglichkeiten AM in dieser Branche einzusetzen wider, sondern ist eher auf die geringe Größe der Branche in Österreich und die geringe Kommunikation der Schmuckdesigner zu ihren Fertigungsmethoden zurückzuführen – „AM ist prädestiniert für den Schmuckbereich. Ich glaube aber, dass Schmuckdesigner AM einfach einsetzen und nicht großartig darüber reden, weil sie ja nicht an der Technologie, sondern der Realisierung ihrer Idee interessiert sind.“ (Experte, Forschung B).

Politische Entscheidungsträger und Experten sehen die Notwendigkeit ein System im Bereich der **Bildung** zu etablieren, das die Neugierde der Schüler und Studierenden sowie deren Offenheit für AM von klein auf fördert, indem aktuelles Wissen zu dieser Technologie in die Lehrpläne von Schulen, bestimmten Lehren und Universitäten integriert wird – „Durch das Bildungssystem sollten insbesondere die Offenheit für und die Neugierde an künftigen Technologien, wie AM, gefördert werden. Lehrpläne sollten daher auch möglichst früh Programmierkenntnisse und logisches Denken beinhalten.“ (Politikerin A). Über die Integration von AM in das Bildungssystem hinaus sollte auch Weiterbildung gefördert werden. Dies kann insbesondere für kleine Unternehmen eine Herausforderung darstellen, da Mitarbeiter zunächst das Interesse des Managements gewinnen müssen, bevor sie Weiterbildungsmaßnahmen im Bereich AM besuchen dürfen – „Weiterbildung funktioniert umso besser, je größer der Betrieb ist. In kleinen Betrieben muss zuerst der Chef überzeugt werden, dass es sich lohnt AM auszuprobieren, bevor man einen Kurs zu diesem Thema besuchen kann.“ (Interessensvertreter).

### **4.3. Interpretation der zukünftigen AM-Landkarte**

#### **AM Materialien in den Anwendungsgebieten**

Die Auswertung der Diskurse des online-Magazins bezüglich der für AM eingesetzten Materialien ist über die Anwendungsgebiete hinweg klar von Kunststoff und Metall dominiert. Während Kunststoff hauptsächlich im Zusammenhang mit industrieller Produktion, Dienstleistungen und Schmuck, gefolgt von Medizin und Prototyping genannt wird, wird der Einsatz von Metall hauptsächlich in den Bereichen industrielle Produktion, Dienstleistungen und Forschung diskutiert. Interessanterweise hat sich innerhalb des Betrachtungszeitraums der Diskurs zu Metall als AM-Material in den für den Metallverarbeitung typischen Bereichen industrielle Produktion, Werkzeugbau, Flugzeugbau und Automotiv kaum verändert. Die Bedeutung von Metall als AM-Material ist zwischen 2011 und 2016 jedoch in den Bereichen Medizin, Prototyping und Schmuck gestiegen. Metall scheint somit auch in Bereichen, die traditionell nicht von Metall dominiert werden, Potential für AM zu haben.

Keramik wird meist in Zusammenhang mit industrieller Produktion und Forschung diskutiert. Diese beiden Anwendungsgebiete von Keramik bei AM haben innerhalb des Betrachtungszeitraums auch deutlich an Bedeutung gewonnen. Auch die Bedeutung von Keramik als Material für AM im Dienstleistungsbereich ist deutlich gestiegen, auch wenn dieses Material nach absoluten Zahlen nur einen geringen Raum im online-Magazin einnimmt. Für Lebensmittel ist das meist diskutierte Anwendungsgebiet die Medizin. Neben für die Medizin attraktiven diätologischen Möglichkeiten von Lebensmitteln als AM-Material, ist dieses Ergebnis

sicherlich auch davon getrieben, dass Beiträge zu Lebensmitteln meist auch Angaben zu Nährwerten enthalten. Medizin als AM Anwendungsgebiet konnte seine Bedeutung zwischen 2011 und 2016 erheblich steigern. Einzig Prototyping konnte als AM-Anwendungsgebiet einen ähnlichen Bedeutungszuwachs verbuchen. Nur zwei Anwendungsgebiete verloren im Betrachtungszeitraum an Bedeutung: Forschung und Hobby.

**Tabelle 8 – Heat Map AM-Materialien/Anwendungsgebiete**

	Kunststoff	Metall	Keramik	Lebensmittel	Holz
Industrielle Produktion	5 (++)	5 (+/-)	4 (++)	3 (+)	3 (+/-)
Dienstleistung	5 (++)	4 (++)	3 (++)	3 (-)	2 (+/-)
Forschung	3 (+)	4 (++)	4 (++)	3 (--)	3 (+)
Medizin	4 (+)	3 (++)	3 (-)	4 (++)	n.a.
Prototyping	4 (++)	3 (++)	2 (+/-)	3 (++)	1 (+/-)
Mode	3 (+/-)	3 (+)	2 (+/-)	3 (+/-)	2 (+/-)
Bau	3 (++)	2 (+)	2 (+/-)	3 (+/-)	3 (++)
Schmuck	5 (+)	3 (++)	1 (+/-)	1 (+/-)	n.a.
Werkzeugbau	3 (++)	3 (+/-)	2 (+/-)	2 (+/-)	n.a.
Handel	3 (++)	2 (+/-)	2 (+/-)	1 (+/-)	2 (+/-)
Flugzeugbau	3 (++)	3 (+/-)	2 (+/-)	1 (+/-)	n.a.
Bildung	2 (+/-)	3 (+/-)	2 (+/-)	1 (+/-)	n.a.
Hobby (inkl. Ersatzteile)	3 (+)	2 (+/-)	1 (+/-)	2 (--)	n.a.
Kunst	n.a.	2 (+/-)	2 (+)	2 (+/-)	1 (+/-)
Automotive	2 (+/-)	1 (+/-)	1 (+/-)	1 (+/-)	n.a.

*Anmerkungen:*

Die Tabelle zeigt die Häufigkeit der gemeinsamen Nennung von Kategorien der Dimensionen AM-Materialien und AM-Anwendungsgebiete zwischen 2011 und 2016. 1 entspricht der geringsten gewichteten Häufigkeit der gemeinsamen Nennung, während 5 die höchste gewichteten Häufigkeit der gemeinsamen Nennung anzeigt. n.a. impliziert, dass zu diesem Diskurs kein Artikel zwischen 2011 und 2016 publiziert wurde.

Die Vorzeichen in Klammern geben die Veränderung der Häufigkeit gemeinsamer Nennungen von Begriffen der Kategorien AM-Materialien und AM-Anwendungsgebiete zwischen P1 und P2 an: ++ starker Anstieg (>+50%), + leichter Anstieg (>+10% bis ≤+50%), +/- stagnierend (≥-10% bis ≤+10%), - leichte Abnahme (<-10% bis ≥-50%), -- starke Abnahme (>-50%).

Unsere Ergebnisse zeigen eine relative geringe Bedeutung von Holz als AM-Material. Zum einen wird Holz nur selten bis durchschnittlich gemeinsam mit einem Anwendungsgebiet genannt und zum anderen wird Holz zwischen 2011 und 2016 als AM-Material in vielen Anwendungsgebieten wie Medizin, Flugzeugbau oder Bildung gar nicht genannt. In einem Anwendungsgebiet zeigte Holz jedoch einen starken Bedeutungszuwachs, nämlich Bau.

## AM Charakteristika in den Anwendungsgebiete

Hinsichtlich der AM-Charakteristika zeigt die Analyse der Beiträge des online-Magazins, dass in den meisten Anwendungsgebieten der dominante Diskurs auf die Kosten fokussiert. Das gilt besonders für die Anwendungsgebiete industrielle Produktion und Schmuck, aber in abgeschwächter Form auch für die Gebiete Forschung, Prototyping, Medizin und Dienstleistungen. Zudem nahm über die Anwendungsgebiete hinweg die Bedeutung der Kosten in der Diskussion zu AM zwischen 2011 und 2016 deutlich zu. Hingegen wird der Aspekt Gewicht als Charakteristikum von AM nur in einer vergleichsweise geringen Anzahl an Beiträgen im online-Magazin thematisiert. Im Betrachtungszeitraum gewann Gewicht im AM Diskurs aber erheblich an Bedeutung.

Ebenso thematisieren relativ wenige im online-Magazin publizierte Beiträge die Aspekte Individualisierung und Geschwindigkeit. Der Aspekt Individualisierung gewann zwischen 2011 und 2016 aber an Bedeutung in den Diskursen zu den Anwendungsgebieten industrielle Produktion, Prototyping und Dienstleistungen. Für den Aspekt Geschwindigkeit war eine Bedeutungszunahme in diesem Zeitraum für die Anwendungsgebiete industrielle Produktion und Forschung feststellbar. In den meisten Anwendungsgebieten werden die Aspekte Nachhaltigkeit und Komplexität im Zeitraum 2011 bis 2016 in keinem der Beiträge im online-Magazin thematisiert. Auch in den Diskursen zu jenen Anwendungsgebieten, in denen Nachhaltigkeit und Komplexität erwähnt werden, bleiben diese beiden AM-Charakteristika von geringer Bedeutung. Zudem verlor der Aspekt Nachhaltigkeit im AM Diskurs im Betrachtungszeitraum weiter an Bedeutung.

Hinsichtlich der Materialien für AM unterstützen die Interviews nicht immer die Ergebnisse der Analyse des online-Magazins. Während die Heat Map dem Einsatz von Keramik besonders in den Anwendungsgebieten industrielle Produktion und Forschung Bedeutung beimisst, sehen die ExpertInnen auch in den Gebieten Schmuck und Medizin große Potentiale für dieses AM Material, besonders für Klein- und Mittelbetriebe. – „Ich glaube, dass Keramik in der Biomedizin eine große Rolle spielen könnte. In Österreich könnten kleine und mittelgroße Unternehmen in diesem Bereich viel mehr machen!“ (Experte, Forschung A). Zudem könnte Keramik nach Meinung der ExpertInnen auch im Flugzeugbau in Zukunft mehr genutzt werden, da es neue Lösungen, beispielsweise im Motorenbau, ermöglicht. – „Der für die Luftfahrt entwickelte LEAP Motor, zum Beispiel, konnte nur mit Hilfe von mit Keramik gedruckten Teilen entwickelt werden, weil die so hoch temperaturbeständig und so genau fertigbar waren.“ (Experte, Anwender)

Im Einklang mit den Ergebnissen der Analyse des online-Magazins betonten die ExpertInnen auch, dass Holz verstärkt in der Bauindustrie eingesetzt wird. Derzeit sehen die ExpertInnen den Fokus des AM-Diskurses aber auf den falschen Märkten. Während die Hersteller auf den relativ beschränkten Markt der Hobbyisten fokussieren, würde die Bauindustrie mit ihrem großen Materialverbrauch einen weitaus größeren und profitableren Markt für das AM-Material Holz bieten. – „Außer in 3D-Druckern verwendete Holzfillamente wird Holz in AM kaum eingesetzt. Ich glaube der Fokus ist einfach am falschen Markt. Man sollte sich nicht auf den home user konzentrieren, sondern auf die Bauindustrie. Dort werden Tonnen an Material gebraucht.“ (Experte, Forschung A).

Bezüglich der Charakteristika von AM bestätigen die Aussagen der InterviewpartnerInnen und FokusgruppenteilnehmerInnen die Ergebnisse der Analyse des online-Magazins. Eine entscheidende Bedeutung kommt der Diskussion zu den Kosten von AM in der industriellen Produktion zu. Die Gesprächspartner schreiben diese bedeutende Rolle der Kostenfrage der zunehmenden Verwendung von AM im tatsächlichen Produktionsprozess zu – „Ich verstehe den Trend. Viele Industriebetriebe versuchen gerade herauszufinden, wie sie AM in ihren Produktionsprozessen nutzen können.“ (Experte, Forschung B). Während das Gewicht ein relativ wenig diskutiertes AM-Charakteristikum ist, sehen die Interviewpartner große Potentiale besonders im Flugzeugbau. – „Im Flugzeugbau können die hohen Kosten von AM nur gerechtfertigt werden, wenn ich Gewicht sparen kann.“ (Experte, Forschung A). Die Bedeutung der durch AM möglichen Individualisierung der Produktion bestätigen die politischen Entscheidungsträger in den Interviews und betonen dabei die Potentiale für medizinische Anwendungen. – „Ich sehe einen der größten Vorteile additiver Fertigung in der individuellen gewerblichen Fertigung, zum Beispiel von Prothesen.“ (Politikerin B).



**Tabelle 9 – Heat Map AM-Charakteristika/Anwendungsgebiete**

	Kosten	Gewicht	Individualisierung	Geschwindigkeit	Nachhaltigkeit	Komplexität
<b>Industrielle Produktion</b>	5 (++)	3 (++)	3 (++)	3 (++)	1 (+/-)	3 (+/-)
<b>Forschung</b>	4 (++)	3 (++)	1 (+/-)	3 (++)	3 (--)	n.a.
<b>Prototyping</b>	4 (++)	3 (-)	3 (++)	3 (-)	2 (+/-)	1 (+/-)
<b>Medizin</b>	4 (++)	3 (++)	3 (+)	3 (+/-)	1 (+/-)	1 (+/-)
<b>Dienstleistung</b>	4 (++)	3 (++)	3 (++)	3 (+/-)	1 (+/-)	1 (+/-)
<b>Schmuck</b>	5 (++)	2 (++)	3 (+/-)	1 (+/-)	n.a.	n.a.
<b>Kunst</b>	3 (++)	2 (+)	2 (+/-)	3 (++)	1 (+/-)	n.a.
<b>Handel</b>	3 (+/-)	2 (+/-)	3 (+/-)	2 (+/-)	n.a.	n.a.
<b>Bau</b>	3 (++)	2 (++)	3 (+)	n.a.	1 (+/-)	n.a.
<b>Flugzeugbau</b>	3 (++)	3 (++)	1 (+/-)	1 (+/-)	n.a.	n.a.
<b>Mode</b>	3 (++)	2 (+/-)	2 (+/-)	1 (+/-)	n.a.	n.a.
<b>Hobby (inkl. Ersatzteile)</b>	2 (++)	3 (+)	n.a.	2 (+/-)	n.a.	n.a.
<b>Werkzeugbau</b>	3 (++)	1 (+/-)	2 (+/-)	n.a.	n.a.	n.a.
<b>Automotive</b>	2 (+)	2 (+)	n.a.	n.a.	1 (+/-)	n.a.
<b>Bildung</b>	n.a.	n.a.	n.a.	1 (+/-)	n.a.	n.a.

Anmerkungen:

Die Tabelle zeigt die Häufigkeit der gemeinsamen Nennung von Kategorien der Dimensionen AM-Charakteristika und AM-Anwendungsgebieten zwischen 2011 und 2016. 1 entspricht der geringsten gewichteten Häufigkeit der gemeinsamen Nennung, während 5 die höchste gewichtete Häufigkeit der gemeinsamen Nennung anzeigt. n.a. impliziert, dass zu diesem Diskurs kein Artikel zwischen 2011 und 2016 publiziert wurde.

Die Vorzeichen in Klammern geben die Veränderung der Häufigkeit gemeinsamer Nennungen von Begriffen der Kategorien AM-Charakteristika und AM-Anwendungsgebiete zwischen P1 und P2 an: ++ starker Anstieg ( $>+50\%$ ), + leichter Anstieg ( $>+10\%$  bis  $\leq+50\%$ ), +/- stagnierend ( $\geq-10\%$  bis  $\leq+10\%$ ), - leichte Abnahme ( $<-10\%$  bis  $\geq-50\%$ ), -- starke Abnahme ( $>-50\%$ ).

#### **4.4. Thesen zu den prioritären Handlungsfeldern**

Der hier durchgeführte Technology Foresight hatte zum Ziel die Potentiale und Hemmnisse für die Entwicklung von AM nach Anwendungsgebieten, Materialien und Charakteristika für den Zeitraum bis 2025 zu identifizieren und daraus Thesen abzuleiten, die eine empirisch fundierte Basis für die Formulierung konkreter Handlungsempfehlungen für die österreichische Politik und Praxis bieten. Damit löst die Studie den Anspruch eines Technology Foresights ein, nämlich die Zukunft der Technologieentwicklung aktiv mitzugestalten.

##### ***These 1: Die Einführung von AM in Bildung und Forschung begünstigt die Hebung der Potentiale.***

Um von existierenden Technologien bestmöglich profitieren zu können, muss eine realistische Einschätzung der damit verbundenen Chancen und Risiken erfolgen. Bei neueren Technologien und jungen Wachstumsmärkten stehen jedoch vielfach keine verlässlichen und eindeutigen Informationen zur Verfügung. So kommt es zu einer Polarisierung in der Einschätzung der Potentiale. Entweder es entstehen optimistische Hypes und/oder zu einem voreiligen Verwerfen einer Technologie aufgrund ungeprüfter Annahmen. Potentielle Anwender sehen sich somit der Herausforderung konfrontiert eine Entscheidung über die Implementierung einer neuen Technologie unter hohen Unsicherheiten treffen zu müssen. Es besteht das Risiko einer Fehlinvestition oder eines zu späten Einsatzes der neuen Technologien.

Die Einführung von AM im primären, sekundären und tertiären Bildungsbereich sowie in der Weiterbildung ist daher notwendig, um einen realistischen Zugang zu sowie einen professionellen Umgang mit diesem Produktionsverfahren zu ermöglichen. Nur von gut ausgebildeten und mit AM vertrauten Führungskräften, MitarbeiterInnen, KundInnen und politischen EntscheidungsträgerInnen können die Potentiale von AM für Innovation, Investition und Wirtschaftsleistung gehoben werden. Als Folge der Schwächen im Bildungsbereich besteht derzeit ein Mangel an Grundlagen- und Anwendungsforschung zu AM. So bleiben vorhandene Potentiale von AM ungenützt. Insbesondere braucht es in der Forschung eine Zusammenarbeit der Bereiche Kreativwirtschaft, Design, Produktion, Materialwissenschaft und Softwareentwicklung.

*These 1.1: Die Interdisziplinarität von AM zu verstehen begünstigt die Hebung der Potentiale.*

Erfolgreiche AM-Anwendungen fordern stets die Beherrschung mehrerer Fähigkeiten in den Bereichen Kreativität, technisches Zeichnen, Materialwissenschaft und Mechatronik sowie ein tiefgreifendes Fachwissen in dem Bereich, in dem AM als Produktionsform eingesetzt wird (z.B. Medizin oder Werkzeugbau). Da die Vernachlässigung nur eines dieser Bereiche eine erfolgreiche Anwendung gefährden kann, sollten sich Anwender dieser Interdisziplinarität von AM bewusst sein und ihr bereits vor der Anwendung ausreichend Rechnung tragen.

*These 1.2: Die Freiheiten des Schichtbauverfahren von AM zu verstehen begünstigt die Hebung der Potentiale.*

Um die Vorteile von AM Verfahren nutzen zu können, müssen Entwickler die Möglichkeiten des Schichtbauverfahrens verstehen und zu beherrschen lernen. Während viele CAD/CAM Entwickler noch auf traditionelle Produktionsverfahren geschult sind, bietet AM die Möglichkeit abstrakte und innenliegende Strukturen (z.B. Leichtbauverfahren oder innenliegende Temperierkanäle) zu realisieren, die neuartige Produktfunktionen ermöglichen. Eine Voraussetzung dafür ist jedoch nicht nur die Beherrschung des technischen Zeichnens, sondern auch das Verständnis der AM-Prinzipien und die Fähigkeit abseits von eingefahrenen Strukturen denken zu können. Daher sollte kreatives out-of-the-box-Denken in der Produktentwicklung unterstützt werden. Das Prinzip des Schichtbauverfahrens kann dabei auch auf kostengünstigen Maschinen (z.B. im Bildungsbereich) erlernt werden, bevor in ein teures AM-System investiert wird.

*These 1.3: Kommunikation von best-practice Anwendungen begünstigt die Hebung der Potentiale.*

Additive Fertigungsverfahren spielen in einigen Bereichen bereits eine wichtige Rolle und gewinnen dort zunehmend an Relevanz. Häufig genannte Wachstumsbereiche sind Dentalanwendungen, gefolgt von sonstigen medizinischen Implantaten und Prothesen. In der industriellen Produktion finden sich zahlreiche Berichte über Anwendungen in der Luft- und Raumfahrt (vor allem zum erfolgreichen Einsatz von Leichtbauteilen), wohingegen der Bereich Automotive im Vergleich zu seiner tatsächlichen Marktrelevanz nur eine relativ geringe Medienberichterstattung erfährt. Gerade in der Automobilindustrie wird AM seit Jahrzehnten erfolgreich für Prototypen und direkt manufacturing eingesetzt. Dieser erfolgreiche Einsatz von AM findet jedoch größtenteils unter Ausschluss der Öffentlichkeit statt. Die zurückhaltende Informationspolitik ist Sicht der Automobilhersteller nachvollziehbar, stellt AM doch eine Schlüsseltechnologie für die Weiterentwicklung des Produktportfolios da. Dennoch könnte eine offenere Kommunikation von erfolgreichen in der industriellen Produktion etablierten Anwendungen die Diffusion von AM fördern. Daher sollten staatliche Förderungen für Forschung und Entwicklung im Bereich AM nur unter der Bedingung bewilligt werden, dass die Förderempfänger über den

Erfolg des Einsatzes von AM in ihrer Wertschöpfungskette berichten.

***These 2: Die Nutzung vorhandener Knowledge Hubs begünstigt die Hebung der Potentiale.***

Auch wenn das Bildungssystem das Thema AM noch unzureichend behandelt, haben potentielle Anwender die Möglichkeit existierende Knowledge Hubs wie Dienstleister, Open Space Einrichtungen (zB Fab Labs) und Forschungsinstitute pro-aktiv zu kontaktieren und so für einen Wissenstransfer zu sorgen. Besonders Dienstleister können eine wichtige Rolle spielen, indem sie neben einem Wissenstransfer auch einen guten ersten Einstieg in die Thematik – beispielsweise durch gemeinsame Testprojekte – ermöglichen, ohne bei den Erstanwendern hohe, unsichere Investitionen in Anlagen oder neue Mitarbeiter nötig zu machen. Dienstleister begleiten Unternehmen oft bei einem fließenden Übergang von einer anfänglichen externen Produktion zu einer späteren in-house Produktion, sobald für ausreichend Erfahrung und Auslastung gesorgt ist. Der Kontakt zu Forschungsinstitutionen ist immer dann interessant, wenn neue Produktionsmethoden, Verfahren oder Materialien entwickelt werden sollen, um neue Produktionsspezifika realisieren zu können.

***These 3: Die Entwicklung neuer Produkte und neuer Geschäftsmodelle begünstigt die Hebung der Potentiale.***

Wie bei jeder Entscheidung über die Implementierung eines neuen Produktionsverfahrens ist auch bei der Entscheidung über den Einsatz von AM der Kostenvergleich mit den bestehenden Produktionsverfahren entscheidend. Da AM ein radikal anderes Produktionsprinzip beinhaltet, werden Kostenvorteile von AM oft übersehen und AM erscheint als teurer und langsamer. Grund dafür ist, dass Produktionsbetriebe bereits auf traditionelle Massenfertigungsverfahren optimiert wurden und AM daher im Direktvergleich eine schlechte Alternative darstellt. Diese Einschätzung ist sicherlich für eine Vielzahl von Produkten auch durchaus zutreffend, da AM oftmals nicht geeignet ist einen ausgeklügelten Massenfertigungsprozess zu ersetzen. Häufig wird nur für einen bestimmten Abschnitt der Wertschöpfungskette ein bestehender Produktionsprozess mit einem alternativen AM Produktionsprozess verglichen, ohne die Effekte auf vor- und nachgelagerte Produktionsschritte und die durch AM eröffneten zusätzlichen Möglichkeiten bezüglich Flexibilität, Individualisierung und Materialersparnis zu berücksichtigen. Eine Entscheidung für oder gegen den Einsatz von AM sollte aber auf der Grundlage einer ganzheitlichen Analyse über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg getroffen werden.

Häufig wird ein solches grundsätzliches Überdenken erst im Rahmen der Umstellung des Produktportfolios oder des Geschäftsmodells erfolgen. Es ist aber zu erwarten, dass disruptive Entwicklungen wie die Digitalisierung und insbesondere der in Österreich und Deutschland als Industrie 4.0 diskutierte Teilbereich in vielen produzierenden Unternehmen ein solches Neudenken notwendig machen wird. In der Digital Economy werden die Vorteile von AM gegenüber traditionellen Produktionsverfahren deutlich werden. Besonders attraktiv erscheint die synergetische Kombination traditioneller Produktionsverfahren mit AM. AM sollte als neues Produktionsverfahren daher nicht nur mit vorhandenen Lösungen verglichen, sondern auch auf seine Potentiale für gänzlich neue Antworten für bislang ungelöste Probleme und für die Lösung ganz neuer Probleme geprüft werden. Ein solches Beispiel ist die mit AM hergestellte Invisalign Zahnsperre, die aufgrund bisher produktionstechnisch nicht realisierbarer Produktspezifikationen aktuell große Marktanteile von den traditionell produzierenden Mitbewerbern gewinnt.

***These 4: Die Betrachtung der Gesamtkosten, die für die Befriedigung eines Kundenbedürfnisses entstehen, begünstigt die Hebung der Potentiale.***

Eine traditionelle Stückkostenbetrachtung ist aufgrund des in der additiven Fertigung verwendeten Schichtbauverfahrens oft nicht aussagekräftig. Dies gilt vor allem dann, wenn AM neue Produktfunktionen, die Kombination von mehreren Schritten des Produktionsprozesses oder eine Beschleunigung der Produktentwicklung ermöglicht. Auch wenn in dieser Studie die AM-Charakteristika Gewicht, Komplexität, Individualität, Geschwindigkeit und Nachhaltigkeit getrennt analysiert wurden, müssen Unternehmen diese Faktoren in einer ganzheitlichen Kosten-Nutzen-Analyse gemeinsam und in ihrem Zusammenwirken analysieren.

Daher ist bei der Prüfung eines Einsatzes von AM immer auf Umwegrentabilitäten zu achten. Ein prominentes Beispiel einer erfolgreichen Umwegrentabilität ist der Einsatz von AM zur Erstellung von Leichtbauteilen in Flugzeugen. Obwohl die Produktionskosten derartiger Leichtbauteile jene von traditionellen Teilen übersteigen, zeigt der Einsatz von AM langfristige Einsparungen durch geringere Kerosinkosten. Im Zentrum der Entscheidung über den Einsatz von AM sollte daher immer das zu befriedigende Kundenbedürfnis stehen und nicht der Vergleich der Kosten der traditionellen oder AM-basierten Herstellung eines bestimmten Teils. Im oben genannten Beispiel kann der Bedarf der Kunden nach einem möglichst günstigen Betrieb der Flugzeuge mit Leichtbauteilen mittels AM besser befriedigt werden, als mit traditionellen Produktionsverfahren, obwohl der Teil für sich traditionell günstiger hergestellt werden kann.

Auch der oft als Flaschenhals von AM bezeichnete Faktor Geschwindigkeit kann sich bei genauerer Betrachtung in einigen Fällen als falsch erweisen, wenn die gesamte Wertschöpfungskette von der Produktentwicklung bis zur Entsorgung betrachtet wird. So können beispielsweise aufgrund einer verkürzten und verbesserten Entwurfsphase durch Rapid Prototyping oftmals nicht nur wertvolle Entwicklungszeiten eingespart und so time-to-market-Zeiten verkürzt werden, sondern auch die Qualität der entwickelten Produkte gesteigert und so Korrekturkosten und -zeiten verringert werden.

Obwohl Hersteller und Anwender von AM Systemen an der Optimierung der Druckgeschwindigkeiten (beispielsweise durch den Einsatz intelligenterer Algorithmen, mehrerer Druckköpfe, Laser oder Extruder oder durch das Verbinden von ganzen Flächen anstelle von einzelnen Punkten in einem Schritt) arbeiten, unterliegen viele Verfahren physikalischen Grenzen, die eine stetige Steigerung der Geschwindigkeit unwahrscheinlich machen. Eine von Experten prognostizierte Lösung könnte die Parallelverarbeitung, beispielsweise durch einen Verbund mehrere AM-Systeme (mit intelligenten und automatischen Druckjobmanagement, Materialzuführung oder Produktentnahme), bieten. Während ein solcher Zugang zwar nicht die direkte Produktionszeit eines einzelnen Produkts verringert, kann die durchschnittliche Produktionszeit deutlich reduziert werden ohne auf die Möglichkeit von individuellen Anpassungen am Produkt verzichten zu müssen.

#### ***These 5: Die Fokussierung auf Produktfunktionen statt auf Komplexität begünstigt die Hebung der Potentiale.***

Die proklamierte Möglichkeit mittels AM komplizierte Strukturen erstellen zu können, wird von den Experten teilweise als irreführend wahrgenommen. Komplexität ergibt sich zwar vielfach bei der Entwicklung bestimmter Produkte, ist aber in der Produktentwicklung weniger Ziel als unerwünschter Nebeneffekt angestrebter Produkteigenschaften. Hersteller sollten bei der Produktentwicklung im ersten Schritt daher zuerst auf Realisierung der gewünschten Produkteigenschaften aus Kundensicht und weniger auf die daraus resultierenden Komplexitäten im Produktionsprozess achten. Erst im Anschluss daran sollte ein geeignetes

Verfahren zur Herstellung ausgewählt werden. Dies kann, muss aber nicht AM sein. Ziel sollte jedenfalls die Verringerung von Produktkomplexitäten aus der Perspektive des Kunden sein.

***These 6: Das Erkennen zusätzlicher Kundenutzen durch automatisierte Individualisierung begünstigt die Hebung der Potentiale.***

Ein oft genannter Vorteil von AM ist die Möglichkeit der Massenindividualisierung. Auch die im Zuge dieser Studie befragten Experten betonen dieses Potential von AM. Unter Massenindividualisierung versteht man die geringfügige Individualisierung von sonst standardisierten Produkten, um einen Mehrwert für den Kunden zu schaffen und die Zahlungsbereitschaft zu erhöhen. Der Begriff betont jedoch zu wenig die Möglichkeit der automatisierten Herstellung individualisierter Produkte abseits der Massenproduktion. Derzeit werden über geringfügige Anpassungen hinausgehend individualisierte Produkte meist noch in Handarbeit hergestellt. Gerade für Handwerks- und Gewerbebetriebe kann AM hier eine Möglichkeit bieten repetitive, aber auf einzelne KundInnen individualisierte Arbeiten (teil-)automatisiert durchzuführen. Derartige Betriebe sollten repetitiven Bearbeitungstätigkeiten analysieren, die aufgrund individueller Kundenwünsche ohne AM nicht automatisiert werden konnten. Dieser Zugang hat sich besonders in Bereichen mit kleinen Stückzahlen, aber hohen Margen (zB Werkzeugbau, (Dental-)Medizin, Kunst und Schmuckherstellung) als erfolgreich erwiesen.

***These 7: Die Berücksichtigung der Vielfalt an Materialien für AM begünstigt die Hebung der Potentiale.***

Wie bereits oben beschrieben basiert AM stark auf Interdisziplinarität, wobei die Materialwissenschaft eine Schlüsselrolle einnimmt. Wie in allen anderen Lebensbereichen auch, unterliegt auch die Produktion Trends. So war im AM-Diskurs hinsichtlich der eingesetzten Materialien eine klare Präferenz für Kunststoffe erkennbar. Solche Trends können bei der Wahl des AM-Materials für die eigene Anwendung den Blick auf besser geeignete Alternativen verstellen.

Kunststoffe bieten durch vielseitige Materialeigenschaften, eine vergleichsweise einfache Handhabung sowie geringe Kosten Vorteile, die in einer Vielzahl von Anwendungsgebieten genützt werden können. Zusätzlich werden Kunststoffe abhängig vom herangezogenen AM Verfahren auch als unverzichtbarer Bestandteil in der Verarbeitung von anderen Materialien, beispielsweise in der lithografischen Verarbeitung von Keramik, als Verbundwerkstoff oder für Mischungen wie Holzfillamente benötigt. Gleichzeitig bringen Kunststoffe jedoch auch Herausforderungen im Bereich der Beständigkeit und Nachhaltigkeit mit sich.

Obwohl Metalle derzeit für AM noch eine geringere Rolle als Kunststoffe spielen, ist das Interesse zwischen 2011 und 2016 deutlich angestiegen. Der Anstieg und das Interesse kann einerseits durch den Markteinstieg von General Elektrik (GE) Aviation und dessen Kauf zweier relevanter Maschinenhersteller sowie andererseits durch vermehrte Anwendungen von AM in der Medizin sowie der Luft- und Raumfahrt erklärt werden. Einige Experten sehen den Trend aber dennoch kritisch, da Metalle vergleichsweise teuer, schwer zu verarbeiten und in Zukunft teilweise durch Hochleistungskunststoffe und Keramiken ersetzt werden könnten.

Während die additive Verarbeitung von Lebensmitteln im Betrachtungszeitraum anfänglich eine hohe Medienberichterstattung genoss, hat sich die anfängliche Euphorie aufgrund der bis dato geringen Marktrelevanz solcher Anwendungen rasch reduziert. Dennoch sehen Experten ein künftiges Potential, beispielsweise in der Herstellung individualisierter Diätprodukte oder in der molekularen Zusammenstellung individueller Pharmamittel.

Trotz einer anfänglich geringen Medienberichterstattung sowie eines nur moderaten Anstiegs zwischen 2011 und 2016 sehen Experten aufgrund seiner besonderen Materialeigenschaften künftig vor allem für industrielle Anwendungen ein Potential in Keramik als AM-Material. Obwohl Holz in AM derzeit nur eine untergeordnete Rolle spielt und vor allem als Holzfillament verwendet wird, sehen Experten ein Potential dieses Werkstoffes vor allem in der Bauindustrie.

Analog zu den Produkteigenschaften sollten Anwender daher mögliche Materialien trendunabhängig auf die Eignung zur Erfüllung der angestrebten Produkteigenschaften prüfen. Der Wechsel von Produktionsverfahren kann teilweise auch mit dem Wechsel eines traditionell verwendeten Materials einhergehen. So könnten aufgrund neuer Entwicklungen in der Kunststofftechnologie derzeit mittels traditioneller Produktionsverfahren aus Metall gefertigte Produkte künftig mittels AM aus Kunststoff produziert werden.

***These 8: Die Berücksichtigung des Beitrags von AM zur Nachhaltigkeit begünstigt die Hebung der Potentiale.***

Additive Fertigungsverfahren bieten Verfahrensabhängig eine Vielzahl von theoretisch erzielbaren Effekten hinsichtlich Nachhaltigkeit. Genannt werden oftmals Aspekte wie geringerer Energieverbrauch oder die Reduzierung von Materialabfällen (Short et al., 2015). Während diese beiden Aspekte von Experten aufgrund des hohen Energieaufwandes bei der AM Materialproduktion sowie des Bestehens von Alternativtechnologien mit ebenfalls geringen Materialabfall kritisch beurteilt werden, ist man sich über potentielle positive Effekte einig, die dadurch entstehen, dass mit AM erst wenn Bedarf nach dem Produkt besteht und dort, wo das Produkt gebraucht wird, produziert werden kann. Konkret könnten durch eine vor-Ort-Produktion nicht nur Transportwege, sondern auch der damit einhergehende CO<sub>2</sub> Ausstoß reduziert und durch nachfragegesteuerte Produktion (z.B. selten nachgefragte Ersatzteile) Lagerkosten und Überproduktion verringert werden. Die Vorteile werden von Experten aktuell deshalb als theoretisch bezeichnet, da der Gesamtanteil additiv hergestellter Produkte derart gering ist, dass der absolute Effekt im Vergleich zu Maßnahmen bei anderen Produktionsprozessen vernachlässigbar ist. Mit zunehmender Anwendung additiver Technologien oder einer verschärften Umweltgesetzgebung könnten diese Effekte aber zukünftig rasch an Relevanz gewinnen.

***These 9: Die langfristige Zuweisung von Forschungsmitteln begünstigt die Hebung der Potentiale.***

Aufgrund der genannten Interdisziplinarität additiver Verfahren ist die Entwicklung neuer Anwendungen vielfach auf zeit- und kostenintensive (Grundlagen-)Forschung angewiesen. Öffentliche und private Forschungsförderstellen sollten daher versuchen redundante Forschungsanstrengungen zu vermeiden und dafür die Ressourcen langfristig in vielversprechende Ansätze investieren. Open-Source-Strategien können die Diffusion von Forschungsergebnissen beschleunigen. Der Entwicklung von open-innovation-Zentren an Universitäten kann den Praxistransfer von Forschungsergebnissen intensivieren.

***These 10: Die unreflektierte Anwendung von AM führt zu Enttäuschten Erwartungen und hemmt die Hebung der Potentiale.***

Auch wenn additive Produktionsverfahren in manchen Bereichen unterschätzt werden, wird sich für einen Großteil der Produkte weiterhin ein traditionelles Herstellungsverfahren besser eignen. Nach ausgiebiger kritischer Überprüfung sollten potentielle Anwender daher analog zu den oben genannten Materialtrends auch

die Nichteignung von AM für den eigenen Betrieb akzeptieren und nicht einen scheinbar innovativeren Produktionsprozess erzwingen. Um die Wettbewerbsfähigkeit zu sichern, sollten Unternehmen verfahrensunabhängig die Eignung alternativer Herstellungsverfahren regelmäßig neu evaluieren. So kann verhindert werden, dass neue Entwicklungen, wie beispielsweise die Digitalisierung, zu spät erkannt werden.

#### ***4.5. Maßnahmenoptionen in den prioritären Handlungsfeldern***

Die Leistungsfähigkeit des österreichischen Ökosystems für Innovation und Technologieentwicklung lässt sich an vier Kategorien erfassen: (1) ökonomische Leistungsfähigkeit, (2) Performance im gesellschaftlichen Bereich, (3) ökologische Leistungsfähigkeit und (4) Innovationsperformance bzw. -effizienz. Je besser ein neues technologisches Prinzip – beispielsweise AM – diese vier Aspekte gleichzeitig abdecken kann, umso größer ist der potenzielle Beitrag für die FTI-Strategie der österreichischen Bundesregierung.

#### **Prioritäre Handlungsfelder**

Vor dem Hintergrund dieses systemischen Verständnisses ordnen wir die in dieser Studie als relevant identifizierten AM-Charakteristika den Kategorien des österreichischen Ökosystems für Innovation und Technologieentwicklung zu (siehe erste und zweite Spalte in Abbildung 1). Die Kategorie ökonomische Leistungsfähigkeit ist mit den AM-Charakteristika „Kosten“ und „Geschwindigkeit“ assoziiert. Die Performance im gesellschaftlichen Bereich wird durch die „Individualisierung“ der Produktion durch AM abgedeckt. Durch eine automatisierte Herstellung von Produkten, die genau auf individuelle Bedürfnisse des Menschen zugeschnitten wurden, kann der Konsumentennutzen und so in Summe der Nutzen für die Gesellschaft erhöht werden. Gleichzeitig können durch die automatisierte individualisierte Produktion Lösungen für Bedürfnisse zu marktfähigen Preisen angeboten werden, wodurch zusätzlich gesellschaftlicher Nutzen geschaffen wird. Die Kategorie ökologische Leistungsfähigkeit findet ihre Entsprechung im AM-Charakteristikum „Nachhaltigkeit“. Hier stehen die Reduktion von Transportwegen durch die Möglichkeit einer vor-Ort-Produktion sowie die Reduktion von Lagerbedarf durch eine on-demand Produktion von selten nachgefragten Produkten (Ersatzteile) im Fokus. Der Kategorie Innovationsperformance- bzw. -effizienz sind die AM-Charakteristika „Gewicht“ und „Komplexität“ zugeordnet. Beide Charakteristika stellen wichtige Aspekte dar, wenn bestehende Produkte und Geschäftsmodelle gänzlich neu gedacht werden und neue Kundenbedürfnisse adressiert werden sollen. Die durch AM eröffneten Spielräume bieten Raum für einerseits gesteigerte Innovationstätigkeit und andererseits für effizientere Innovationsprozesse.

Den identifizierten AM-Charakteristika wird dabei jedoch unterschiedlich große Bedeutung im AM-Diskurs zugeschrieben (Einordnung auf der Skala in der dritten Spalte in Abbildung 1) und diese Bedeutung hat sich im Betrachtungszeitraum unterschiedlich entwickelt (Länge des Schweifs in der dritten Spalte in Abbildung 1). Zudem unterscheidet sich die Bedeutung der AM-Charakteristika für unterschiedliche Anwendungsgebiete (siehe ab der vierten Spalte in Abbildung 1). Je stärker das AM-Charakteristikum in einem Anwendungsgebiet diskutiert wurde, desto dunkler ist die entsprechende Zelle eingefärbt. In diesen Anwendungsgebieten hat AM das größte Potential zur Stärkung des österreichischen Innovations- und Technologiestandortes beizutragen. Unsere Maßnahmenoptionen adressieren daher genau diese Maßnahmenfelder.





## Maßnahmenoptionen

- **Ganzheitliches Denken im Management und Prinzipien von Digitalisierung im Allgemeinen und AM im Besonderen müssen in der Aus- und Weiterbildung in den Vordergrund gestellt werden.** Denn für fast alle Anwendungsbereiche von AM gilt, dass bei der Beurteilung der ökonomischen Sinnhaftigkeit des Einsatzes von AM im eigenen Betrieb auf Basis fundierter Kenntnisse der AM-Prinzipien in mehrfacher Hinsicht ganzheitlich gedacht werden muss. Es dürfen nicht nur die Kosten von AM mit jenen des substituierten Produktionsverfahrens isoliert für den direkt betroffenen Abschnitt der Wertschöpfungskette betrachtet werden. Vielmehr braucht es einen Vergleich der Kosten für die Befriedigung eines bestimmten Kundenbedürfnisses bzw. der Bereitstellung eines bestimmten Marktangebotes. Dabei sind die Auswirkungen einer Umstellung auf AM auf die vor- und nachgelagerten Wertschöpfungsstufen und das gesamte Geschäftsmodell bzw. das durch AM mögliche alternative Geschäftsmodell zu beachten. Es gilt bei der Beurteilung alle technisch möglichen AM-Materialien (besonders Metall, Kunststoff und Keramik) und alle Organisationsformen der Produktion sowie die Einbeziehung von Dienstleistern zu prüfen.
- **Handwerk und industrielle Produktion müssen in Bildung, unternehmerischer Praxis und den Institutionen (Interessensvertretungen, Förderschienen) zusammengeführt werden, um das durch AM gebotene Potential automatisierter Individualisierung heben zu können.** Das Prinzip von AM erlaubt für fast alle Anwendungsbereiche eine (Teil-)Automatisierung von individualisierter Produktion. War dieser Grad der Individualisierung bisher dem Handwerk vorbehalten und die Massenfertigung automatisiert, ermöglicht AM nun ab der ersten Losgröße einen automatisierten Produktionsprozess. AM ermöglicht Automatisierung und damit die Nutzung von Skaleneffekten im Handwerk genauso wie Individualisierung und damit die Maximierung des Kundennutzens durch perfekte Anpassung des Einzelstücks an die Bedürfnisse jedes einzelnen Kunden in der industriellen Massenfertigung. Diese Konvergenz der Produktionsprinzipien wird sich in strukturellen Veränderungen der Unternehmenslandschaft abbilden. Um den von AM induzierten Strukturwandel für den österreichischen Wirtschaftsstandort optimal nutzen zu können, müssen sich die Akteure in den Bereichen Handwerk und industrielle Produktion als Partner begreifen und kooperativ die Zukunft gestalten.
- **Durch fiskalpolitische Maßnahmen muss für Kostenwahrheit in der Logistik gesorgt werden, um die Vorteile von AM durch vor-Ort-Produktion und Gewichtsreduktion in Zukunft deutlicher erkennbar zu machen. Statt nur CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu berücksichtigen, soll auch das Gewicht von Fahrzeugen für die Bemessung der Abgaben berücksichtigt werden.** AM ermöglicht eine Produktion vor Ort. Dies reduziert das Transportaufkommen und damit die Verkehrsbelastung sowie den CO<sub>2</sub>-Ausstoß. Gleichzeitig ermöglicht AM die on-demand-Produktion, was zu einer Erhöhung der Flexibilität und einer Reduktion der Lagerbestände und damit des gebundenen Kapitals und des Raumbedarfs führt. Um die Vorteile von AM sichtbar zu machen, braucht es Kostenwahrheit bei Transport und Lagerung und eine Einpreisung der negativen externen Effekte herkömmlicher Logistik wie Verkehrsstaus, Folgen des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes, Versiegelung von Grünflächen. Zudem ermöglicht AM eine deutliche Reduktion des derzeit sehr hohen Eigengewichts von Transportmitteln. Die Gewichtsreduktion durch AM reduziert bereits kurzfristig den Verbrauch fossiler Treibstoffe und erhöht mittelfristig die Reichweite und damit die Attraktivität alternativer Antriebe wie Strom.

- **Für Innovationsimpulse durch AM müssen Bildung und Weiterbildung in Österreich den Rahmen des Denkens entsprechend der neuen technischen Möglichkeiten erweitern.** Vom Kindergarten bis zur Executive Education hat die Vermittlung des technisch aktuell und zukünftig Möglichen höchste Priorität für die Förderung der Innovation. Besonders die Möglichkeit mit AM komplexe Strukturen herzustellen und das Gewicht der Produkte deutlich zu reduzieren macht bisher unerfüllbare Kundenbedürfnisse erfüllbar. AM erweitert den Rahmen des Machbaren. Nun müssen Bildung und Weiterbildung den Rahmen des Denkens über sämtliche von AM betroffene Disziplinen und Ausbildungsprogramme hinweg entsprechend erweitern.

## 5. Konfirmatorische Studie

Nachdem in der explorativen Studie zahlreiche für die zukünftige Entwicklung von AM in Österreich relevante Faktoren identifiziert und Thesen zum Zusammenspiel dieser Faktoren formuliert wurden, gilt es nun im Folgeprojekt mit einem konfirmatorischen Forschungszugang eine Quantifizierung vorzunehmen. Die quantitative Studie erfasste auf der Basis eines weiterentwickelten Technology Acceptance Models (TAM III) die Wirkung des österreichischen Innovationsökosystems auf die Entwicklung von AM. Damit lassen sich konkrete Aussagen und Handlungsempfehlungen ableiten.

Dazu wurde nach einem Pretest des Erhebungsinstruments eine quantitative Online-Befragung via unipark zu den Potentialen und Gefahren von AM für den Zeithorizont bis 2025 durchgeführt, die sich an österreichische Unternehmen aus den Sektoren Industrie, Gewerbe und Handwerk, Forschungs- und Ausbildungsinstitution, Verwaltung sowie Handel & Dienstleistung richteten. Befragte, die keinen Sektor angaben, wurden in der Kategorie „Sonstiger Bereich“ zusammengefasst. Dieser Fokus wurde zuvor in einer Expertengruppe gemeinsam mit den Auftraggebern definiert.

Die Ergebnisse der statistischen Analyse der quantitativen Daten wurden dann vor dem Hintergrund der qualitativen Ergebnisse interpretiert. Neben der Bewertung der Hypothesen wurden für Forschung, unternehmerische Praxis und Politik konkrete Handlungsvorschläge abgeleitet, wie die Hindernisse im österreichischen Innovationsökosystem reduziert und die Potentiale von AM im Zeithorizont bis 2025 optimal gehoben werden können. Als Ergebnis liegt eine Liste der validierten Thesen und Handlungsempfehlungen vor.

### 5.1. Methoden und Datengrundlage

#### Stichprobenziehung und Datengrundlage

Die empirische Analyse basiert auf Umfragedaten auf Unternehmensebene, die in Österreich erhoben wurden. Ein Auszug aller in Österreich registrierter Unternehmen mit einer offiziellen E-Mail-Adresse, die am 14. März 2018 verfügbar war, ergab 185.535 Unternehmen. Die Liste der Unternehmen wurde nach KMU gefiltert. Unternehmen ohne Mitarbeiterinformationen und Unternehmen mit mehr als 500 Mitarbeitern wurden ausgeschlossen, was zu 151.361 Unternehmen führte. Um die Repräsentativität zu maximieren, haben wir ein regional zufriedenstellendes Stichprobenverfahren durchgeführt, das von Kiber, Kautonen und Fink (2015) vorgeschlagen wurde: Zunächst wurden alle 2.379 österreichischen Gemeinden (1.1.2011) den neun Bundesländern Österreichs zugeordnet. Im zweiten Schritt wurden alle Gemeinden in den einzelnen Bundesländern nach den von Statistik Austria angewandten zehn (0-9) Ortsgrößen Kategorien 1 (nachfolgend: „Siedlungseinheiten“ = SE) eingestuft. Gemäß dem Ortsbegriff bilden nur Gemeinden mit einer Mindestanzahl

von 501 Einwohnern einen Ort (Statistik Austria 2011); daraus ergibt sich eine Stichprobe von 1.628 Gemeinden. Im dritten Schritt wurden alle aufgelisteten Gemeinden mit einer Ortsgröße von weniger als 5.000 Personen (Ortskategorie 1 und 2) ( $n = 1.482$ ) aufgrund ihrer begrenzten Bevölkerungszahl für regionale Forschungszwecke ausgeschlossen, was zu einer Stichprobe von 146 Gemeinden führt. Im vierten Schritt wurden die SE von 3 (5.000-10.000 Personen) bis 9 ( $> 300.000$  Personen (d.h. nur Wien)) in drei Arten von Gemeinden zusammengefasst (Typ A = SE 3 ( $< 10.000$  Menschen); Typ B = SE 4-5 (10.000-50.000 Menschen); Typ C = SE 6-9 ( $> 50.000$  Menschen); während im österreichischen Kontext Gemeinden des Typs A eher ländliche Siedlungen darstellen, repräsentierten Gemeinden des Typs B eher halb städtische Siedlungen und Gemeinden des Typs C eher städtische Siedlungen. Alle 146 Gemeinden wurden entsprechend zugeordnet (Statistik Austria 2011).

Im fünften Schritt wurde vor der zufälligen Auswahl der Gemeinden die Hauptstadt jedes der neun Bundesländer automatisch einbezogen, um die Einbeziehung aller neun Kernverwaltungsgemeinden/-städte in Österreich (d.h. Typ B = Eisenstadt und Sankt Pölten; Typ C: Klagenfurt, Linz, Salzburg, Graz, Innsbruck, Bregenz und Wien) abzusichern. Im sechsten Schritt wurden zu den neun einbezogenen Hauptstädten, neben Wien als Gemeinde und Bundesland gleichzeitig, jeweils eine Gemeinde vom Typ A und eine Gemeinde vom Typ B in den übrigen acht Bundesländern zufällig ausgewählt. Da die Hauptstadt des Bundeslandes Niederösterreich, Sankt Pölten, eine Gemeinde vom Typ B ist, wurde Wiener Neustadt automatisch als einzige Gemeinde vom Typ B in Niederösterreich ausgewählt. Da das Burgenland keine Gemeinde vom Typ C und nur zwei Gemeinden vom Typ B hat, wurde die Gemeinde Mattersburg automatisch neben der einbezogenen Hauptstadt und Gemeinde vom Typ B Eisenstadt ausgewählt. Daraus ergibt sich eine Stichprobe von 25 Gemeinden, die eine regionale Verteilung von acht städtischen Gebieten (Typ C), neun halb städtischen Gebieten (Typ B) und acht ländlichen Gebieten (Typ A) darstellt. Um die gleiche Anzahl aller drei Regionaltypen bereitzustellen, wurde im siebten Schritt die letzte verbleibende Gemeinde des Typs C (SE = 6, laut Statistik Austria 2011) mit der Bezeichnung Wels (innerhalb des Bundeslandes Oberösterreich) und eine des ländlichen Raums zufällig aus Niederösterreich, dem nach Wien bevölkerungsstärksten Bundesland, ausgewählt. Der endgültige Stichprobenumfang dieser Umfrage besteht somit aus 27 Gemeinden/Städten.

Auf diese Weise wurden Anfang 2019 die Umfragedaten von 27 Gemeinden/Städten aller neun Bundesländer Österreichs erhoben. Von den 151.361 Unternehmen waren 52.845 in diesen Gemeinden/Städten registriert. Die 52.845 Unternehmen wurden verwendet, um eine ausgewogene Zufallsstichprobe von 7.286 Unternehmen in allen 27 Gemeinden / Städten zu erhalten. Dabei wurden alle aufgeführten Unternehmen mit weniger als 500 Mitarbeitern und einer offiziellen E-Mail-Adresse (als Filter für minimale digitale Kompetenz) ausgewählt, die zum Zeitpunkt der Stichprobenentnahme (14. März 2018) als Unternehmen in einer der Gemeinden registriert waren. Die Kontaktaufnahme mit den 7.286 in die Stichprobe einbezogenen Unternehmen, die durch computergestützte Telefoninterviews erfolgte, ergab insgesamt 619 Antworten, was einer Rücklaufquote von 8,5 % entspricht.

## **Operationalisierung und Analysestrategie**

Die quantitative Validierung der Thesen aus der explorativen Studie erfolgt in Form einer direkten Abfrage der Zustimmung zu den wörtlich wiedergegebenen Thesen. Dabei werden die Befragten gebeten ihren Zustimmungswert auf einer sieben-stufigen Skala anzugeben, die von „stimme ich überhaupt nicht zu“ (codiert als 1 und in den folgenden Grafiken als Dunkelgrün dargestellt) bis „stimme ich völlig zu“ (codiert als 7 und in

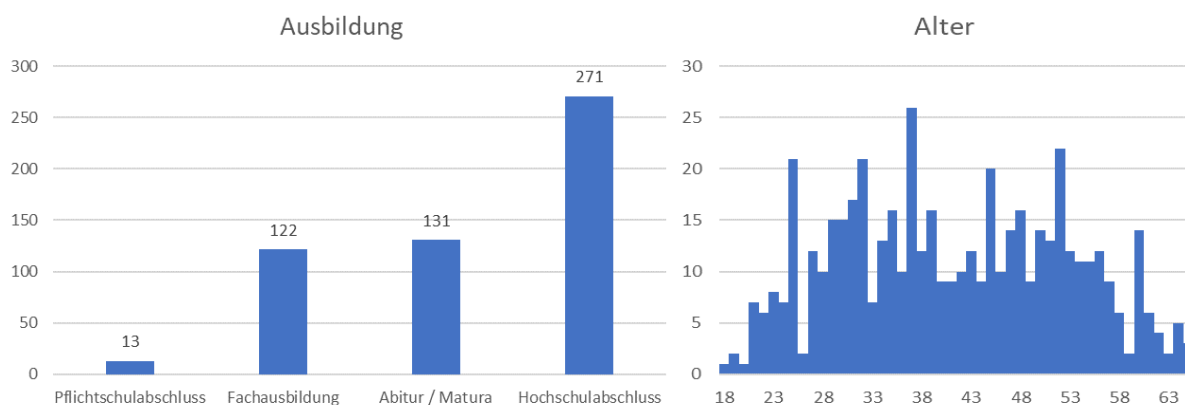
den folgenden Grafiken als Dunkelrot dargestellt) reicht. Für jede These werden die Antwortreaktionen als Histogramm dargestellt. So zeigt sich deutlich, welcher der Thesen von den Befragten wie stark zugestimmt wird.

## 5.2. Ergebnisse

### Deskriptive Statistik

Von den insgesamt 619 Entscheidungsträger aus österreichischen Unternehmen, die an der Befragung teilgenommen haben, verfügen etwa ein Drittel (n=205) über persönliche Erfahrung und etwa zwei Drittel (n=414) über keine Erfahrung mit AM. Das Alter der Befragten streut zwischen 18 und 65 Jahren (siehe Abbildung 2). Rund vier Fünftel der Befragten sind männlich, was recht gut den Anteil der Führungskräfte in österreichischen Betrieben repräsentiert. Im Vergleich zur allgemeinen Bevölkerung sind im Datensatz Personen mit Hochschulabschluss deutlich überrepräsentiert und Personen mit Pflichtschulabschluss unterrepräsentiert (siehe Abbildung 2). Diese Verteilung reflektiert aber gut die Bildungssituation der Zielgruppe – Entscheidungsträger im Unternehmen. Insgesamt kann davon ausgegangen werden, dass die erfassten Personen im Datensatz die Zielgruppe recht gut repräsentieren.

**Abbildung 2 – Alter und Ausbildung**



### Auswertung

Die quantitative Validierung der entwickelten Thesen erfolgte im Zuge der durchgeführten Umfrage unter unternehmerischen Entscheidungsträgern. Die mit den Experten entwickelten qualitativen Thesen sollten so auf breiter Datenbasis validiert werden. Zusätzlich soll der Zustimmungsgrad zu den einzelnen Thesen für eine Reihung der Thesen herangezogen werden. Thesen mit stärkerer Zustimmung können als wichtiger betrachtet werden als jene mit weniger starker Zustimmung. Die Zustimmungsbewertung erfolgt auf Basis des Mittelwerts (MW) entlang der sieben möglichen Antwortoptionen der Skala „stimme völlig zu (1)“ bis „stimme gar nicht zu (7)“. Jeder Mittelwert unter 3,5 wird demnach als mehrheitliche Zustimmung gewertet, während Mittelwerte über 3,5 als Ablehnung der entsprechenden These interpretiert werden.

Die Auswertung der erhobenen Daten zeigten, dass alle geprüften Thesen den Mittelwert von 3,5 deutlich unterschreiten. Damit können alle Thesen generell als bestätigt betrachtet werden. Zusätzlich unterscheidet sich das Ausmaß der Zustimmung bei den einzelnen Thesen, weshalb wir die Thesen in eine priorisierte Reihenfolge ordnen können. Im Folgenden werden die einzelnen Thesen mit abnehmendem Zustimmungsgrad von jener mit

der stärksten Zustimmung zu jener mit der geringsten Zustimmung besprochen. Die Verteilung der Zustimmung ist grafisch unten dargestellt.

In der Folge stellen wir die Thesen gereiht nach dem Zustimmungsgrad (MW siehe Abbildung 3) dar:

1: These 3, die zukünftige Hebung der Potentiale von AM für den Standort Österreich wird begünstigt durch die Entwicklung neuer Produkte und Geschäftsmodelle, wurde mit einem Mittelwert von 1,88 am stärksten bestätigt. Das Potential von AM ist damit vor allem vom zugrundeliegenden Produkt und dem zugehörigen Geschäftsmodell abhängig.

2: These 1.3, die zukünftige Hebung der Potentiale von AM für den Standort Österreich wird begünstigt durch die Kommunikation von best-practice Beispielen, wurde mit einem Mittelwert von 1,92 äußerst stark bestätigt. Das äußerst wichtige Produkt und Geschäftsideen müssen daher nicht immer vom Grund auf neu entwickelt werden, sondern können von existierenden Beispielen inspiriert werden.

3: These 1, die zukünftige Hebung der Potentiale von AM für den Standort Österreich wird begünstigt durch eine stärkere Berücksichtigung in Bildung und Forschung, wurde mit einem Mittelwert von 1,96 äußerst stark bestätigt. Die Entwicklung eines erfolgreichen AM Produkts, erfolgreicher AM Geschäftsmodelle und die Anwendung von AM Verfahren profitieren damit stark von der Berücksichtigung der Technologien in Bildung und Forschung. Beide Bereiche lassen sich jedoch üblicherweise nur langfristig beeinflussen.

4: These 2, die zukünftige Hebung der Potentiale von AM für den Standort Österreich wird begünstigt durch die Nutzung vorhandener Knowledge Hubs, wurde mit einem Mittelwert von 1,97 äußerst stark bestätigt. Eine kurzfristigere Alternative zum Wissenstransfer über klassische Bildung und Forschung bieten damit existierende Knowledge Hubs.

5: These 7, die zukünftige Hebung der Potentiale von AM für den Standort Österreich wird begünstigt durch die Berücksichtigung der Vielfalt an Materialien, wurde mit einem Mittelwert von 2,05 stark bestätigt. Das breite Spektrum der zur Verfügung stehenden Materialien und deren individuellen Eigenschaften bietet ein hohes Erfolgspotential.

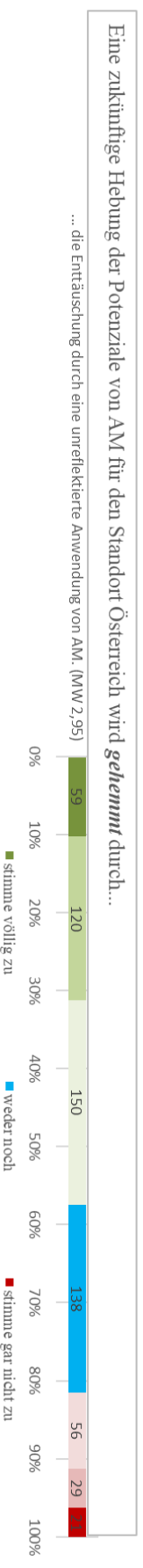
6: These 6, die zukünftige Hebung der Potentiale von AM für den Standort Österreich wird begünstigt durch das Erkennen zusätzlicher Kundennutzen durch automatisierte Individualisierung, wurde mit einem Mittelwert von 2,08 stark bestätigt. Individualisierung bildet somit in vielen Anwendungsbereichen einen wichtigen qualitativen Erfolgsfaktor.

7: These 4, die zukünftige Hebung der Potentiale von AM für den Standort Österreich wird begünstigt durch die Betrachtung der Gesamtkosten, die für die Befriedigung eines Kundenbedürfnisses entstehen, wurde mit einem Mittelwert von 2,20 stark bestätigt. Automatisierung in der gesamten Wertschöpfungskette bildet somit in vielen Anwendungsbereichen einen wichtigen quantitativen Erfolgsfaktor.

8: These 1.1, die zukünftige Hebung der Potentiale von AM für den Standort Österreich wird begünstigt durch ein besseres Verständnis der Interdisziplinarität, wurde mit einem Mittelwert von 2,29 stark bestätigt. Das Erfolgspotential einer Produkt- oder Geschäftsmodellentwicklung steigt mit der Anzahl der beherrschten relevanten Disziplinen.

### Abbildung 3 – Zustimmungsgrad zu den Thesen

Die zukünftige Hebung der Potenziale von AM für den Standort Österreich wird *begünstigt* durch...



9: These 1.2, die zukünftige Hebung der Potentiale von AM für den Standort Österreich wird begünstigt durch die Freiheiten des Schichtbauverfahrens, wurde mit einem Mittelwert von 2,38 deutlich bestätigt. Ein deutliches Erfolgspotential resultiert damit erwartungsgemäß von der grundlegendsten Eigenschaft von AM.

10: These 5, die zukünftige Hebung der Potentiale von AM für den Standort Österreich wird begünstigt durch die Fokussierung auf Produktfunktionen statt auf Komplexität, wurde mit einem Mittelwert von 2,39 deutlich bestätigt. Ein Fokus auf gewünschte Funktionen bei der Produkt- und Geschäftsmodellentwicklung bildet damit einen weiteren deutlichen Erfolgsfaktor.

11: These 9, die zukünftige Hebung der Potentiale von AM für den Standort Österreich wird begünstigt durch die langfristige Zuweisung von Forschungsmitteln, wurde mit einem Mittelwert von 2,40 deutlich bestätigt. Forschungsmittel tragen somit deutlich zum Erfolg von AM bei, solange das Produkt- und Geschäftsmodell ausgereift sind.

12: These 8, die zukünftige Hebung der Potentiale von AM für den Standort Österreich wird begünstigt durch die Berücksichtigung des Beitrags von AM zur Nachhaltigkeit, wurde mit einem Mittelwert von 2,50 deutlich bestätigt. Additive Fertigungsverfahren zeigen damit ein deutliches, wenn auch nicht überragendes Potential zur Verbesserung von Nachhaltigkeit.

13: These 10, eine unreflektierte Anwendung von additiver Fertigung führt jedoch zu enttäuschten Erwartungen und hemmt die Hebung der Potentiale, wurde mit einem Mittelwert von 2,95 bestätigt. Während die Mehrheit eine unreflektierte Anwendung von AM als Hemmschuh bewerten, sieht eine Minderheit selbst bei unreflektierter Anwendung ein gewisses Erfolgspotential.

Als nächstes erfolgte die Validierung der für die nächsten 10 Jahre erwarteten Auswirkungen von AM auf die 16 identifizierten Anwendungsbereiche. Auch hier wurde ein Mittelwert über 3,5 basierend auf der siebenstelligen Antwortskala von „stark fördernde Auswirkungen (1)“ bis „stark hemmende Auswirkung (7)“ als Grenze zur Erkennung fördernder und hemmender Auswirkungen herangezogen. Anwendungsbereiche mit einem Mittelwert deutlich unter 3,5 wurden demnach als fördernd, Mittelwerte um 3,5 als neutral und Mittelwerte deutlich über 3,5 als hemmend interpretiert. Die Auswertung ergab sieben Anwendungsbereiche, für die ein sehr stark fördernder Einfluss von AM erwartet wird, sieben Anwendungsbereiche, für die ein deutlich fördernder Einfluss erwartet wird, und zwei Anwendungsbereiche, auf die AM überwiegend fördernd oder neutral wirken könnte. Interessant ist dabei, dass die positiven, „fördernden“ Einflüsse durchwegs deutlich überwiegen. Hemmende Wirkungen auf die Anwendungsbereiche werden bei allen Bereichen nur von einer kleinen Minderheit erwartet. Die Ergebnisse wurden erneut von stark fördernden Auswirkungen zu neutralen Auswirkungen sortiert. Die grafische Darstellung findet sich in nachfolgender Abbildung.

Der historische Anwendungsbereich Prototyping wird von den Befragten auch weiterhin als jener Bereich gesehen, der von den Eigenschaften von AM am stärksten profitiert. Eine überwiegende Mehrheit sieht für die kommenden 10 Jahre einen wachsenden Einfluss von Rapid Prototyping Anwendungen quer über alle Branchen. Überaus stark fördernd wird der Einfluss von AM in den nächsten 10 Jahren auch auf medizinische und alle industriellen Anwendungsbereiche von Werkzeugbau, Automotive, Flugzeugbau bis zur industriellen Produktion sowie in der Forschung gesehen. Demnach werden existierende Anwendungen weiter an Relevanz gewinnen. Aktuelle Anwendungen im Dentalbereich umfassen beispielsweise die Herstellung individueller Zahnspangen, Zahnimplantate und zahntechnische Hilfswerkzeuge wie beispielsweise individuelle Bohrvorlagen für

Implantatsschrauben. Andere medizinische Bereiche nutzen additive Technologien zur Produktion von chirurgischen Modellen, Implantaten, Prothesen und Hörgerätschalen. Im Werkzeugbau werden neben einfachen Hilfswerkzeugen und großen Sandgussformen auch komplexe Spritzgusswerkzeuge mit innenliegenden Temperierkanälen additiv produziert. Die Automotiv- und Aerospaceindustrie verwenden additive Technologien bereits heute zur Erstellung von Prototypen und zur direkten Produktion von stabilen Leichtbauobjekten sowie anderen komplexen technischen Strukturen, die beispielsweise in Triebwerken eingesetzt werden. Auch in der Forschung werden additive Verfahren vielseitig verwendet. Prominente Anwendungen umfassen hier die Herstellung von künstlichem Gewebe in der Biomedizin oder Micro-Strukturen für die Nanoforschung. Tatsächlich decken sich die genannten Bereiche nicht nur mit den Expertenmeinungen, sondern auch mit jenen Branchen, die in den letzten Jahren am stärksten in AM investierten und in denen der Marktumsatz der vergangenen Jahre am stärksten wachsen konnte. Medizinische Anwendungen und die oft nahe stattfindende Forschung bilden dabei den Spitzenplatz im Bereich der erwarteten Profiteure von AM. Ein stark fördernder Einfluss – wenn auch weniger stark als auf die genannten industriellen und medizinischen Anwendungen – wird auch für den privaten Hobbybereich (z.B. Modellbau oder Ersatzteile), Bildung, Bau sowie für die handwerksdominierten Bereiche Kunst, Handwerk und Schmuck in den nächsten 10 Jahren erwartet. Auch für den Dienstleistungsbereich werden zwar überwiegend fördernde Auswirkungen von AM vorhergesagt, von vielen wird der breite Sektor jedoch auch als neutral beurteilt. Tatsächlich wird zwar aktuell der Großteil des Umsatzes in AM mit Dienstleistungen erwirtschaftet, allerdings ist der Dienstleistungssektor ein äußerst breiter und inhomogener Markt mit vielen Bereichen, in denen AM keine Anwendung findet und in den nächsten 10 Jahren vermutlich auch nicht finden wird. Ähnlich verhält es sich mit den Anwendungsbereichen Mode und Handel. In beiden Bereichen wird von den Teilnehmern ein fördernder bis neutraler Einfluss in den nächsten 10 Jahren erwartet. Auch in diesen breiten und inhomogenen Märkten existieren zwar spannende AM Projekte und erste Erfolgsgeschichten, die jedoch im Verhältnis zur Breite des Marktes nur einen kleinen Teil des Sektors darstellen.

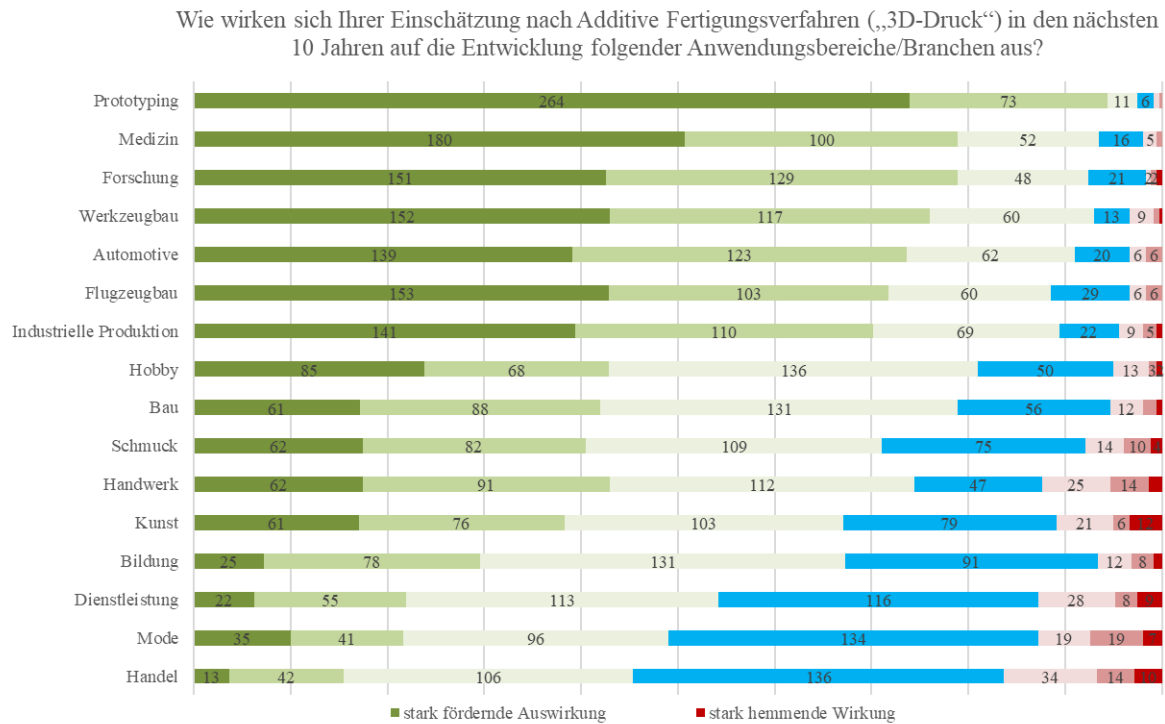
Die konfirmatorische Prüfung der als relevant identifizierten AM Materialien in den nächsten 10 Jahren erfolgte am Vorbild der Anwendungsbereiche. Auch hier wurde der Mittelwert von 3,5 zwischen den sieben Antwortoptionen von „sehr wichtig“ bis „gar nicht wichtig“ als Grenze definiert. Materialien mit Mittelwerten unter 3,5 wurden demnach als wichtig, Materialien mit Mittelwerten um 3,5 als neutral und Materialien mit Mittelwerten über 3,5 als unwichtig klassifiziert. Die Auswertung resultierte in drei Materialien, die als äußerst wichtig, drei Materialien, die als wichtig, und ein Material, das als wenig wichtig bis neutral für die kommenden 10 Jahren bewertet wird. Die Erwartungswerte wurden von wichtig bis weniger wichtig sortiert und können der nachfolgenden Abbildung entnommen werden.

Kunststoffe werden demnach als die mit Abstand wichtigsten Materialien in den nächsten 10 Jahren betrachtet. Das deckt sich mit der aktuellen Marktdominanz und der unermüdlichen Weiterentwicklung von Photopolymeren, Polymerpulver und Filamenten. Metalle, die in den letzten Jahren deutlich an Relevanz zugenommen haben und bereits ein Fünftel des AM Materialmarktes ausmachen, werden von den Befragten auch in den kommenden 10 Jahren als äußerst wichtig betrachtet. Dies deckt sich ebenfalls mit dem starken Wachstum der überwiegend metalldominierten industriellen AM Anwendungen. Etwas überraschend ist hingegen die hohe Erwartungshaltung der Teilnehmer an keramische Materialien in den kommenden 10 Jahren. Keramische Werkstoffe folgen Metallen im Bereich der äußerst wichtigen Materialien, auch wenn sie aktuell nur

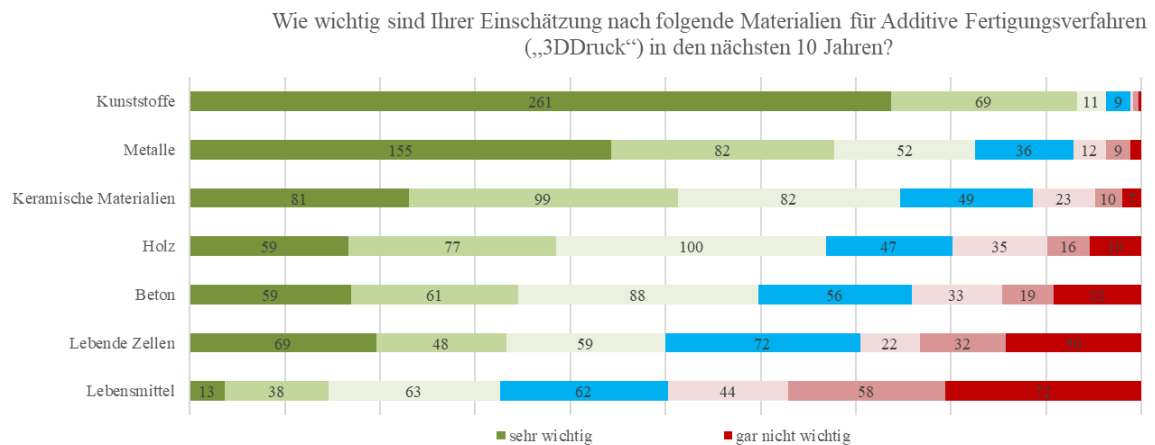


einen geringen AM Marktanteil aufweisen können. Tatsächlich existieren bereits heute verlässliche additive Fertigungsverfahren, die keramische Werkstoffe verarbeiten können. Außerdem schließen keramische Werkstoffe in einigen Bereichen eine wichtige Lücke zwischen Kunststoffen und Metallen. So weist der Werkstoff eine für die Industrie relevante hohe Abriebs- und Temperaturbeständigkeit sowie über eine für viele medizinische Bereiche notwendige Biokompatibilität und gute Desinfizierbarkeit auf.

**Abbildung 4 – AM Anwendungsbereiche**



**Abbildung 5 – AM Materialien**

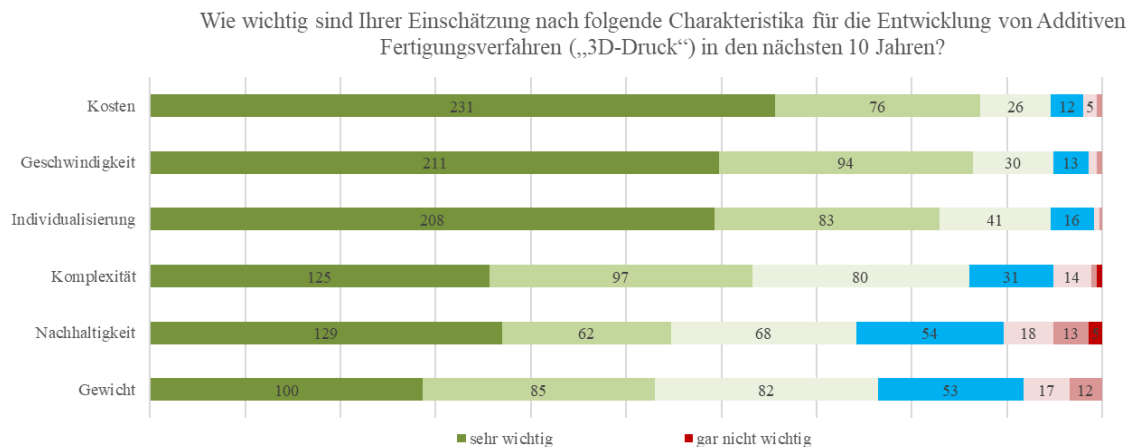


Auch den Werkstoffen Holz, Beton und lebende Zellen wird von den Teilnehmern eine steigende Relevanz in den kommenden 10 Jahren bescheinigt. Die Materialien wurden zwar durchwegs als weniger wichtig als Kunststoffe, Metalle und Keramiken beurteilt, jedoch deutlich wichtiger als die aktuelle AM Marktrelevanz vermuten lässt. Holz, das in AM derzeit ausschließlich in Kompositen verarbeitet wird, und Beton, der aktuell überwiegend experimentell additiv verarbeitet wird, stellen aktuell eine Nische dar. Beide Materialgattungen zeigten jedoch in den letzten Jahren einige vielversprechende Lebenszeichen. Lebende Zellen, die in einigen

Forschungsbereichen auch additiv verarbeitet werden, werden ebenfalls als wichtig in den nächsten 10 Jahren betrachtet. Weniger wichtig sehen die Teilnehmer den Einfluss von Lebensmitteln in den kommenden 10 Jahren. Die Hälfte der Teilnehmer erachtet Lebensmittel als unwichtig und nur ein Drittel als wichtig.

Die Relevanz der identifizierten AM Charakteristiken in den nächsten 10 Jahren wurde ebenfalls konfirmatorisch geprüft und folgt dem gleichen Bewertungsmuster. Der Mittelwert von 3,5 bildet die Grenze zwischen „wichtigen“ und „nicht wichtigen“ Charakteristiken. Die Auswertung der sechs Charakteristiken resultierte in drei äußerst wichtigen und drei wichtigen Eigenschaften von AM für den zukünftigen Erfolg und ist sortiert von wichtig zu weniger wichtig in der Abbildung unten dargestellt.

Kosten als Meta-Charakteristiken stellen demnach die wichtigste Eigenschaft von AM dar. Das deckt sich mit der identifizierten Wichtigkeit von guten Geschäftsmodelle für erfolgreiche AM Anwendungen. Kosten könnten künftig auf vielfältige Art positiv beeinflusst werden. So könnten einerseits die Preise der Maschinen, Materialien und Dienstleistungen aufgrund von Wettbewerb und Skaleneffekten sinken, aber auch die Wirtschaftlichkeit aufgrund der Effizienz neuer Entwicklungen steigen. Einen Stellvertreter für steigende Effizienz stellt dabei der Faktor Geschwindigkeit dar, der von den Teilnehmern in den nächsten 10 Jahren als beinahe gleich wichtig wie der allgemeine Kosteneffekt beurteilt wird. AM zeigt dabei das Potential die Geschwindigkeit auf unterschiedlichen Ebenen der Wertschöpfungskette beeinflussen zu können. Der Faktor Geschwindigkeit in AM muss daher differenziert betrachtet werden und sollte nicht auf einer reinen Produktionszeit pro Stück Rechnung basieren. So kann der Faktor Zeit - bei der Produktentwicklung durch die Anwendung von Prototypen, bei der direkten Produktion durch die automatisierte Herstellung individueller Güter oder auch indirekt bei der Produktion mittels klassischer Produktionsverfahren, bei denen additive gefertigte Werkzeuge zur Anwendung kommen - positiv beeinflusst werden. Das Charakteristikum Individualisierung wurde ebenfalls als äußerst wichtig beurteilt und bestätigt das künftig wachsende Potential im Bereich der automatisierten Produktion individualisierter Güter. Ebenfalls als wichtig, wenn auch etwas weniger, wurden die drei Charakteristiken Komplexität, Nachhaltigkeit und Gewicht für die nächsten 10 Jahren beurteilt. Die Möglichkeit komplexe Objekte zu erzeugen beschreibt dabei eine Grundeigenschaft von AM und ist wenig überraschend. Nachhaltigkeit ist hingegen ein aktuell weniger diskutierter Faktor in AM und tritt üblicherweise eher als positiver Nebeneffekt bei finanziell motivierten Entwicklungen auf. Ein Beispiel bieten erzeugte Leichtbaustrukturen, die im Flugbereich eingesetzt werden und nicht nur Kerosinkosten senken, sondern sich auch positiv auf die Umwelt auswirken. Ein weiteres weniger beachtetes Potential im Bereich der Nachhaltigkeit ist die Möglichkeit näher am Kunden produzieren zu können. Das ist eine Eigenschaft, die sich AM mit anderen teilautomatisierten digitalen Produktionsformen teilt. Der Faktor Gewicht als eine mögliche Ausprägungsform der Nachhaltigkeit wurde von den Teilnehmern konsequent als etwas weniger relevant als die allgemeine Nachhaltigkeit bewertet.

**Abbildung 6 – AM Charakteristika**

## 6. Studie zu Hürden und Ansatzpunkten

### 6.1. Methoden und Datengrundlage

#### Rechtfertigung der Methodenwahl und Analysestrategie

Mit einer Regression lassen sich in quantitativen Datensätzen Variable identifizieren (unabhängige oder erklärende Variablen), die in systematischem Zusammenhang mit einer zu erklärenden Intention, einem zu erklärenden Verhalten oder einer zu erklärenden Beobachtung stehen. In unserem Fall suchen wir nach Einflussfaktoren auf die Intention AM im eigenen unternehmerischen Kontext zu nutzen. Dabei sehen wir die österreichische Wirtschaft (in den ausgewählten Branchen) als die relevante Community an, die hinsichtlich AM beobachtet wird und von den Befragten als Referenzgruppe herangezogen wird. Insofern geht es um die Akzeptanz einer in der relevanten Community bereits existierenden und angewendeten Technologie im eigenen Wirkungsbereich. Wir schätzen das Modell in zwei Teilsamples. Ein Teilsample umfasst Befragte ohne Erfahrung mit AM. Das zweite Teilsample umfasst jene mit Erfahrung. Durch den Vergleich der Ergebnisse lassen sich Aussagen über die Auswirkungen von Erfahrung auf die Entstehung der Akzeptanz von AM formulieren. Dabei ist zu beachten, dass bei den jeweiligen Regressionsmodellen Fälle mit fehlenden Werten listenweise ausgeschlossen wurde, sodass sich abweichende Fallzahlen ergeben.

#### Operationalisierung und Datengrundlage

*Technology Acceptance Measure:* Die Operationalisierung wurde bereits in Abschnitt 3 vorgestellt.

*Fear of Missing Out (FOMO) Measure:* Przybylski et al. (2013) haben das FOMO-Konstrukt erstmals operationalisiert und festgestellt, dass FOMO höher ist, wenn der Grad der Befriedigung der grundlegenden Bedürfnisse nach Kompetenz, Autonomie und Beziehung gering ist. Die Autoren zeigten, dass FOMO negativ mit dem Alter korrelierte und häufiger von Männern als von Frauen angegeben wurde. FOMO ist ferner mit einem höheren Grad an Verhaltensbeteiligung mit sozialen Medien verbunden, einer Beeinträchtigung der Lernergebnisse und der Wahrscheinlichkeit, der Versuchung nachzugeben, Textnachrichten beim Bedienen von Kraftfahrzeugen zu verfassen und zu überprüfen - was darauf hinweist, dass FOMO zu riskanterem Verhalten führt.

## 6.2. Ergebnisse

Die Ergebnisse hinsichtlich der Kontrollvariablen zeigen für beide Subsamples keinen Einfluss von Alter, Geschlecht, Ausbildung. Einzig im Subsample ohne Erfahrung mit AM sind die Entscheidungsträger in den sonstigen Wirtschaftsbereichen geringfügig weniger bereit ( $\beta=-,190$ ;  $r=.008$ ) AM in ihrem Arbeitsumfeld anzuwenden.

Bei den Faktoren, bei denen ein Einfluss auf die Anwendungsintention erwartet wurde, ergibt sich ein klares Bild. Sowohl im Subsample mit AM Erfahrung als auch im Subsample ohne AM Erfahrung wirken sich eine hohe wahrgenommene Nützlichkeit von AM, eine hohe wahrgenommene Einfachheit der Anwendung von AM und positive subjektive Normen zu AM positiv auf die Anwendungsintention aus. Der einzig wesentliche Unterschied zwischen den Subsamples ergibt sich bei der FOMO. Die Angst etwas zu versäumen motiviert nur Entscheidungsträger ohne AM Erfahrung zur Anwendung dieser Technologie ( $\beta=,185$ ;  $r=.000$ ), während FOMO Entscheidungsträger mit AM Erfahrung nicht beeinflusst ( $\beta=-,053$ ;  $r=.474$ ).

**Tabelle 10 – Ergebnisse der Regressionsmodelle**

Subsample	mit AM Erfahrung (n=111)					ohne AM Erfahrung (n=268)				
Abhängige Variable: Anwendungsintention (AM)	stand. Beta	Sig.	VIF	R <sup>2</sup> adj	ANOVA	stand. Beta	Sig.	VIF	R <sup>2</sup> adj	ANOVA
(Konstante)		0,012					0,000			
Alter	0,078	0,341	1,081			-0,017	0,744	1,066		
Geschlecht	0,086	0,297	1,084			0,068	0,210	1,120		
Ausbildung	-0,011	0,892	1,124			0,057	0,301	1,133		
Industrie	-0,211	0,019	1,279			-0,162	0,019	1,792		
Gewerbe/Handwerk	0,122	0,146	1,116			-0,092	0,159	1,625		
Forschungs- oder Ausbildungsinstitution	-0,119	0,145	1,074			-0,045	0,390	1,046		
Verwaltung	-0,097	0,236	1,063			-0,072	0,180	1,073		
Handel & Dienstleistung	-0,123	0,168	1,272			-0,046	0,533	2,031		
Sonstiger Bereich	0,043	0,620	1,188			-0,190	0,008	1,907		
				0,053	0,049				0,109	0,066
(Konstante)		0,189					0,285			
Alter	0,097	0,177	1,142			0,013	0,761	1,087		
Geschlecht	-0,046	0,529	1,163			-0,001	0,988	1,144		
Ausbildung	-0,048	0,511	1,180			-0,018	0,693	1,155		
Industrie	-0,190	0,015	1,303			-0,104	0,069	1,819		
Gewerbe/Handwerk	0,068	0,347	1,167			-0,051	0,349	1,652		
Forschungs- oder Ausbildungsinstitution	-0,069	0,327	1,100			-0,078	0,073	1,051		
Verwaltung	-0,107	0,131	1,101			-0,069	0,117	1,084		
Handel & Dienstleistung	-0,077	0,317	1,298			-0,100	0,102	2,105		
Sonstiger Bereich	-0,084	0,271	1,285			-0,211	0,000	1,956		
Perceived Usefulness	0,232	0,009	1,704			0,179	0,001	1,563		
Perceived Ease Of Use	0,151	0,041	1,195			0,259	0,000	1,257		
Subjective Norms	0,314	0,001	1,737			0,206	0,000	1,542		
Fear Of Missing Out	-0,053	0,474	1,195			0,185	0,000	1,187		
				0,309	0,000				0,368	0,000

## 7. Fazit

### ***7.1. Operative Dimension: Der Einfluss von Emotionen***

Managemententscheidungen sind stark durch Emotionen motiviert und gelenkt. Eine besonders einflussreiche Emotion ist Angst. Wenn es um Entscheidungen geht neue Technologien zu anzuwenden, hat sich gerade die Angst etwas zu versäumen als einflussreich erwiesen. Das Phänomen Fear of Missing Out, im Volksmund als FOMO bezeichnet, wurde 1996 zum ersten Mal erwähnt (Herman, 2000) und ist definiert als die allgegenwärtige Befürchtung, dass andere lohnende Erfahrungen machen könnten, ohne dass man selbst dabei ist (Przybylski et al., 2013). FOMO zeichnet sich durch den Wunsch aus, ständig mit dem verbunden zu bleiben, was andere tun. Aufgrund der Umstellung auf soziale Online-Interaktion und -Kommunikation wird FOMO durch moderne Technologien wie Mobiltelefone und soziale Netzwerke (Alt & Boniel-Nissim, 2018) verstärkt, bei deren Abschaltung Angst entsteht (Kandell, 1998). Ein Beispiel für FOMO im Wirtschaftskontext zeigen Cristea & Leonardi (2019). Sie stellten fest, dass Mitarbeiter, die in der Ferne arbeiten und keine Präsenz zeigen können, sich auf andere Verhaltensweisen einlassen müssen, die eine Verpflichtung gegenüber ihren Managern signalisieren. Aufgrund des Wettbewerbsumfeldes und der Angst vor Ausfällen müssen sich die Mitarbeiter kontinuierlich auf dieses Verhalten einlassen, bis sie das Gefühl haben, ihr persönliches Leben für die Arbeit zu opfern (Cristea & Leonardi, 2019).

FOMO beschreibt auch eine zwanghafte Befürchtung, soziale Chancen (Przybylski et al., 2013) oder rentable Investitionen (Carreyrou, 2018) zu verpassen. FOMO zeigt das Potential, nicht nur im individuellen Fahrverhalten, sondern auch bei professionellen Investitionen, irrationale und selbstverletzende Entscheidungen zu treffen. Carreyrou (2018) argumentiert, dass Safeway und Wallgreens mit FOMO konfrontiert waren, als sie Unmengen an Geld in das im Silicon Valley ansässige Start-up Theranos investierten ohne dass die Funktionsfähigkeit des Produkts von Theranos gewährleistet werden konnte. Infolgedessen verloren die Investoren - geblendet vom Licht der vorherrschenden Hektik - nicht nur die gesamten Investitionen, sondern gefährdeten auch ihre Kunden und erlitten enormen Reputationsschaden (Carreyrou, 2018).

Die empirischen Ergebnisse zeigen, dass die Angst etwas zu versäumen (FOMO) nur jene Entscheidungsträger antreibt, die über keine Erfahrungen mit AM verfügen. Sobald die Befragten Erfahrung mit AM gemacht haben, ist die Angst etwas zu versäumen kein entscheidender Faktor mehr. Vor dem Hintergrund, dass Angst eine schlechte Motivation für unternehmerische Entscheidungen ist, bedeutet das Ergebnis, dass es möglichst vielen Entscheidungsträgern aus österreichischen Unternehmen ermöglicht werden sollte Erfahrungen mit AM zu sammeln. Um dies zu tun und Wissen zu dieser Technologie aufzubauen, muss aber nicht jedes Unternehmen eine AM Anlage anschaffen. Viel effizienter gelingt ein Kontakt mit AM beispielsweise durch die Einrichtung offener Labore und Shared Use Modellen von Anlagen, die unter der Betreuung von Experten an öffentlichen Einrichtungen wie Universitäten, Fachhochschulen und Weiterbildungszentren betrieben werden. Derzeit wird ein solches Labor am Open Innovation Center (OIC) der Johannes Kepler Universität Linz aufgebaut.

### ***7.2. Strategische Dimension: Ein Framework für digitale AM Geschäftsmodelle***

Wenn man die Herausforderungen von AM für österreichische Unternehmen aus strategischer Sicht betrachtet, ist es hilfreich, für digitale Geschäftsmodelle Muster in den Abweichungen von Porters generischen Strategien (Porter 1980, 1991) zu identifizieren und zu erklären, um ein Update dieser einflussreichen Ideen zu

erhalten. Unternehmen, die AM im digitalen Zeitalter implementieren möchten, müssen sich nicht mehr zwischen den alternativen Strategien der Kostenführerschaft oder der Diversifizierung entscheiden, um Wettbewerbsvorteile zu erzielen. Sie realisieren einfach beides durch automatisierte Individualisierung. Sie müssen sich auch nicht zwischen einer Fokussierung auf einzelne Nischen und einer Ausrichtung auf mehrere Branchen entscheiden. Sie erobern einfach globale Märkte, auch über verschiedene Branchen hinweg. Diese Entscheidungen zwischen strategischen Alternativen waren jedoch die wichtigsten Implikationen von Porters generischen Strategien (Porter, 1980, 1991), die sowohl von Managern als auch von Wissenschaftlern uneingeschränkt akzeptiert und an Universitäten und Business Schools sowie in Führungskräfte trainings auf der ganzen Welt unterrichtet werden. Strategische Management Wissenschaftler haben lange über Anomalien diskutiert, die Porters generischen Strategien widersprechen (z.B. Gampbell-Hunt, 2000; Hill, 1988; Murray, 1988), aber in der digitalen Wirtschaft, in der immer mehr digitale Geschäftsmodelle in den Märkten auftauchen, scheinen die Anomalien zur Normalität zu werden. Porter warnte Manager, sich klar zwischen den strategischen Alternativen zu entscheiden, um nicht „in der Mitte hängen zu bleiben“ (Porter, 1980). Digitale Geschäftsmodelle schwelgen und gedeihen jedoch in der Regel in der Mitte. Wir argumentieren daher, dass Porters generische Strategien eine Aktualisierung der Regeln der digitalen Wirtschaft erfordern, um die Potentiale von AM-Geschäftsmodellen angemessen zu erfassen.

Wir nehmen eine Perspektive ein, die strategisches Management und Innovationsmanagement integriert, und stützen uns auf phänomenologische Beobachtungen von AM, um ein theoretisches Rahmenwerk, genannt Magic Cube, zu entwickeln. In diesem Rahmenwerk identifizieren wir automatisierte Individualisierung und Multidisziplinarität als Schlüsselmerkmale digitaler Geschäftsmodelle, die es technologieorientierten Unternehmen ermöglichen, die Dichotomie in Porters generischen Strategien zu überwinden (d.h. Kostenführerschaft versus Diversifikation und Nische versus branchenweite Orientierung) (Porter, 1980, 1991). Basierend auf unseren Erkenntnissen schlagen wir einen theoretischen Rahmen vor, der ein dringend benötigtes Update bietet und aufzeigt, wie effektiv Porters Gedankengänge auch noch vierzig Jahre nach Veröffentlichung sein können, um das strategische Potential von AM zu verstehen.

Durch die Überarbeitung von Porters generischen Strategien für den Kontext von AM-Geschäftsmodellen wird die Notwendigkeit einer Aktualisierung und Erweiterung sichtbar. Wir verfolgen einen integrativen Ansatz, der die Perspektiven des strategischen Managements und des Innovationsmanagements (Islam et al., 2018) kombiniert und es ermöglicht, die Schlüsselrolle des Zusammenspiels von automatisierter Individualisierung und Multidisziplinarität in digitalen Anwendungen, wie AM und AM-Geschäftsmodellen, zu identifizieren. Der hier vorgestellte theoretische Rahmen berücksichtigt diese integrative Perspektive und bietet eine Erklärung der Wettbewerbsvorteile von digitalen AM-basierten Geschäftsmodellen gegenüber analogen Geschäftsmodellen, die auf traditionellen Produktionsmethoden basieren. Gleichzeitig informiert das Rahmenwerk die Praktiker und politischen Entscheidungsträger über die Herausforderungen, die sich aus der Interdisziplinarität der AM-Geschäftsmodelle ergeben, die den Marktangeboten zugrunde liegen. Damit unterstreicht das Framework auch, dass die Komplexität der digitalen Transformation von Geschäftsmodellen bei der Einführung von AM in Unternehmen weitgehend unterschätzt wurde. Die im Framework erkennbare unterschätzte Herausforderung, erfolgreiche digitale Geschäftsmodelle für AM zu entwickeln, liefert auch einen Hinweis darauf, warum die gehypte Technologie AM (Maresch & Gartner, 2018), genau wie beispielsweise Mobile Payment (Schmidhuber et al., 2018), häufig noch nicht die von ihnen erwarteten Auswirkungen hatten.

### ***7.3. Die digitale Transformation als multidisziplinäre Herausforderung***

Der menschliche Fortschritt baut auf dem Wissen, der Erfahrung und den Erfindungen unserer Vorfahren auf, die sukzessive durch neue Erkenntnisse erweitert werden. Die Kombination aus neuen Erkenntnissen und vorhandenem Wissen kann im Laufe der Geschichte und über alle Forschungsdisziplinen hinweg beobachtet werden. Das wachsende Wissen ist verantwortlich für technologische und soziale Entwicklungen, die den Wandel vorantreiben. Technologie ist nur eine Manifestation dieser unermüdlichen menschlichen Anstrengung. Sie entwickelte sich von der Verwendung einfacher Werkzeuge zu mechanischen und elektrischen Maschinen und später zu analoger und digitaler Elektronik. Unter digitaler Technologie kann eine Kombination digitaler elektronischer Geräte, wie eingebettete Kommunikations-, Netzwerk-, Speicher-, Mikroprozessor-, Anzeige- und Sensorsysteme, verstanden werden. Solche integrierten Schaltungen bestehen aus vielen winzigen aktiven und passiven Komponenten, wie Dioden, Transistoren und Widerständen. Ihre physikalischen Funktionen beruhen auf Entdeckungen von Naturwissenschaftlern. Die digitale Elektronik ist durch Software miteinander verbunden und wird von ihr gesteuert. So entstehen leistungsstarke digitale Systeme, wie komplexe Computersysteme oder Cloud-Technologien. Diese leistungsstarken digitalen Systeme treiben die Geschwindigkeit der aktuellen digitalen Transformation (Teece & Linden, 2017). So kann die Beherrschung digitaler Technologien und ihrer Potentiale als eigenständige Disziplin mit einem ausgeprägten Wissensschatz verstanden werden (Dougherty & Dunne, 2012). Diese aufstrebende und schnell wachsende Disziplin wird als digitale Kompetenz oder Digitalisierung bezeichnet (Dougherty & Dunne, 2012).

Managementforschung als eine andere Disziplin beobachtet und analysiert die Digitalisierung als wirtschaftlich-technische und soziale Veränderung, um die Kräfte in der Socio-Technical-Transition (STT) zu verstehen und zu erklären (Pettigrew et al., 2001). Tiefgreifende und disruptive Entwicklungen, wie die digitale Transformation führen zu erheblichen Veränderungen in Wirtschaft und Gesellschaft (Christensen et al., 2015). Die Erkenntnisse der Managementforschung bilden die Grundlage für Aktualisierungen von Theorien und Konzepten, mit denen Forscher die sich verändernden Märkten erklären und Manager diese verstehen und somit planen und handeln können.

Der Erfolg von Unternehmen hängt immer von der Beherrschung verschiedener Disziplinen (Alves et al., 2007) und Geschäftsmodellen (Markides, 2013) ab. In der Vergangenheit war dies in der Regel das Wissen darüber, wie das Marktangebot in der Branche, in der das Unternehmen tätig ist, bereitgestellt werden kann (z. B. Produktionstechniken, Fähigkeiten zur Erbringung von Dienstleistungen) und das Wissen darüber, wie die Bereitstellung des Marktangebots zu organisieren ist (z. B. Management-Know-How z.B. in den Funktionsbereichen Finanzierung, Marketing und Rechnungswesen). Während die digitale Transformation voranschreitet und Unternehmen ihre traditionellen Produktionsmethoden auf AM umstellen, müssen Unternehmen ihre Geschäftsmodelle in das digitale Zeitalter übertragen. Um mit einem AM-basierten Geschäftsmodell in der digitalen Wirtschaft als wettbewerbsfähige Marktteilnehmer erfolgreich zu sein, müssen Manager ihr Know-How in der Disziplin Management durch die Beherrschung der Disziplin Digitalisierung ergänzen (Dougherty & Dunne, 2012).

### ***7.4. Auf AM abzielende digitale Transformation als Geschäftsmodellinnovation***

Die Notwendigkeit der Multidisziplinarität hat auch Auswirkungen auf die strategische Ebene. Die Digitalisierung und die Einführung von AM wird oft als Anschaffung einer neuen digitalen Technologie

angesehen, genau wie eine neue Software oder Maschine. Dies wird dadurch dokumentiert, dass die Digitalisierung in der Regel von der IT-Abteilung (Summereder et al., 2018) anstelle des Top-Managements wahrgenommen wird. Daher spielt Technologie bei der Entwicklung eines neuen AM-basierten Geschäftsmodells für die digitale Wirtschaft oft nur eine untergeordnete Rolle (Yeo & Marquardt, 2015).

Die Logik des digitalen Übergangs von Geschäftsmodellen sollte jedoch weniger als Anschaffung neuer Maschinen verstanden werden, sondern ähnelt eher der Herausforderung, in eine neue und oft fremde Branche einzutreten. Der Erfolg digitaler Geschäftsmodelle hängt daher in hohem Maße vom Verständnis, der Annahme, Implementierung, Akzeptanz und dem kreativen Einsatz digitaler Technologien wie AM ab (Lanzolla & Suarez, 2012; Yeo & Marquardt, 2015).

Diese Erkenntnisse verändern die Perspektive des Diskurses über neue Geschäftsmodelle für die digitale Wirtschaft, von der Akquisition neuer Technologien bis zur technologiebasierten Strategieentwicklung über mehrere Disziplinen hinweg. Somit beginnt die Technologie selbst (AM-Technologien) eine wichtige Rolle im digitalen Geschäftsmodell zu spielen und die Grenzen zwischen Anwendung der Technologie und Geschäftsstrategie verschwimmen. Die Berücksichtigung von Technologie als grundlegender Bestandteil von Geschäftsstrategien ändert auch die Prioritäten strategischer und technologischer Entscheidungen. Während das Management traditionell die richtige Technologie auswählte, um ein vorbestimmtes Ziel zu erreichen, eröffnet der kreative Einsatz von Technologien wie AM in der digitalen Wirtschaft strategische Möglichkeiten, die mit maßgeschneiderten Geschäftsmodellen abzustimmen sind. Daher folgt die Strategiedefinition der Logik der Entwicklung neuer Produkte/Dienstleistungen.

Bei der Entwicklung neuer Produkte/Dienstleistungen wird in der Regel die Differenzierung von Wettbewerbern durch Kundenvorteile gegenüber der Kostenführerschaft in den Vordergrund gestellt (Teece & Linden, 2017). Wie bereits erwähnt, ergibt sich der Verbrauchernutzen insbesondere bei digitalen Geschäftsmodellen aus dem disziplinübergreifenden Geschäftsmodell (Alves et al., 2007; Markides, 2013). An einem erfolgreichen digitalen Geschäftsmodell sind also mindestens zwei Disziplinen beteiligt: die Wissensbasis in der eigenen Branche und die Disziplin Digitalisierung. Ein wesentliches Merkmal digitaler Technologien ist das Potential für eine automatisierte Individualisierung (Gartner & Fink, 2018). Die traditionelle Aufteilung von maschineller und handwerklicher Arbeit hat zu einem zweigeteilten Verständnis von Strategien geführt. Wettbewerbsvorteile können erzielt werden, indem entweder eine kostengünstige, automatisierte Produktion mit hohen Volumen oder hochwertige, individualisierte Marktangebote mit niedrigen Volumen im Vordergrund stehen. Differenzierung und Kostenführerschaft sind in digitalen Geschäftsmodellen jedoch keine strategischen Alternativen, sondern können gleichzeitig verwirklicht werden. Interessanterweise erzielen viele digitale Geschäftsmodelle, auch wenn der Schwerpunkt ursprünglich auf der Differenzierung lag, eine hoch skalierbare und kosteneffiziente Bereitstellung von Marktangeboten, die die traditionellen Geschäftsmodelle in Bezug auf Kosten- und Verbrauchervorteile gleichzeitig übertreffen (Goldfarb, & Tucker, 2017; Teece & Linden, 2017).

### **7.5. Drei Bereiche, bei denen sich „Porters Generischen Strategien“ spießen**

Vor fast vierzig Jahren formulierte Porter 1980 seine generischen Strategien. Sein Denken impliziert, dass Unternehmen Wettbewerbsvorteile erlangen, wenn sie sich entweder auf Kostenführerschaft oder Differenzierung konzentrieren und sich zwischen einem Fokus auf einzelne Nischen oder einer branchenweiten Anwendung entscheiden. Auf diesen Ideen aufbauend warnt er die Manager ausdrücklich, klare Entscheidungen



zu diesen strategischen Entscheidungen zu treffen, um nicht „in der Mitte hängen zu bleiben“. Selbst wenn Wirtschaftswissenschaftler dieses Konzept sofort mit Beispielen von Unternehmen, die beide Wettbewerbsvorteile gleichzeitig erfolgreich verwirklichten, in Frage stellten (z. B. Gambbell-Hunt, 2000; Hill, 1988; Murray, 1988), trafen die grundlegenden Implikationen von Porters generischen Strategien auf breite Akzeptanz und fanden ihren Weg durch Management-Strategiebücher zu Praktikern und Managern.

Porter selbst erkannte diese Anomalien an (Porter, 1996), behielt jedoch die Behauptung bei, dass eine fokussierte Strategie im Durchschnitt zu einer überlegenen Wettbewerbsfähigkeit führt. Interessanterweise zeigt eine Analyse der wenigen vorhandenen Anomalien, die in der Literatur auch als hybride, gemischte, integrierte oder kombinierte Strategien bezeichnet werden, dass viele in technologieintensiven Sektoren angesiedelt sind (z. B. Oskarsson and Sjoberg, 1994; Gabrielsson, Seppälä & Gabrielsson, 2016; Gomes, Yasin & Lisboa, 2009; Hou and Su, 2011). Technologiebezogene Beispiele, die Porters generischen Strategien widersprechen, wurden erstmals während des Dot-Com-Booms in den achtziger Jahren gemeldet, dann verstärkt beim Übergang zum E-Commerce-Geschäft nach den neunziger Jahren und erst kürzlich wieder in Forschungsströmungen zur Digitalisierung und Geschäftsmodellinnovationen (Salavou, 2014; Gabrielsson, Seppälä & Gabrielsson, 2016). Insbesondere bei der Untersuchung des Übergangs von traditionellen zu digitalen Geschäftsmodellen wurden mehrere Fälle identifiziert, die Porters Vorstellungen widersprechen.

Die technologiebezogenen Fälle, die den Vorstellungen von Porters widersprechen, haben in ihren Geschäftsmodellen drei Dimensionen gemeinsam, die seit den achtziger Jahren eng mit der Entwicklung der zugrundeliegenden digitalen Transformation verbunden sind. Die erste Dimension ist die Automatisierung, die entweder in Form einer realen technologiegetriebenen Prozessautomatisierung (z.B. Algorithmen) oder in Form der Auslagerung bestimmter Aufgaben an externe Kunden oder Benutzer (Baldwin, Hienert & von Hippel, 2006; Baldwin & von Hippel, 2011) erfolgt.

Die zweite Dimension ist die Kundenaktivierung. Diese Dimension technologiebezogener Geschäftsmodelle bietet den Nutzern entweder neue Freiheitsgrade (z.B. ein bestimmtes Produkt oder eine bestimmte Dienstleistung unabhängig von Ort und Zeit auswählen oder verwenden) oder in Form eines neuartigen Kundenvorteiles (z.B. Produkte, die auf die Bedürfnisse des Einzelnen zugeschnitten sind). Die zweidimensionale Automatisierung und Individualisierung, die dem Geschäftsmodell zugrunde liegen, können als zwei Seiten derselben Technologie verstanden werden (z.B. AM). Es scheint, als ob eine klug angewandte AM-Technologie die Fähigkeit besitzt, die generischen Strategien von Porter zu durchbrechen und gleichzeitig Kostenvorteile und Differenzierung zu realisieren.

Warum schaffen es einige Unternehmen jedoch, solche (manchmal disruptive) AM-basierte Geschäftsmodelle zu erstellen, während andere scheitern? Eine mögliche Antwort findet sich in der dritten Dimension: Multidisziplinarität. Erfolgreiche Geschäftsmodelle, die gleichzeitig Wettbewerbsvorteile schaffen, integrieren in der Regel die Wissensbasis verschiedener Disziplinen in ihr Marktangebot und verschaffen sich First-Mover-Vorteile (Markides & Sosa, 2013). Ein erfolgreiches Geschäftsmodell für AM muss daher multidisziplinär sein und Verarbeitungsmethoden (Produktionstechnologie) und Materialeigenschaften (Materialwissenschaften) mit anderen Disziplinen, wie Digitalisierung oder Medizin (Gatto, Bassoli, Denti, Iuliano & Minetola, 2015), verbinden. Digitale Geschäftsmodelle für AM erfordern somit gleichzeitiges Know-How in verschiedenen Disziplinen (Marinakis et al., 2017; Gartner et al., 2015). Die Komplexität der Entwicklung eines realisierbaren Geschäftsmodells für AM wird häufig unterschätzt (Gartner et al. 2015, Bonni

n-Roca et al., 2017), was nicht nur zu Frustration, sondern auch zu unerwarteten finanziellen Verlusten führen kann (Maresch & Gartner 2018). Infolgedessen ist der Gesamtmarkt für AM immer noch überraschend klein, es gibt jedoch einige herausragende und sehr erfolgreiche Ausnahmen. Eine davon ist der schnell wachsende Markt für additiv hergestellte Clear Aligner für Front-Tooth-Crowding, der einige Bereiche des kieferorthopädischen Marktes erfolgreich beeinträchtigt hat. Eine andere Ausnahme ist eine digital modellierte und in 3D gedruckte Schale für Hörgeräte, die die automatisierte Herstellung von Einzelschalen mit perfekter Passform ermöglicht. Beide Medizinprodukte bauen auf einem digitalen Geschäftsmodell auf, das multidisziplinäres Know-How für die automatisierte Individualisierung einsetzt, um gleichzeitig Kostenvorteile und Nutzenführerschaft mit einem echten disruptiven Nutzen für die Kunden zu erzielen.

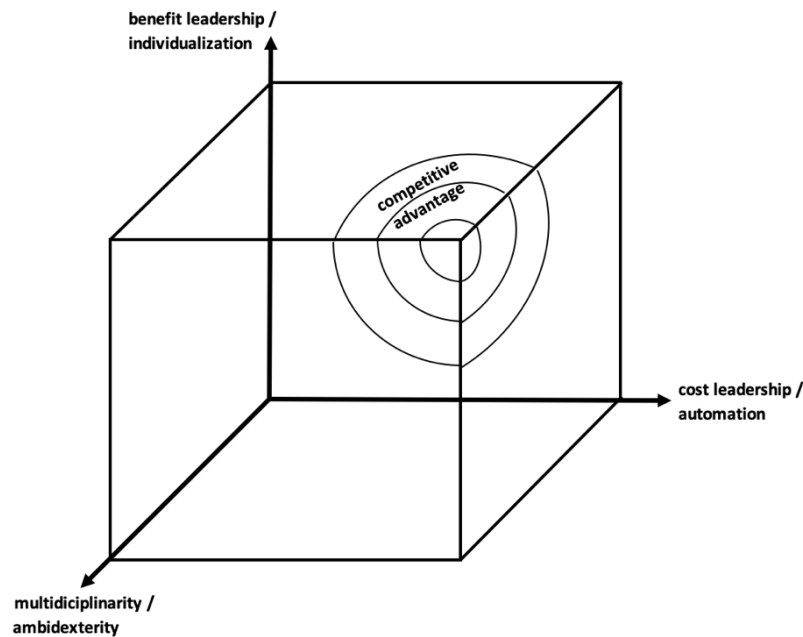
## **7.6. Framework: Magic Cube**

**Erste Dimension: Multidisziplinäre Perspektive oder Ambidexteritätsperspektive** - In der Literatur zu Forschung und Entwicklung wird zwischen vertikaler und horizontaler Innovation unterschieden. Vertikale Innovation umfasst Qualitätsverbesserungen oder die Schaffung von neuem Wissen innerhalb einer bestimmten Disziplin. Horizontale Innovation beinhaltet das Ziel, etwas Neues zu schaffen, indem vorhandenes Wissen aus verschiedenen Disziplinen kombiniert wird. Vertikale Innovation ist gleichbedeutend mit Spezialisierung, die auf dem Konzept der Arbeitsteilung basiert und sowohl am Arbeitsplatz als auch in anderen Bereichen der Gesellschaft verbreitet ist (Connolly und Peretto, 2003; Cozzi und Spinesi, 2006). Während die Spezialisierung zweifellos für erhebliche Fortschritte in Forschung, Wirtschaft und Gesellschaft verantwortlich ist, kann sie auch zu einer isolierten Entwicklung in einzelnen Disziplinen führen, wodurch Wissenssilos aufgebaut werden, die keine praktischen Auswirkungen haben (Gartner & Fink, 2018).

Innovative Manager schaffen neue Marktangebote, indem sie auf solche Wissenssilos zugreifen und deren Inhalte kombinieren. In der Regel benötigen sie Verständnis für mehr als eine Disziplin, um solche Wissenssilos zu vereinigen. Das Wissen aus jeder Disziplin ist mit einem bestimmten Rahmen versehen und ist nur vor einem bestimmten Hintergrund grundlegender Annahmen und Bedingungen sinnvoll. Horizontale oder multidisziplinäre Innovation, die Rekonfiguration von Elementen der Wissensbestände aus verschiedenen Disziplinen, kann im schlimmsten Fall zu Spannungen und Inkommensurabilität führen. Wenn also unterschiedliche Wissenssilos miteinander verbunden werden sollen, müssen Manager einen ambidextären Ansatz zur Geschäftsmodellinnovation verfolgen (Markides, 2013), um die Spannungen zwischen den Wissens-elementen zu bewältigen (Goh, 2002; Schneckenberg, 2015; Krylova et al., 2016; Forsten-Astikainen et al., 2017). Leonardo da Vinci (Isaacson, 2017) war der Prototyp eines frühen Universalgelehrten, der fachübergreifendes Wissen über verschiedene Disziplinen wie Kunst, Wissenschaft und Ingenieurwesen hinweg verband.

Multidisziplinarität ist die erste Dimension in unserem Rahmenwerk (siehe Abbildung 1). Je mehr Wissens-elemente aus verschiedenen Disziplinen in einem AM-basierten Geschäftsmodell zusammengeführt werden, desto höher ist die Punktzahl in dieser Dimension. Im Vergleich zu herkömmlichen Geschäftsmodellen schneiden digitale Geschäftsmodelle in dieser Dimension besser ab, da die Disziplin der Digitalisierung zu den anderen beteiligten Disziplinen hinzukommt (Alves et al., 2007).

Abbildung 7 – Konzeptionelles Model “Magic Cube”



**Zweite Dimension: Automatisierung** - Automatisierung ist ein bekanntes Merkmal und eine Hauptmotivation für den Einsatz von Technologien (Noble, 2017) wie AM. Wirtschaftswissenschaftler beobachten diese Dimension aus verschiedenen Blickwinkeln wie Akzeptanz, Effizienz sowie sozialen und wirtschaftlichen Auswirkungen (Lanzolla & Suarez, 2012; Yeo & Marquardt, 2015). Automatisierung baut auf Skaleneffekten auf, um durch Spezialisierung maximale Effizienz zu erzielen. Dies erfordert häufig erhebliche Investitionen in Maschinen, ist jedoch mit etwas eingeschränkter Flexibilität verbunden. Automatisierte Massenfertigung und Technologien wie das Spritzgießen ermöglichen die zeit- und kosteneffiziente Herstellung von ähnlich hochwertigen Massenprodukten. Die festen Formen verhindern jedoch die Flexibilität der Produkte während der Produktion (Eyers und Dotchev, 2010; Achillas et al., 2017; Deradjat und Minshall, 2017). Semi-flexible Technologien, wie robotergesteuerte Produktionslinien in der Automobilindustrie, sind in der Lage, ein gewisses Maß an vorgeplanter Individualisierung zu realisieren. Sie sind jedoch immer noch mit hohen Werkzeug- und Einrichtungskosten verbunden. AM bietet volle Flexibilität. In unserem Rahmenwerk bildet die Automatisierung die zweite Dimension (siehe Abbildung 1).

**Dritte Dimension: Individualisierung** - Handwerkskunst fördert im Gegensatz zur Automatisierung die Herstellung hoch individualisierter und oft kunstvoll hergestellter Qualitätsprodukte mit individuellen Werkzeugen. Handwerkskunst basiert historisch auf Handarbeit. Sie hat weniger Potential, Skaleneffekte zu nutzen, hat hohe Grenzkosten und leidet unter Produktivitätsbeschränkungen. Hoch individuelle Fertigungsprozesse führen daher in der Regel zu hohen Produktionskosten (Noble, 2017). Die Individualisierung wird meist aus Marketingperspektive mit dem Gedanken der Maximierung des Kundenvorteiles untersucht (Yoo & Park, 2016). AM punktet hoch im Bereich der Individualisierung. Wir integrieren Individualisierung als dritte Dimension in unser Rahmenwerk.

### 7.7. Wettbewerbsvorteil in der digitalen Wirtschaft

Durch die Kombination der drei Achsen können wir das disruptive Potential von AM-basierten digitalen Geschäftsmodellen identifizieren. In der Vergangenheit konnte eine Geschäftsstrategie nur gelegentlich

multidisziplinär, individualisierend und automatisierend kombiniert werden und dadurch gleichzeitig einen Wettbewerbsvorteil durch branchenübergreifende Kosten- und Nutzenführerschaft erzielen. In unserem Framework wird ein solches Szenario durch den Bereich in der vorderen rechten oberen Ecke des Magic Cubes veranschaulicht. Ein frühes Beispiel ist der Computer als Kombination verschiedener Disziplinen, wie Mathematik, Elektronik und Materialwissenschaften. Computer ermöglichten die automatisierte Verarbeitung einzelner Daten. Ein neueres Beispiel ist die automatisierte Herstellung einzelner Medizinprodukte mittels additiver Fertigung. Solche Anwendungen erfordern eine Kombination von Kenntnissen aus verschiedenen Disziplinen wie Medizin, Design, Materialwissenschaften und Mechatronik. Sie führen zur hochautomatisierten Herstellung sehr individueller Produkte, wie In-Ear-Schalen für Hörgeräte oder Invisalign-Zahnspangen. Die Position in der vorderen rechten oberen Ecke des Magic Cubes unterstreicht, dass AM-basierte Geschäftsmodelle das Potential haben, Wettbewerbsvorteile durch gleichzeitige Kosten- und Nutzenführerschaft in mehreren Branchen zu erzielen. Sie bieten klare Kundenvorteile basierend auf Individualisierung und hocheffiziente Kostenstrukturen durch niedrige bis keine Grenzkosten und verändern damit die Spielregeln, d.h. sie sind disruptiv (Christensen et al., 2015). Wir argumentieren, dass mit sich ändernden Regeln auch die Strategien an die digitale Wirtschaft angepasst werden müssen. Um das volle Potential von AM auszuschöpfen, muss die Umsetzung dieses neuartigen Produktionsparadigma als strategische Entscheidung und nicht als Wahl der Technologie verstanden werden.

Es ist wichtig, den Wettbewerbsvorteil und das wirtschaftliche Potential der AM-basierten Geschäftsmodelle hervorzuheben, die sich in der vorderen rechten oberen Ecke des Magic Cubes befinden. Solche Geschäftsmodelle erfordern nicht nur einen hohen Grad an automatischer Individualisierung, sondern erfordern auch ein ausgeklügeltes Zusammenspiel von mehr als einer Disziplin. In diesem Bereich können digitale Geschäftsmodelle herkömmliche Geschäftsmodelle übertreffen. Zukünftige technologische Entwicklungen und Skaleneffekte aufgrund der Konvergenz der globalen Märkte könnten das Potential solcher AM-basierten digitalen Geschäftsmodelle weiter steigern, wodurch sich die Kreise in der vorderen rechten oberen Ecke des Cubes erweitern würden. Die dynamische Perspektive bedeutet auch, dass der Cube das Verständnis zukünftiger Entwicklungen von AM verbessern könnte.

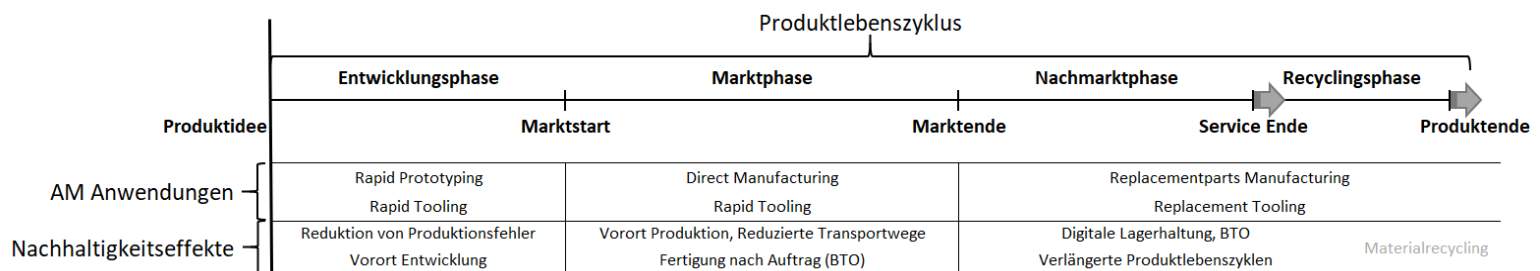
Der praktische Wert des Magic Cubes ist die Anleitung, die er Managern zur Strategiedefinition in Bezug auf AM-basierte Geschäftsmodelle in der digitalen Transformation gibt. Bei der Entscheidung über die Anpassung von AM können Unternehmen diejenigen digitalen Geschäftsmodelle identifizieren, die ihnen das attraktivste Potential bieten. Es ist wichtig zu beachten, dass Unternehmen bei der Beurteilung einer möglichen Integration von AM in die Wertschöpfungskette über den bloßen Ersatz traditioneller Technologien hinausdenken müssen. Vielmehr müssen sie die Möglichkeiten digitaler Technologien für eine radikale Neugestaltung des gesamten Geschäftsmodells in Bezug auf Kosten- und Nutzenführerschaft gleichermaßen in Betracht ziehen. Diese Bewertung muss auch die neuen Merkmale der Produkte und Dienstleistungen, die die digitalen Technologien ermöglichen, und die entsprechenden Vorteile für die Wettbewerbsfähigkeit der Marktangebote der Unternehmen berücksichtigen. Solche zusätzlichen Merkmale, die sich aus AM ergeben, könnten sogar höhere Produktionskosten ausgleichen, falls durch Automatisierung keine Kostenvorteile erzielt werden (Maresch et al., 2018).

## 7.8. Kernaussagen und Handlungsempfehlungen

- **Lernen von Best-Practice Anwendungen: Strukturierte Recherche, Kategorisierung, neutrale Kommentierung und Verbreitung nationaler und internationaler Success-Stories zu AM**

Weltweit existieren unzählige erfolgreiche Anwendungsbereiche von AM, die in Form von Pressemeldungen und wissenschaftlichen Publikationen veröffentlicht wurden. Diese Informationen sind bisher aber für die Praxis zu wenig strukturiert. Sie können zum Beispiel nicht nach Branchen, Produkte und Materialgattung gegliedert abgerufen werden. Eine mögliche Systematik über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg ist in Abbildung 8 dargestellt.

**Abbildung 8 – Produktlebenszyklus, AM Anwendungsbereiche und Nachhaltigkeitseffekte**



Da in diesen Berichten verschiedenste praktische Anwendungen von AM bereits einen positiven Wertschöpfungsbeitrag unter Beweis gestellt haben, bieten sie als Lernfälle ein hohes Potential mit verringertem Risiko für den Wirtschaftsstandort Österreich. Über „Lernen von den Besten“ können analoge Anwendungen angeregt werden, ohne dabei das Rad komplett neu zu erfinden. Die Schaffung und laufende Aktualisierung einer geprüften und neutral kommentierten, strukturierten und öffentlich zugänglichen Datenbank von erfolgreichen AM Anwendungen und den zugehörigen Geschäftsmodellen würde eine schnelle und vergleichbar kostengünstige Erstmaßnahme mit breitem Erfolgspotential darstellen. So lange es eine solche Datenbank nicht gibt, sollten Unternehmen derartige Recherchen für ihren eigenen Geschäftsbereich durchführen, bevor sie Entscheidungen über die Anwendung von AM treffen.

- **Additive Thinking erlernen: Einführung von AM in (Weiter-)Bildung und Forschung zum besseren Verständnis des Schichtbauverfahrens**

Für die Förderung der Innovationskraft bedarf es eines guten Verständnisses der AM Technologien und der für ihren Einsatz nötigen Konstruktionsfähigkeiten. *Additive Thinking* – das Verständnis der Freiheiten des Schichtbauverfahrens – sollte daher möglichst frühzeitig Einzug in das primäre und sekundäre Bildungssystem finden, um die Bildungslücke zwischen subtraktiven und formenden Produktionsverfahren zu schließen. Unternehmen sollten Führungskräfte mit Additive Thinking vertraut machen, damit die Entscheidungsträger über die notwendige Informationsbasis verfügen, um mit Anbietern von AM Systemen und gegebenenfalls Beratern auf Augenhöhe zu kommunizieren und gemeinsam informierte Entscheidungen zu treffen. Für geeignete Fachkräfte sollten Unternehmen entsprechende Weiterbildungsmaßnahmen vorsehen.

- **Interdisziplinarität fördern: Nutzung vorhandener Knowledge Hubs und Service Dienstleister**

Eine Erstanwendung von AM im unternehmerischen Kontext erfordert nicht zwangsläufig die Anschaffung einer Produktionsmaschine. Auch ist nicht ein umfassendes Verständnis von subtraktiven und additiven

Produktionsverfahren nötig, sondern es braucht ein Grundverständnis der unterschiedlichen Logiken diese Produktionsformen. Die Denkweise ändert sich und neue Möglichkeiten ergeben sich im Produktdesign, je nachdem ob man Material hinzufügt oder wegnimmt bis das gewünschte Objekt geschaffen ist. Erste Produkte für technische und ökonomische Tests können auch in Kooperation mit spezialisierten Dienstleistern, anderen Unternehmen und sonstigen *Knowledge Hubs* wie Technologieplattformen, Universitäten und FabLabs erfolgen. Ein solcher Vorgang reduziert nicht nur das Investitionsrisiko, sondern fördert auch den Wissenstransfer und die Interdisziplinarität zwischen den Einrichtungen, die für erfolgreiche Anwendungen essenziell sind (siehe Cube-Modell - Interdisziplinarität). Eine solche Initiative wurde kürzlich am Linz Institute for Technology (LIT) der Johannes Kepler Universität Linz ins Leben gerufen. Das dort geschaffene offene AM Labor soll gemeinsam mit Leitbetrieben und der Wirtschaftskammer Oberösterreich einen offenen Raum zum Probieren von AM bieten. Das Unternehmen Otelo bietet solche offenen Labors für Schulen an. An der LIMAK Austrian Business School werden in MBA Programmen zu Innovation und Digitalisierung, die in Linz und Wien angeboten werden, AM Themen intensiv vermittelt.

- ***Additive Betrachtung der gesamten Wertschöpfungskette: Für eine Potentialanalyse bedarf es einer Betrachtung der gesamten Wertschöpfungskette***

Der Vergleich der direkten Produktionskosten eines traditionellen vs. additiv gefertigten Produktes ist für eine Potentialanalyse in den meisten Fällen unzureichend. Wie in Abbildung 8 dargestellt, kann AM in verschiedenen Phasen des Produktlebenszyklus sowohl als Substituts- als auch als Ergänzungstechnologie einen positiven Wertschöpfungsbeitrag leisten. Beispielsweise können additive Fertigungstechnologien im Zuge von *Rapid Prototyping* in der Entwicklungsphase angewandt werden und/oder auch in Form von *Rapid Tooling* für die Erstellung von Produktionswerkzeugen (z.B. Sandguss- und Spritzgussformen) als Vorprozess für spätere traditionelle Produktionsverfahren herangezogen werden. In Form von *Direct Manufacturing* können Produkte oder Produktteile auch in der aktiven Marktphase direkt additiv gefertigt werden. In der Nachmarktphase dient AM oftmals zur Reparatur von Werkzeugen oder wird in Verbindung mit einer digitalen Lagerhaltung zur Erstellung von Ersatzteilen bei Kundenbedarf angewandt (siehe Abbildung zum Produktlebenszyklus unten). Bei Entscheidungen über AM Anwendungen im eigenen Unternehmen ist daher die gesamte Wertschöpfungskette und die Auswirkungen auf die Wertschöpfungspartner sowie die Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Parametern zu berücksichtigen.

- ***Automatisierte Individualisierung: Fokussierung auf Kundenbedürfnisse und Produktfunktionen anstelle auf Komplexität***

AM ermöglicht eine automatisierte Produktion individueller Produkte und hat so das Potential einen Kundenmehrwert bei gleichzeitiger Kostenreduktion zu schaffen. Für Endkundenanwendungen kann dies beispielsweise in Form individueller Medizin- oder Konsumprodukte und für industrielle Anwendungen in Form von individualisiert optimierten Werkzeugen oder Kleinserien erfolgen. Die Freiheiten des Schichtbauverfahrens und die Möglichkeit äußerst komplexe Objekte erzeugen zu können ermöglichen einen Fokus auf individuelle Kundenbedürfnisse (siehe Cube-Modell: *Benefit & Cost Leadership*).

- **Alternative *Materialien* berücksichtigen**

Der Fokus auf ein kundenzentriertes Produkt mit ökonomischem Potential unter Einsatz von AM sollte stets auch die Prüfung aller zur Verfügung stehender AM Materialien beinhalten. AM bietet eine umfangreiche und stets wachsende Palette an Kunststoffen, Metallen, Keramiken und Composite-Materialien mit den verschiedensten Materialeigenschaften. Hersteller sollten unabhängig von ihrer eigenen Historie auch alternative Materialgattungen bei einer Produktentwicklung berücksichtigen.

- ***Competitive Advantage* entwickeln: Simultane Entwicklung von AM Produkten und (digitaler) Geschäftsmodelle**

AM ist eine digitale Produktionsform, deren Anwendung simultan mit einem geeigneten (digitalen) Geschäftsmodell entwickelt werden sollte. Es geht nicht um den Ersatz bestehender Technologien durch AM in einem bestehenden Geschäftsmodell. Eine bestmögliche Einbettung in ein digitales Geschäftsmodell erlaubt eine globale Skalierung bei gleichzeitiger Interdisziplinarität, Automatisierung und Individualisierung (siehe Cube-Modell: *competitive advantage*).

- ***Nachhaltigkeitspotential* erkennen und fördern**

AM hat wie andere digitale Produktionsverfahren ein hohes Potential für positive Nachhaltigkeitseffekte, die von unternehmerischen Entscheidungsträgern zunehmend erkannt und gesellschaftlich relevant werden. Nachhaltigkeitseffekte ergeben sich in der additiven Fertigung aktuell insbesondere durch die Möglichkeit der Erstellung von Leichtbauobjekten für eMobility und den Luftfahrtbereich sowie durch das Potential vor Ort zu produzieren und damit Transportwege zu minimieren. AM kann durch bessere Prototypen in der Entwicklungsphase die allgemeine Produktqualität verbessern. Damit erhöht sich nicht nur der Kundennutzen, sondern auch die Lebensdauer der Produkte. Außerdem ermöglichen digitale Produktionsformen eine digitale Lagerhaltung, bei der Produkte und Ersatzteile nach Bedarf produziert werden. Dadurch können Überschüsse vermieden werden. Ein digitales Ersatzteilmanagement sowie die Möglichkeit mittels AM Werkzeuge reparieren zu können, verlängern die Funktionszeit von Produkten und Produktionsanlagen, selbst wenn die einstigen Ersatzteil- und Werkzeughersteller nicht mehr existieren (siehe Abbildung 8).

- **Uniforme Anwendungen vermeiden**

Die öffentliche Wahrnehmung von AM als disruptive Technologie führt oftmals zu einer vorzeitigen, unreflektierten und uniformen Anwendung, die in Fehlinvestitionen, erhöhten Opportunitätskosten und Enttäuschung resultieren kann. Die Triebfeder, die unternehmerische Entscheidungsträger dazu verleitet vorschnell auf den medial geschürten Trend aufzuspringen, ist die Angst etwas zu versäumen (fear of missing out, FOMO). Dieser *Angst etwas zu versäumen* (FOMO) kann jedoch mit eigener Erfahrung, qualitativ hochwertiger Information und gezielter Weiterbildung zu AM begegnet werden. Entscheidungen über die Anwendung von AM sollten daher stets ohne Angst, gut informiert sowie sorgsam und nüchtern getroffen werden. Es geht darum sich als Unternehmen aus wohl überlegten Gründen für AM zu entscheiden und nicht aus Angst vor einer unsicheren Zukunft ohne AM. Eine unbegründete Entscheidung für AM macht die Zukunft für das Unternehmen keinesfalls sicherer.

- **Forschungsmittel gezielt und langfristig zuweisen**

Zur Hebung der identifizierten Potentiale von AM sowie für einen weiteren Kompetenzausbau zu AM am Wirtschaftsstandort Österreich sollte eine langfristige Zuweisung von öffentlichen Forschungsmitteln in den Bereichen Anwendungen, Maschinen, Materialien, Geschäfts- und Nachhaltigkeitsmodelle erfolgen. Gezielte Investitionen in AM können den Wirtschaftsstandort Österreich nachhaltig stärken und die Produktions- und Zulieferindustrie in Österreich wettbewerbsfähig halten. Entscheidungsgrundlage bei der Vergabe von Förderungen an Unternehmen und Forschungseinrichtungen sollte eine substantiierte Prognose der Auswirkungen der Förderung auf die gesamte Wertschöpfungskette sein.



## 8. Exkurs: Additive Manufacturing & Internationale Leitbetriebe

*AutorInnen dieses Abschnitts: Herwig Schneider / Klara Fuchsreiter / Peter Luptáčík*

*IWI Industriewissenschaftliches Institut*

### 8.1. Additive Manufacturing als Strukturkennzeichen in Leitbetrieben

Die ursprünglichen Anwendungen von AM beschränkten sich auf die Herstellung von Prototypen.<sup>1</sup> Rapid Prototyping, ein bei der Fertigung angewendetes Verfahren, zielt auf den Bau von Anschauungs- und Funktionsprototypen ab. Infolgedessen lassen sich Produktentwicklung sowie Markteinführung verkürzen. Mittlerweile ist das Anwendungsgebiet von AM ein breit gestreutes. Sie ermöglicht Herstellern, sich am Markt zu differenzieren – in Bezug auf neue Kundennutzen, Kostenreduktionspotentiale oder um Nachhaltigkeitsziele zu erlangen. Im Sinne der passgenauen Organisation gewinnt AM im Rahmen der Ersatzteilproduktion gleichermaßen an Bedeutung. AM ist sohin über die gesamte Prozesskette zu lesen – im Sinne eines Anlagenbauers, Anwenders oder Pulverherstellers – und berücksichtigt Verfahren wie Schichtbau und Hybridverfahren für Kunststoffe und Metalle.

#### Keyfacts auf Basis von IFI-Erhebungsdaten

Internationale Leitbetriebe sind charakterisiert durch Kontroll-, Planungs- und Steuerungskompetenzen<sup>2</sup>, signifikante systemische Wertschöpfungsintensitäten<sup>3</sup>, hohe Marktanteile in ihren Kernprodukten/-dienstleistungen<sup>4</sup>, überdurchschnittliche Internationalisierungsgrade<sup>5</sup> und Standortmobilität<sup>6</sup>. In vielen Fällen sind Leitbetriebe Großunternehmen mit 250 Beschäftigten und mehr – konzeptionell muss das aber nicht zwingend der Fall sein.

Für die Hauptuntersuchung des IFI „Additive Fertigung: Potentiale für den Standort Österreich erkennen und nutzen“ wurde im Rahmen einer Online-Erhebung ein separater Frageblock geschaltet, welcher Internationale Leitbetriebe identifizieren hilft und Querschaltungen mit anderen Fragebatterien zulässt. Auf Basis von Selbsteinschätzungen sehen sich in dieser Analyse demnach 26 von 256 Respondenten als Internationaler Leitbetrieb.<sup>7</sup> 65% dieser Unternehmen haben tatsächlich mehr als 250 Mitarbeiter in Österreich, der überwiegende Teil des Restes immer noch mehr als 50 Mitarbeiter, womit sich diese Untersuchungsgruppe signifikant von der Stichprobe der Hauptuntersuchung unterscheidet (32% der Unternehmen mit maximal 49 Mitarbeiter).

Die 26 im gegenständlichen Zusammenhang erfassten Internationalen Leitbetriebe messen AM eine strukturell größere Bedeutung zu als Unternehmen, welche sich selbst nicht als Leitbetriebe klassifizieren. 64% der Internationalen Leitbetriebe beurteilen AM für die Entwicklung der Unternehmensaktivitäten als sehr oder eher

---

<sup>1</sup> Bei Additive Manufacturing (AM) – welche gemeinhin auch Additive Fertigung genannt wird – handelt es sich um Prozesse, die auf Grundlage von digitalen 3D-Konstruktionsdaten durch das Ablagern von Material schichtweise Bauteile aufbauen. In gewissem Maße ist AM der Gegensatz zu herkömmlichen Bearbeitungsverfahren, die Material abtragen (vgl. Drehen, Fräsen, Schleifen oder Erodieren).

<sup>2</sup> In erster Linie Konstitutive Entscheidungen, F&E, Beschaffung, Fertigung, Absatz, Investition und Finanzierung, Controlling od. Rechnungswesen.

<sup>3</sup> Direkte, indirekte und induzierte Wertschöpfungskraft in Höhe von mindestens 10 Mio. EUR.

<sup>4</sup> Mindestens 1% des globalen Weltmarktanteils in den Kernaktivitäten und/oder mind. 10% des heimischen Branchen-Produktionswertes.

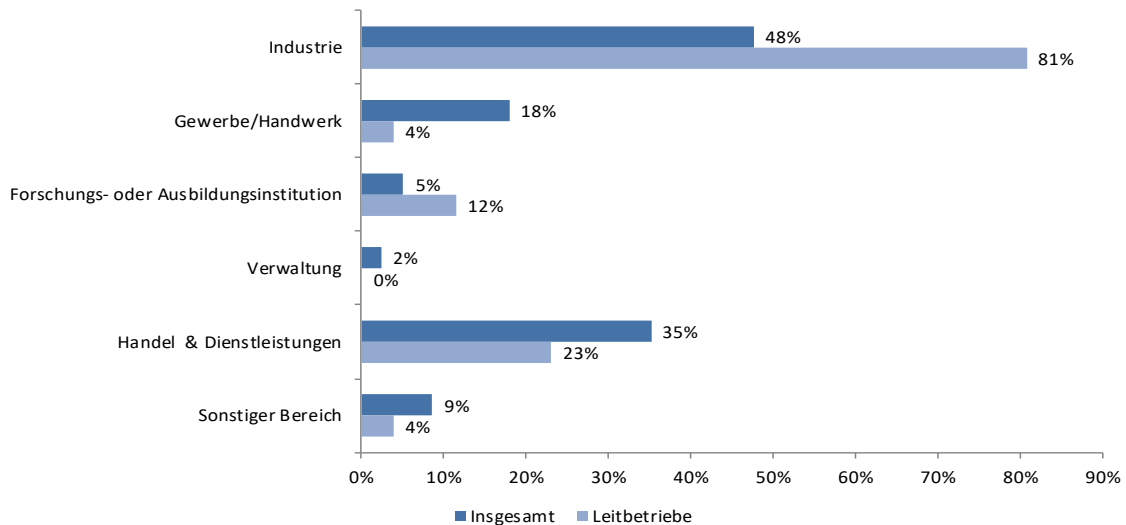
<sup>5</sup> Überdurchschnittlicher Internationalisierungsgrad (Exporte und FDI) im Verhältnis zum Branchenmittel.

<sup>6</sup> Sensible Standortreaktion auf Umfeldveränderungen bei Arbeitskräftepotential, Energieversorgung u.Ä.

<sup>7</sup> Aufgrund des Datenschutzes können die Unternehmen nicht identifiziert werden.

wichtig (20%) bis mittelwichtig (44%). Dagegen sehen Unternehmen ohne Leitbetriebe-Kategorisierung die Bedeutung bei 14% (sehr oder eher wichtig) bzw. 33% (mittelwichtig). Allgemein und wenig überraschend ist der Impact von AM-Maßnahmen bei Unternehmen, welche AM bereits im Einsatz haben, hoch: Etwa zwei Drittel der Unternehmen (65%) bzw. Internationale Leitbetriebe (67%) geben einen Bedeutungsgrad von 1 bis 3 an. Kein einziger Internationaler Leitbetrieb mit aktuellen AM-Anwendungen qualifiziert deren aktuelle Wichtigkeit als gering. 81% der Leitbetriebe-Befragungsteilnehmer sind Industrieunternehmen, welche somit überdurchschnittlich vertreten sind, siehe Tab.1.

Tab. 1: Tätigkeitsbereiche der Unternehmen



Anm.: n=256 bzw. Leitbetriebe n=26. Frage: In welchen Bereichen sind Sie beruflich tätig? Mehrfachnennungen möglich.  
 Quelle: IWI (2019) auf Basis der Erhebung des IFI

## Power Roles

In der Einschätzung, inwiefern unterschiedliche Akteursgruppen des Nationalen Innovationssystem Österreichs (NIS) zum gegebenen Zeitpunkt ihren Beitrag zur aktiven Verbreitung von AM-Maßnahmen leisten, ähneln sich die Einschätzungen der unterschiedlichen Aggregate. Kritisch zeigt man sich allgemein gegenüber öffentlichen Entscheidungsträgern, wie Abb. 1 zeigt. Die untersuchte Unternehmenslandschaft (inkl. Internationale Leitbetriebe) sieht allerdings in der teils öffentlich finanzierten Forschungsgemeinschaft auch die wichtigsten Bündnispartner.<sup>8</sup> Und, 12% der Internationalen Leitbetriebe sehen in ihrem vorwiegend KMU-strukturierten Unternehmensumfeld wichtige Systempartner zur Etablierung der Technologie, für weitere 35% ist die Bedeutung immer noch signifikant hoch. Somit schätzen die Internationalen Leitbetriebe die Rolle der KMU bei der Verbreitung von AM-Maßnahmen als zentraler ein, als dies das KMU dominierte Unternehmenssample bewertet. Dies sind wichtige Hinweise darauf, dass AM in Netzwerken funktioniert und Unternehmensgrößenklassen überschreitende Wertschöpfungsnetzwerke aktiviert werden. Was den Blick in die Zukunft betrifft, wird (noch) größeres Vertrauen in die heimische Forschungslandschaft gesetzt (siehe Abb. 2). Insbesondere werden gesteigerte Erwartungen an das heimische Aus- und Weiterbildungssystem gesetzt.

<sup>8</sup> Diese Aussage spiegelt sich auch in These 1: „Die Einführung von AM in Bildung und Forschung begünstigt die Hebung der Potentiale“ auf Seite 28 bzw. 44 der Untersuchung „Additive Fertigung: Potentiale für den Standort Österreich erkennen und nutzen“ (IFI, 2019) wider.

Abb. 1: Verbreitung von AM-Maßnahmen durch Institutionen

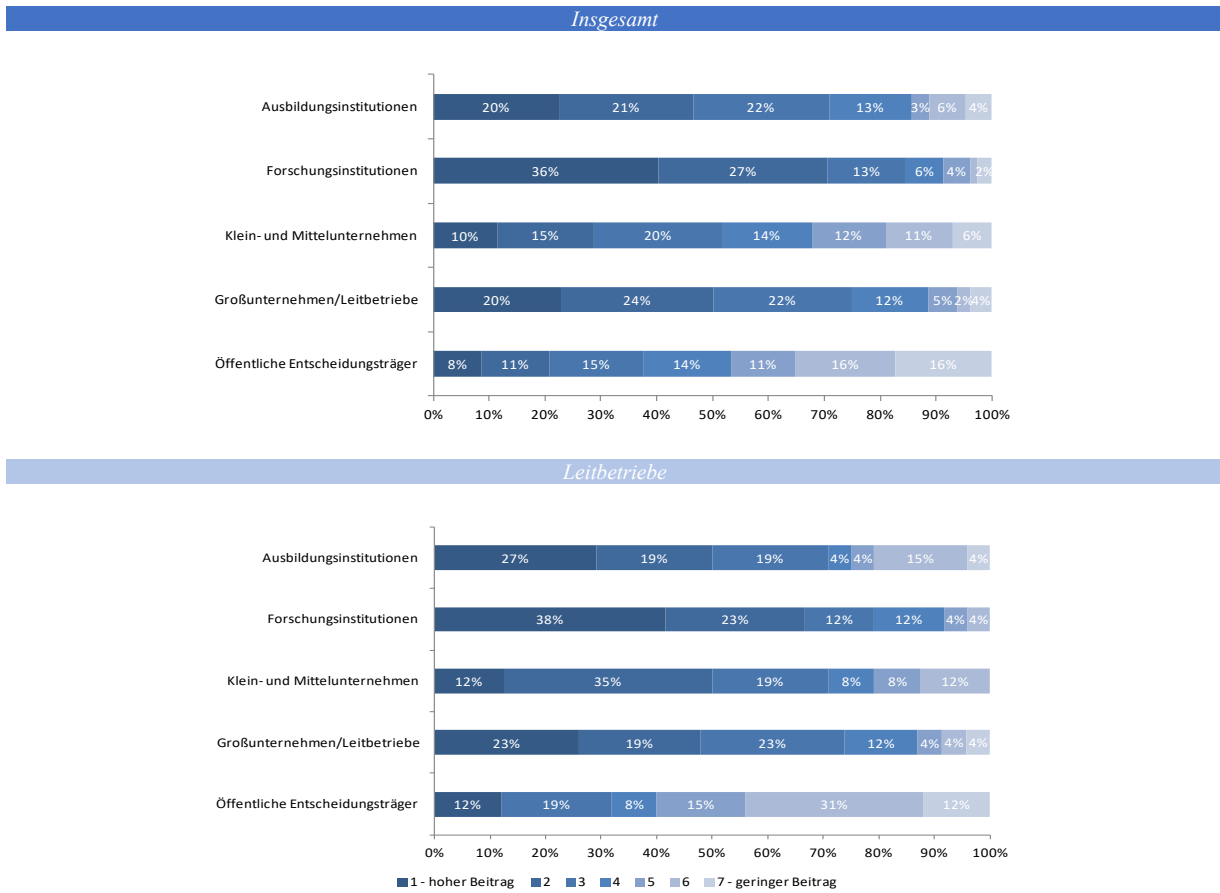
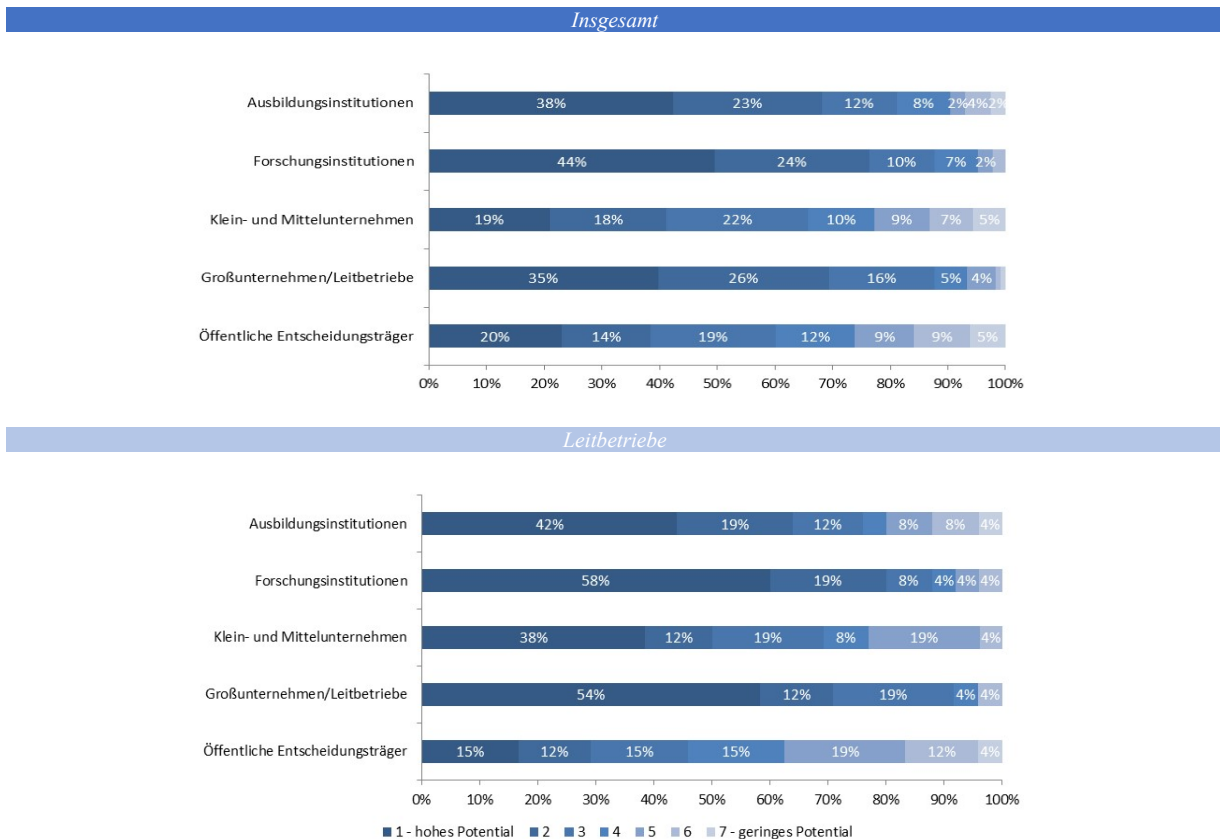


Abb. 2: Potential von Institutionen bei der Verbreitung von AM



Anm.: n=256 bzw. Leitbetriebe n=26. Frage: Welchen Beitrag leisten folgende Institutionen Ihrer Einschätzung nach bei der aktiven Verbreitung von Additiven Fertigungsmaßnahmen zum gegebenen Zeitpunkt? Werte kleiner als 2% sind nicht beschriftet. „Insgesamt“ (inkl. Internationale Leitbetriebe). Quelle: IWI (2019) auf Basis der Erhebung des IFI

## 8.2. Funktionale Gliederung von Additive Manufacturing in Leitbetrieben

Generative Produktionsverfahren stehen für eine breite Anwendungsfamilie, welche durch eine Vielfalt an Werkstoffen sowie Technologien geprägt ist. Vom Ankauf originalgetreuer 3D-Miniatur-Modelle aus dem 3D-Drucker für PR-Zwecke bis hin zur Steuerung der gesamten Wertschöpfungskette des Einsatzes additiver Prozesse, von Beratung, über F&E-Unterstützung bis hin zu After-Sales-Support, alle bekannten Prozesse, Verfahren und Technologien finden in Leitbetrieben Anwendung. Darüber hinaus sind Internationale Leitbetriebe mit Bezug zu Metall, Mechatronik, Materialwissenschaften oder Kunststofftechnik in Clustern und Forschungsk Kooperationen eingebunden. In der Gruppe der in Österreich angesiedelten Internationalen Leitbetriebe gibt es zudem einige, welche selbst Innovationszentren für AM unterhalten.

Für eine funktionale Analyse der spezifischen Strukturen und in Vorbereitung einer gesamtwirtschaftlichen Modellbetrachtung von LeitbetriebeNetzwerken (s. Abschn. 3) wurde parallel zur Felduntersuchung des IFI eine Erweiterung der IWI-Leitbetriebe-Datenbank vorgenommen.<sup>9</sup> Das gesamte Sample im Umfang von 270 geprüften<sup>10</sup> Internationalen Leitbetrieben steht für ein Umsatzvolumen von über 132 Mrd. EUR und beschäftigt mehr als 370.000 Mitarbeiter in Österreich. Mehr als 120 dieser Leitbetriebe weisen davon einen eindeutig beobachtbaren AM-Bezug auf, sei es als Hersteller, als Zulieferer, als Anwender oder auch im Bereich von F&E.<sup>11</sup> Es ist anzunehmen, dass etwa 20% davon im Rahmen der Strukturbeschreibungen von Abschnitt 1 erfasst sind.

Aufgrund der Branchenheterogenität der österreichischen Leitbetriebe ist eine statistische Abgrenzung konkreter AM-Aktivitäten schwer zu definieren. Zum einen wenden Sub-branchen innerhalb derselben Branche diese Technologie an, während andere Subbranchen dies nicht einsetzen. Zum anderen stellt sich die Frage, ob Maschinen die Kuchen in 3D-Schichtenverfahren fertigen, nicht ebenfalls der AM zuzurechnen sind, auch wenn dies dem Backwarenhersteller selbst nicht bewusst ist. Gleiches gilt für Lackhersteller: Sind Lackhersteller, die sich im Rahmen der 3D-Auftragung unterschiedlicher Lacke für verschiedene Schichtführung Maschinen betätigen, der AM zuzuschreiben? Wie sind Leiterplattenproduzenten, die auf Nano-Ebene Schaltungen sowie mehrere Schichten in 3D auftragen zu bewerten? Die definitorische Abgrenzung in der vielfältigen Leistungslandschaft, von Dienstleistern über Stahlindustrie bis hin zu Energieerzeugern und eben auch Lebensmittelherstellern zeigt technische und wirtschaftliche Zugänge zu AM. Gleichfalls interessant zu beobachten ist, wie sich externe Auswirkungen additiver Lösungen indirekt auf Leitbetriebe auswirken können. Dies lässt sich anhand des folgenden Beispiels ausführen: Ein bekanntes Unternehmen, welches sich auf die Produktion von Schließsystemen spezialisiert hat, muss sich seit mehreren Jahren gegen unerwünscht Schlüsselkopien anhand von 3D-Druckverfahren wehren und produziert so ICS-Schlüssel<sup>12</sup>, welche nicht per 3D-Druck replizierbar sind.<sup>13</sup>

<sup>9</sup> Als Datenbasis fungiert eine IWI-Datenbank, welche im Kontakt mit den Leitbetrieben in regelmäßigen Abständen aktualisiert und je nach Bedarf erweitert oder auch redimensioniert wird. Für die gegenständliche Analyse liegen für sämtliche Internationale Leitbetriebe in Österreich die Mitarbeiter- und Umsatzzahlen für das Jahr 2018 vor. Als Bezugsquellen werden auch Einzelrecherchen auf Ebene von Geschäftsberichten herangezogen.

<sup>10</sup> s. Fußnoten 2 bis 7.

<sup>11</sup> Es stehen 170 Kurzprofile mit Anwendungen von AM in Internationalen Leitbetrieben zur Verfügung.

<sup>12</sup> ICS steht für Innen-Codiert-System

<sup>13</sup> Die vorliegende Untersuchung kann nicht bis ins Detail erfassen, inwieweit der AM-Einsatz im Einzelnen in der Tiefe aufzuschlüsseln ist: Ob nun ein Bauteil einer Backmaschine eines Backwarenherstellers mit

Auf Grundlage konkreter qualitativer Beurteilungen und zur weiteren Analyse empfiehlt es sich, die Zielgruppe der Internationalen Leitbetriebe folgendermaßen zu gliedern:<sup>14</sup>

*Core Player:* Hierbei handelt es sich um Leitbetriebe, welche eine oder mehrere der folgenden Eigenschaften aufweisen. Sie spielen im Herzen der untersuchten Anwendungen vielfach global mit oder sind darin bereits klar mit Produkten und Leistungen etabliert.

- Mitgliedschaft bei AM Innovationsnetzwerken, Clustern etc.
- Explizit AM in der Erbringung des Leistungsportfolios.
- Vorreiter und intensive Auseinandersetzung mit den technischen Anwendungen.
- Halb- und Fertigerzeugnisse am Markt, die mittels AM hergestellt wurden.
- AM als eigene servointerindustrielle Leistung.

*Supplier:* Darunter werden Leitbetriebe als Lieferanten von konkreten Halb- und Fertigerzeugnissen, Systemen, Systemkomponenten von AM bis hin zu komplexen Systemlösungen und AM-Dienstleister (AM für Dritte) verstanden.

*Front Runner:* Diese Leitbetriebe sind nicht so breit wie Core Player bzw. in speziellen Nischen aufgestellt, doch innerhalb dieser Nischen bzw. Bereiche entwickeln oder bieten sie AM-Anwendungsverfahren und zeigen Vorläufercharakter. Ein Beispiel dazu: der kalte Schweißprozess der AM beispielsweise wird nach einem bekannten österreichischen Leitbetrieb benannt.

*Systematic User:* Bei diesen Leitbetrieben ist die gezielte Anwendung von AM für die Erstellung von Prototypen, Halb- und Fertigerzeugnissen geplant. Sie sind keine Anbieter oder Hersteller von AM, aber bereits etabliert. Diese Gruppe beinhaltet ebenso Produzenten von Ersatzteilen. Es gibt mitunter keine expliziten Hinweise auf die Verwendung von AM Technologien.

*Current Tech Adaptors:* Darunter versteht man Leitbetriebe, welche sich schwerpunktmäßig mit der Suche nach AM-Lösungen und AM-Adaptierung innerhalb der eigenen Unternehmensgrenzen beschäftigen. Es gibt mitunter eine Schnittmenge zu anderen AM-Profilen wie Core Player und Systematic User.

*Casual User:* Hierunter sind Leitbetriebe zu verstehen, die vorwiegend AM-Lösungen außerhalb des Kerngeschäfts einsetzen, u.a. für PR-Zwecke.

*Other:* Diese Gruppe umfasst sonstige, nicht eindeutig zuordenbare AM Aktivitäten, wie z.B. das BioPrinting in der Lebensmittelindustrie.

Die gemesse am Umsatz größte Teilgruppe bilden jene der Core Player. Ihr sind gemäß IWI-Datenbank insgesamt 29 Leitbetriebe zuordenbar, welche gemeinsam einen Umsatz von 29,1 Mrd. EUR erwirtschaften und 72.000 Mitarbeiter in Österreich beschäftigen. Somit kann mehr als jeder zehnte heimische Leitbetrieb als Core Player im Bereich von AM angesehen werden. Core Player sind laut NACE<sup>15</sup> Klassifizierung in den Branchen

---

Hilfe von AM im Prototyping in der F&E-Phase zum Einsatz kam, ist mit üblichen sozialwissenschaftlichen Analysevorgangsweisen nicht nachvollziehbar. Jedoch können veröffentlichte und versteckte Hinweise zum Einsatz von AM zu Tage gebracht und die AM-Aktivitäten strukturiert werden.

<sup>14</sup> Mehrfachbesetzungen möglich

<sup>15</sup> NACE = *Nomenclature statistique des activités économiques dans la Communauté européenne*. Die Statistische Systematik der Wirtschaftszweige in der Europäischen Gemeinschaft (NACE) ist die Systematik der Wirtschaftszweige in der Europäischen Union (EU). Die NACE Systematik bildet den

u.a. in den Branchen Herstellung von Kraftwagen und -teilen (29), der Metallerzeugung (24) bzw. Herstellung von Metallerzeugnissen (25) sowie dem Maschinenbau (28) tätig.

Das Sample der Front Runner ist mit einem Umsatzvolumen von 16,1 Mrd. EUR zweitstärkste Gruppe. In Summe werden 21 Leitbetriebe mit ihren 36.400 Mitarbeitern als Front Runner bezeichnet. Zu den wichtigsten Branchen dieser Player zählen bspw. die Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen (26), die Herstellung von pharmazeutischen/chemischen Erzeugnissen (20 bzw. 21), oder die Verarbeitung von Steinen und Erden (23).

Die meisten Leitbetriebe gehören zum Cluster der Systematic User. Für insgesamt 34 Leitbetriebe (12%) ist der Einsatz von AM für die Herstellung von Halb- und Fertigerzeugnissen regelmäßiger Bestandteil ihrer Geschäftstätigkeit. Sie erzielen einen Umsatz von 11,9 Mrd. Umsatz und bieten 41.300 Personen einen Arbeitsplatz. Die Gruppe der Systematic User ist in einem heterogenen Branchenmix vertreten, neben den bereits genannten Branchen, sind die Leitbetriebe u.a. im Sonstigen Fahrzeugbau (30), in der Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren (22) sowie in der Reparatur von Maschinen und Ausrüstungen (33) tätig.

Die übrigen vier AM Cluster bewegen sich größtmäßig auf einem ähnlichen Niveau, sowohl was Unternehmensanzahl (zwischen 6 und 14 Unternehmen) als auch Umsatzerlöse (von 2,4 bis 3,5 Mrd. EUR) bzw. Mitarbeiteranzahl (zwischen 6.400 und 7.800 Beschäftigte) betrifft. Das Tätigkeitsfeld dieser Cluster ist breit gestreut und in etlichen Wirtschaftszweigen zu finden. Beispiele daraus sind, neben den zuvor erwähnten, die Lebensmittelindustrie (10) sowie die Papierindustrie (17).

Abb. 3: Internationale Leitbetriebe mit AM-Bezug (geclustert, Mehrfachbesetzungen möglich)

Core Player	• 29 Leitbetriebe   29,1 Mrd. Umsatz   72.000 Mitarbeiter
Supplier	• 9 Leitbetriebe   3,3 Mrd. Umsatz   7.000 Mitarbeiter
Front Runner	• 21 Leitbetriebe   16,1 Mrd. Umsatz   36.400 Mitarbeiter
Systematic User	• 34 Leitbetriebe   11,9 Mrd. Umsatz   41.300 Mitarbeiter
Current Tech Adaptors	• 9 Leitbetriebe   3,5 Mrd. Umsatz   7.800 Mitarbeiter
Casual User	• 6 Leitbetriebe   2,4 Mrd. Umsatz   6.400 Mitarbeiter
Other	• 14 Leitbetriebe   2,9 Mrd. Umsatz   7.500 Mitarbeiter

Quelle: IWI (2019)

Eine Auflistung ausgewählter AM-Aktivitäten in Internationalen Leitbetrieben am Wirtschaftsstandort Österreich findet sich in Anhangform.

### 8.3. Volkswirtschaftliche Bedeutung von Additive Manufacturing in heimischen Wertschöpfungsnetzwerken

Internationale Leitbetriebe sind Technologietreiber und wertschöpfen in Systemen. In diesem Sinne setzen sie über den AM-Technologiestrang wesentliche volkswirtschaftliche Impulse bzw. aktivieren weitläufige Wertschöpfungsketten – sowohl backward<sup>16</sup> als auch forward linkages<sup>17</sup>. Im Zusammenspiel insbesondere mit klein- und mittelbetrieblich strukturierten Unternehmenseinheiten sind sie der Ursprung für Wettbewerbsfähigkeit am hochgradig vernetzten Wirtschaftsstandort Österreich.

Eine volkswirtschaftliche backward linkages Input-Output-Analyse belegt die enorme Hebelwirkung hier ausgewählt am Beispiel der Gruppe von AM Core-Player-Leitbetrieben. Jeder zusätzliche Euro, der in einem der 29 Internationalen Leitbetriebe erwirtschaftet wird, generiert mittelbar weitere 75 Cent an Wirtschaftskraft in vorgelagerten Bereichen sowie über Konsum- und Investitionseffekte. Jeder neue Arbeitsplatz ist gar mit einem Multiplikator in Höhe von 2,67 versehen. Das bedeutet, dass durchschnittlich mehr als eineinhalb weitere Arbeitsplätze entstehen. In Summe stehen 29 Internationale Leitbetriebe mit AM-Bezug gesamtwirtschaftlich für mehr als 50 Mrd. Euro Jahresumsatz (mehr als 6% des gesamten Leistungsvermögens der österreichischen Volkswirtschaft) und mehr als 192.000 Beschäftigungsverhältnisse (siehe Tab. 2). Mit in Summe mindestens 5 Mrd. Euro pro Jahr werden öffentliche Haushalte gespeist.

Tab. 2: Internationale Leitbetriebe als AM Core Player (gesamtwirtschaftliche Quantifizierungen, backward linkages)

Volkswirtschaftliche Effekte der Core Player der AM im Jahr 2018	Direkte Effekte	Indirekte Effekte	Induzierte Effekte	Gesamteffekte	ges.wirt-schaftl. Anteil	Multiplikator
Umsatz (in Mio.EUR)	29.074	13.796	7.879	50.750	(-)	1,75
Produktionswert (in Mio. EUR)	25.929	12.304	7.027	45.259	6,67%	1,75
Wertschöpfung (in Mio. EUR)	7.566	5.278	3.871	16.716	5,07%	2,21
Beschäftigungsverhältnisse	72.000	62.655	57.505	192.160	4,11%	2,67
Vollzeitäquivalente	70.403	54.979	44.832	170.213	4,44%	2,42
Arbeitnehmerentgelte (in Mio. EUR)	4.077	2.850	1.716	8.643	4,92%	2,12
Fiskal- (exkl. KÖSt) und Sozialbeitragseffekte (in Mio. EUR)	(-)	(-)	(-)	5.006 (2.445+2.561)	(-)	(-)
... davon vorleistungsabhängige Gütersteuer	(-)	175	88	263	(-)	(-)
... davon konsumabhängige Gütersteuer	(-)	(-)	731	731	(-)	(-)
... davon Lohnsteuer	488	335	202	1.025	4,95%	2,10
... davon Dienstgeberbeiträge zum AFFB/FLAF	129	89	54	271	4,95%	2,10
... davon Kommunalsteuer	74	51	31	155	4,95%	2,10
... davon Sozialbeiträge der Arbeitnehmer	519	356	215	1.090	4,95%	2,10
... davon Sozialbeiträge der Arbeitgeber	665	503	303	1.471	4,77%	2,21
arbeitnehmerinduzierte Abgaben in Summe	1.874	1.333	805	4.013	4,88%	2,14
Investitionen (in Mio. EUR)	2.144	1.203	1.139	4.485	5,13%	2,09

Quelle: IWI (2019)

Die Impulse werden oftmals regional gesetzt und streuen in weiterer Folge über zahlreiche Wertschöpfungsstufen innerhalb von ganz Österreich. In diesem Sinne wird der (oft absatzmäßig) Internationale Aktionsraum von Leitbetrieben mit regionalen Bedürfnissen vereint. AM ist dahingehend in der Funktion eines wirtschaftlichen Integrationsfaktors nicht nur als Technologieoption für ein Unternehmen zu interpretieren,

<sup>16</sup> Woher kommen die Leistungen für Leitbetriebe (Vorleistungsverbund)?

<sup>17</sup> Wohin liefern Leitbetriebe Ihre Leistungen (nachgelagerte Betrachtung)?

sondern kann unter bestimmten Bedingungen auch als Wettbewerbsfaktor für ganze Regionen gesehen und entwickelt werden; insbesondere dann, wenn zuliefernde Unternehmenspartner auch eine kooperative Entwicklungsfunktion einnehmen.<sup>18</sup>

Internationale Leitbetriebe hinterlassen zudem in nachgelagerten Bereichen der heimischen Volkswirtschaft ihren ökonomischen Fußabdruck, vor allem wenn sie Technologien bereitstellen und/oder auf innovative Materialien als Basis für AM abzielen (nun für 9 AM Supplier-Leitbetriebe). AM-Lösungen gehen im Lichte dessen in einem breiten Spektrum anderer volkswirtschaftlich relevanter Aktivitäten auf (z.B. Chemiewirtschaft oder Maschinenbau). Im Durchschnitt mindestens ein Viertel aller Leistungen der AM Supplier-Leitbetriebe geht nicht unmittelbar in den Export oder an andere Teile der Endnachfrage, sondern wird in nachgelagerten österreichischen Branchen weiterverarbeitet. In diesem Sinne fungieren die hier beobachteten Einheiten und ebenso alle anderen AM Aggregate einerseits als Technologieentwickler und andererseits sowohl als Technologiegeber als auch Technologienehmer – eine für ein Nationales Innovationssystem ideale Situation.

#### **8.4. Abschlussbemerkungen**

Für eine Vielzahl von Internationalen Leitbetrieben ist dieser Technologiepfad keine neue Erscheinung, sondern in der einen oder anderen Form Werkzeug und somit ein ständiger Begleiter bis hin zu einem wichtigen Bestandteil der Wertschöpfungskette. AM durchdringt bereits die Wertschöpfungssysteme vieler Leitbetriebe, aber es besteht nach wie vor Entwicklungspotential. Im Zusammenspiel mit der klassisch KMU-strukturierten österreichischen Volkswirtschaft ist AM ein Faktor für Wettbewerbsfähigkeit. Die öffentliche Hand wäre gut beraten, sich proaktiv als konstruktiver Ansprech- und Entwicklungspartner zu positionieren, hier gibt es aus Sicht der Unternehmen Aufholbedarf.

---

<sup>18</sup> Diese Aussage wird durch die IFI-Erhebungsergebnisse in Unterabschnitt 1.2 bestätigt.



## Literaturverzeichnis

- 3D Systems Corporation (2014a) The Journey of a Lifetime [WWW document] URL <http://www.3dsystems.com/30-years-innovation> [accessed on 8 March 2013]
- 3D Systems Corporation (2014b) The Sugar Lab [WWW document] URL <http://the-sugar-lab.com> [accessed on 5 February 2014]
- Achillas, C., Tzetzis, D., & Raimondo, M. O. (2017). Alternative production strategies based on the comparison of additive and traditional manufacturing technologies. *International Journal of Production Research*, 55, 3497-3509.
- Alt, D., & Boniel-Nissim, M. (2018). Parent-adolescent communication and problematic Internet use: The mediating role of fear of missing out (FoMO). *Journal of Family Issues*, 39(13), 3391-3409.
- Alves, J., Marques, M. J., Saur, I., & Marques, P. (2007). Creativity and innovation through multidisciplinary and multisectoral cooperation. *Creativity and Innovation Management*, 16, 27-34.
- Amanatidou, E., Guy, K. (2008) Interpreting foresight process impacts: Steps towards the development of a framework conceptualizing the dynamics of “foresight systems”. *Technological Forecasting & Social Change* 75, 539-557.
- Andersen, P.D., Jørgensen, B.H., Lading, L., Rasmussen, B. (2004) Sensor foresight – technology and market. *Technovation* 24, 311-320.
- ASTM International, 2012. F2792–12e1 Standard terminology for additive manufacturing technologies. [Online], available from: [www.astm.org/Standards/F2792.html](http://www.astm.org/Standards/F2792.html)
- Bagozzi, R. P., Davis, F. D., & Warshaw, P. R. (1992). Development and test of a theory of technological learning and usage. *Human relations*, 45(7), 659-686.
- Baldwin, C., & Von Hippel, E. (2011). Modeling a paradigm shift: From producer innovation to user and open collaborative innovation. *Organization Science*, 22, 1399-1417.
- Baldwin, C., Hienerth, C., & Von Hippel, E. (2006). How user innovations become commercial products: A theoretical investigation and case study. *Research policy*, 35, 1291-1313.
- Balla, V. K., Keck, W.M., Roberson, L.B., O'Connor, G.W., Trigwell, S., Bose, S. and Bandyopadhyay, A. (2012). First Demonstration on Direct Laser Fabrication of Lunar Regolith Parts. *Rapid Prototyping Journal*, 18, 451–457.
- Barden, J. Q. (2012). The influences of being acquired on subsidiary innovation adoption. *Strategic Management Journal*, 33(11), 1269-1285.
- BarNir, A., Gallagher, J. M., & Auger, P. (2003). Business process digitization, strategy, and the impact of firm age and size: the case of the magazine publishing industry. *Journal of Business Venturing*, 18(6), 789-814.
- Baumers, M., Dickens, P., Tuck, C., Hague, R. (2016) The cost of AM: machine productivity economics of scale and technology-push. *Technological Forecasting & Social Change* 102, 193-201.
- Bertsch A., Bernhard, P., Vogt C. and Renaud, P. (2000) Rapid Prototyping of Small Size Objects. *Rapid Prototyping Journal*, 6, 259-266.
- Bogers, M., Hadar, R., Bilberg, A. (2016) AM for consumer-centric business models: Implications for supply chains in consumer goods manufacturing. *Technological Forecasting & Social Change* 102, 225-239.
- Bonni n-Roca J, Vaishnav P, Mendonç a J and Morgan G 2017 Getting past the hype about 3-D printing MIT Sloan Manage. Rev. 58 57– 62
- Breuninger, J., Becker, R., Wolf, A. and Rommel, S. (2013) *Generative Fertigung mit Kunststoffen – Konzeption und Konstruktion für Selektives Lasersintern*, Springer Verlag, Berlin, DE.
- Carreyrou, J., (2018). *Bad Blood - Secrets and Lies in a Silicon Valley Startup*. Pan Macmillan. ISBN-13: 978-1509868070
- Chocedge Ltd. (2012) *Chocolate Printing* [WWW document]. URL <https://chocedge.com/3dprinting.php> [accessed on 4 February 2014]
- Christensen, C. M., Raynor, M. E., & McDonald, R. (2015). What is disruptive innovation. *Harvard Business Review*, 93(12), 44-53.
- Coates, J. (1985) Foresight in federal government. *Futures Forschung Quarterly* 2, 29-53.
- Compagni, A., Mele, V., & Ravasi, D. (2015). How early implementations influence later adoptions of innovation: Social positioning and skill reproduction in the diffusion of robotic surgery. *Academy of Management Journal*, 58(1), 242-278.

- Conner, B. P., Manogharan, G. P., Martof A. N., Rodomsky, L. M., Rodmonsky, C. M., Jordan, D. C., Limperos J. W. (2014) Making sense of 3-D printing: Creating a map of AM products and services. *Additive Manufacturing* 1-4, 64-76.
- Connolly, M., & Peretto, P. F. (2003). Industry and the family: two engines of growth. *Journal of Economic Growth*, 8, 115-148.
- Corsi, S., & Di Minin, A. (2014). Disruptive innovation... in reverse: Adding a geographical dimension to disruptive innovation theory. *Creativity and Innovation Management*, 23(1), 76-90.
- Cozzi, G., & Spinesi, L. (2006). How much horizontal innovation is consistent with vertical innovation?. *Research in Economics*, 60, 47-53.
- Cristea, I. C., & Leonardi, P. M. (2019). Get Noticed and Die Trying: Signals, Sacrifice, and the Production of Face Time in Distributed Work. *Organization Science*, 30(3), 552-572.
- Cuhls, K. (2003) From forecasting to foresight – New participative foresight activities in Germany. *Journal of Forecasting* 22, 93-111.
- Davis, F. D., Bagozzi, R. P., & Warshaw, P. R. (1989). User acceptance of computer technology: A comparison of two theoretical models. *Management Science*, 35, 982– 1002.
- Dedehayir, O., & Steinert, M. (2016). The hype cycle model: A review and future directions. *Technological Forecasting and Social Change*, 108, 28-41.
- Deradjat, D., & Minshall, T. (2017). Implementation of rapid manufacturing for mass customisation. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 28, 95-121.
- Despeisse, M., Baumers, M., Brown, P., Charnley, F., Ford, S.J., Garmulewicz, A., Knowles, S., Minshall, T.H.W., Mortara, L., Reed-Tsochas, F.P., Rowley, J. (2017) Unlocking value for a circular economy through 3D printing: A Forschung agenda. *Technological Forecasting & Social Change* 115, 75-84.
- Dougherty, D., & Dunne, D. D. (2012). Digital science and knowledge boundaries in complex innovation. *Organization Science*, 23, 1467-1484.
- Dylander, B. (1980) Technology assessment – as science and as a tool for policy. *Acta Sociologica* 23, 217-237.
- Economist, The (2012) Additive Manufacturing: Print Me a Jet Engine [WWW document]. URL <http://www.economist.com/blogs/schumpeter/2012/11/additive-manufacturing> [accessed on 2 February 2014].
- Eyers D. and Dotchev K. (2010) Technology Review for Mass Customisation Using Rapid Manufacturing. *Assembly Automation*, 30, 39–46.
- Eyers, D., & Dotchev, K. (2010). Technology review for mass customisation using rapid manufacturing. *Assembly Automation*, 30, 39-46.
- Fishbein, M., & Ajzen, I. (1975). *Belief, attitude, intention and behavior: An introduction to theory and research*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Forsten-Astikainen, R., Hurmelinna-Laukkanen, P., Lämsä, T., Heilmann, P., & Hyrkäs, E. (2017). Dealing with organizational silos with communities of practice and human resource management. *Journal of Workplace Learning*, 29, 473-489.
- Gabrielsson, M., Seppälä, T., & Gabrielsson, P. (2016). Realizing a hybrid competitive strategy and achieving superior financial performance while internationalizing in the high-technology market. *Industrial Marketing Management*, 54, 141-153.
- Gampbell-Hunt, G. (2000). What have we learned about generic competitive strategy? A meta-analysis. *Strategic Management Journal*, 21, 127-154.
- Gartner, J., & Fink, M. (2018). The magic cube: towards a theoretical framework to explain the disruptive potential of additive manufacturing. *Translational Materials Research*, 5(2).
- Gartner, J., Maresch, D., Fink, M. (2015). The Potential of AM – An Integrative Technology Assessment. *Creativity and Innovation Management* 24, 585-600.
- Gatto, A., Bassoli, E., Denti, L., Iuliano, L., & Minetola, P. (2015). Multi-disciplinary approach in engineering education: learning with additive manufacturing and reverse engineering. *Rapid Prototyping Journal*, 21, 598-603.
- Gerstner, W. C., König, A., Enders, A., & Hambrick, D. C. (2013). CEO narcissism, audience engagement, and organizational adoption of technological discontinuities. *Administrative Science Quarterly*, 58(2), 257-291.
- Goh, S. C. (2002). Managing effective knowledge transfer: an integrative framework and some practice implications. *Journal of Knowledge Management*, 6, 23-30.

- Goldfarb, A., & Tucker, C. (2017). Digital economics (No. w23684). National Bureau of Economic Research.
- Gomes, C. F., Yasin, M. M., & Lisboa, J. V. (2009). Benchmarking competitive methods and strategic choices of Portuguese SMEs: traditional practices and new realities. *Benchmarking: An International Journal*, 16(6), 729-740.
- Guo, N., Leu, M.C., 2013. Additive manufacturing: technology, applications and research needs. *Front. Mech. Eng.* 8, 215– 243.
- Herman, D. (2000). Introducing short-term brands: A new branding tool for a new consumer reality. *Journal of Brand Management*, 7(5), 330-340.
- Hill, C. W. L. (1988). Differentiation versus low cost or differentiation and low cost: A contingency frame- work. *Academy of Management Review*, 13, 401- 412.
- Hou, J. C., & Su, D. Z. (2011). Web Oriented System Supporting Small-Medium Sized Manufacturers. In *Key Engineering Materials* (Vol. 450, pp. 409-412). Trans Tech Publications.
- Huang, S. H., Liu, P., Mokasdar, A., Hou, L. (2013) AM and its societal impact. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 67, 1191-1203.
- Isaacson, W. (2017). Leonardo da Vinci. Simon & Schuster. 1st edn.
- Islam, N., Marinakis, Y., Majadillas, M. A., Fink, M., & Walsh, S. T. (2018). Here there be dragons, a pre-roadmap construct for IoT service infrastructure. *Technological Forecasting and Social Change*. Online first.
- Jarvenpaa, H., & Makinen, S. J. (2008, December). Empirically detecting the Hype Cycle with the life cycle indicators: An exploratory analysis of three technologies. In *2008 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management* (pp. 12-16). Ieee.
- Jiang R, Kleer R and Piller F T 2017 Predicting the future of AM: a Delphi study on economic and societal implications of 3D printing for 2030 *Technol. Forecast. Soc. Change* 117 84– 97
- Jiang, R., Kleer, R., Piller, F.T. (2017) Predicting the future of AM: A Delphi study on economic and societal implications of 3D printing for 2030. *Technological Forecasting & Social Change* 117, 84-97.
- Jun, S. P. (2012). A comparative study of hype cycles among actors within the socio-technical system: With a focus on the case study of hybrid cars. *Technological Forecasting and Social Change*, 79(8), 1413-1430.
- Kandell, J. J. (1998). Internet addiction on campus: The vulnerability of college students. *Cyberpsychology & behavior*, 1(1), 11-17.
- Khan, M., & Dickens, P. (2012). Selective laser melting (SLM) of gold (Au). *Rapid Prototyping Journal*, 18, 81-94.
- Khoshnevis, B. (1998) Innovative rapid prototyping process makes large sized, smooth surfaced complex shapes in a wide variety of materials. *Materials Technology*, 13, 52-63.
- Kibler, E., Kautonen, T., & Fink, M. (2014). Regional social legitimacy of entrepreneurship: Implications for entrepreneurial intention and start-up behaviour. *Regional Studies*, 48(6), 995-1015.
- Kieser, A., Leiner, L. (2009) Why the Rigour–Relevance Gap in Management Forschung Is Unbridgeable, *Journal of Management Studies* 46, 516-533.
- Kieser, A., Nicolai, A., Seidl, D. (2015) The Practical Relevance of Management Forschung: Turning the Debate on Relevance into a Rigorous Scientific Forschung Program. *Academy of Management Annals* 9, 143-233.
- Kirkels, A. (2016). Biomass boom or bubble? A longitudinal study on expectation dynamics. *Technological Forecasting and Social Change*, 103, 83-96.
- Kruth, J.P., Wang, X., Laoui, T. and Froyen, L. (2003) Lasers and materials in selective laser sintering. *Assembly Automation*, 23, 357-372.
- Krylova, K. O., Vera, D., & Crossan, M. (2016). Knowledge transfer in knowledge-intensive organizations: the crucial role of improvisation in transferring and protecting knowledge. *Journal of Knowledge Management*, 20, 1045-1064.
- Lanzolla, G., & Suarez, F. F. (2012). Closing the technology adoption–use divide: The role of contiguous user bandwagon. *Journal of Management*, 38, 836-859.
- Lanzolla, G., & Suarez, F. F. (2012). Closing the technology adoption–use divide: The role of contiguous user bandwagon. *Journal of Management*, 38, 836-859.
- Linden, A., & Fenn, J. (2003). Understanding Gartner’ s hype cycles. *Strategic Analysis Report N° R-20-1971*. Gartner, Inc.

- Luo, X., & Zhang, J. (2013). How do consumer buzz and traffic in social media marketing predict the value of the firm?. *Journal of Management Information Systems*, 30(2), 213-238.
- Maresch, D., & Gartner, J. (2018). Make disruptive technological change happen-The case of additive manufacturing. *Technological Forecasting and Social Change*.
- Marinakis, Y. D., Harms, R., & Walsh, S. T. (2017). Monitoring additive manufacturing based products in clinical trials. *Translational Materials Research*, 4, 034001.
- Markides, C. C. (2013). Business model innovation: What can the ambidexterity literature teach us?. *Academy of Management Perspectives*, 27, 313-323.
- Markides, C., & Sosa, L. (2013). Pioneering and first mover advantages: the importance of business models. *Long Range Planning*, 46, 325-334.
- Martin, B.R. (1995) Foresight in Science and Technology. *Technology Analysis & Strategic Management* 7, 139-168.
- Martin, B.R. (2010) The Origins of the Concept of "Foresight" in Science and Technology: An Insider's Perspective. *Technological Forecasting & Social Change* 77, 1438-1447.
- Martino, J.P. (1983) *Technological Forecasting for Decision Making*, 2nd edn. North-Holland, Amsterdam.
- McElheran, K. (2015). Do market leaders lead in business process innovation? The case (s) of e-business adoption. *Management Science*, 61(6), 1197-1216.
- Mcor Technologies (2013) White Paper: How Paper-Based 3D Printing works [WWW document]. URL [http://www.mcor technologies.com/wp-content/uploads/2013/04/MCOR-WP-19032013-EU\\_low.pdf](http://www.mcor technologies.com/wp-content/uploads/2013/04/MCOR-WP-19032013-EU_low.pdf) [accessed on 4 March 2003]
- Mellor, S., Hao, L., Zhang, D. (2014) AM: A framework for implementation. *International Journal of Production Economics* 149, 194-201.
- Miles, I. (2010) The Development of Technology Foresight: A Review. *Technological Forecasting & Social Change* 77, 1448-1456.
- Modern Meadow Inc. (2012). About [WWW document]. URL <http://modernmeadow.com/about/solution/> [accessed on 7 January 2014]
- Murray, A. (1988). A contingency view of Porter's "generic strategies." *Academy of Management Review*, 13, 390-400.
- Murray, A. (1988). A contingency view of Porter's "generic strategies." *Academy of Management Review*, 13, 390-400.
- Noble, D. (2017). *Forces of production: A social history of industrial automation*. Routledge.
- Okhuysen, G., Bonardi, J.P.P. (2011) Editors' comments: The challenges of theory building through the combination of lenses. *Academy of Management Review* 36, 6-12.
- Oskarsson, C. and N. Sjöberg (1994). 'Technology analysis and competitive strategy: The case of mobile telephones', *Technology Analysis and Strategic Management*, 6(1), pp. 3-19.
- Petrack, I.J., Echols, A.E. (2004) Technology roadmapping in review: A tool for making sustainable new product development decisions. *Technological Forecasting and Social Change* 71, 81-100.
- Petrovic, V., Gonzalez, J.V.H., Ferrando O.J., Gordillo J.D., Puchadés J.R.B., Griñan L.P. (2011) Additive layered manufacturing: sectors of industrial application shown through case studies, *International Journal of Production Forschung* 49, 1061-1079.
- Pettigrew, A. M., Woodman, R. W., & Cameron, K. S. (2001). Studying organizational change and development: Challenges for future research. *Academy of Management Journal*, 44, 697-713.
- Piekkari, R., Welch, C., Paavilainen, E. (2009) The Case Study as Disciplinary Convention: Evidence From International Business Journals. *Organizational Forschung Methods* 12, 567-589.
- Porter, M. E. (1980). *Competitive strategy*. New York: Free Press.
- Porter, M. E. (1996). What is strategy? *Harvard Business Review*, 61-78.
- Powell, G., Groves, S., & Dimos, J. (2011). ROI of social media: How to improve the return on your social marketing investment. John Wiley & Sons.
- Przybylski, A. K., Murayama, K., DeHaan, C. R., & Gladwell, V. (2013). Motivational, emotional, and behavioral correlates of fear of missing out. *Computers in Human Behavior*, 29(4), 1841-1848.
- Ratcliffe, Susan (editor) (2016). *Roy Amara 1925-2007, American futurologist*. Oxford Essential Quotations, 4th edition (Oxford University Press: Oxford).

- Ratinho, T., Harms, R., Walsh, S. T. (2015). Structuring the technology entrepreneurship publication landscape: Making sense out of chaos. *Technological Forecasting and Social Change* 100, 168-175.
- Rayna, T., Striukova, L. (2016) From rapid prototyping home fabrication: How 3D printing is changing business model innovation. *Technological Forecasting & Social Change* 102, 214-224.
- Ridder, H.-G., Hoon, C., McCandless Baluch, A. (2014) Entering a Dialogue: Positioning Case Study Findings towards Theory. *British Journal of Management* 25, 373-387.
- Rogers, E. M. (2010). *Diffusion of innovations*. Simon and Schuster.
- Rotolo, D., Hicks, D., & Martin, B. R. (2015). What is an emerging technology?. *Research Policy*, 44(10), 1827-1843.
- Salavou, H. E. (2015). Competitive strategies and their shift to the future. *European Business Review*, 27, 80-99.
- Salmi, M., Tuomi, J., Paloheimo, K.S., Björkstrand, R., Paloheimo, M., Salo, J., Kontio, R., Mesimäki, K. and Mäkitie, A.A. (2012) Patient-Specific Reconstruction with 3D Modelling and DMLS Additive Manufacturing. *Rapid Prototyping Journal*, 18, 209– 14.
- Schmidhuber, L., Maresch, D., & Ginner, M. (2018). Disruptive technologies and abundance in the service sector-toward a refined technology acceptance model. *Technological Forecasting and Social Change*. Online first.
- Schneckenberg, D. (2015). Open innovation and knowledge networking in a multinational corporation. *Journal of Business Strategy*, 36, 14-24.
- Schuelke-Leech, B.A., Barry, B. (2017) Philosophical and Methodological Foundations of Text Data Analytics, in M. Dehmer & F. Emmert-Streib, *Frontiers of Data Science*, Boca Raton, FL: CRC.
- Shah, S.K., Corley, K.G. (2006) Building Better Theory by Bridging the Quantitative – Qualitative Divide. *Journal of Management Studies* 43, 1821-1835.
- Short, S.B., Sirinterlikci A., Badger P., Artieri B. (2015) Environmental, health, and safety issues in rapid prototyping. *Rapid Prototyping Journal* 21, 5-110.
- Siefert, C. J., Kothuri, R., Jacobs, D. B., Levine, B., Plummer, J., & Marci, C. D. (2009). Winning the super “buzz” bowl: how biometrically-based emotional engagement correlates with online views and comments for super bowl advertisements. *Journal of Advertising Research*, 49(3), 293-303.
- Snellman, K., Hakala, H., & Fink, M. (2019). The feeling of making the right choice: The role of emotion in strategic go-ahead decisions for responsible innovation. Working Paper, Under Review at JMS.
- Statistics Austria (2013) Regional Statistical Database - StatCube Service. [http://www.Statistic.at/web\\_en/publications\\_services/supers tar\\_database/index.html](http://www.Statistic.at/web_en/publications_services/supers tar_database/index.html) (March 2013)
- Steinert, M., & Leifer, L. (2010, July). Scrutinizing Gartner's hype cycle approach. In *Picmet 2010, Technology Management for Global Economic Growth* (pp. 1-13). IEEE.
- Summereder, S., Kreiseder, T und Stoeger, J. (2018): *Digital Economy in Austria - Activities and Perceptions of Leaders*. Limak Austrian Business School working paper.
- Swanson, E. B. (2012). The managers guide to IT innovation waves. *MIT Sloan Management Review*, 53(2), 75.
- Teece, D. J., & Linden, G. (2017). Business models, value capture, and the digital enterprise. *Journal of Organization Design*, 6, 8.
- Thomas Jr, G. M. (2004). Building the buzz in the hive mind. *Journal of Consumer Behaviour: An International Research Review*, 4(1), 64-72.
- Tomasino, A. P., & Fedorowicz, J. (2014). Fad-like technology adoption as a social action. *International Journal of Information Systems and Management*, 1(1-2), 37-59.
- Van Dijk, J.W.A. (1991) *Foresight Studies: A New Approach in Anticipatory Policy Making in the Netherlands*. *Technological Forecasting & Social Change* 40, 223-234.
- Venkatesh, V., & Bala, H. (2008). Technology acceptance model 3 and a research agenda on interventions. *Decision Sciences*, 39(2), 273-315.
- Venkatesh, V., & Davis, F. D. (2000). A theoretical extension of the technology acceptance model: Four longitudinal field studies. *Management Science*, 46, 186– 204.
- Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS Quarterly*, 27, 425– 478.

- Walsh, S.T. (2004) Roadmapping a Disruptive Technology: A Case Study – The Emerging Microsystems and Top-Down Nanosystems Industry. *Technological Forecasting & Social Change* 71, 161-185.
- Weller, C., Kleer, R., Piller, F.T. (2015) Economic implications of 3D printing: Market structure models in light of AM revisited. *International Journal of Production Economics* 164, 43-56.
- White, G. R., & Samuel, A. (2019). Programmatic Advertising: forewarning and avoiding hype-cycle failure. *Technological Forecasting and Social Change*, 144, 157-168.
- Wikipedia contributors. (2019, July 28). List of emerging technologies. In Wikipedia, The Free Encyclopedia. Retrieved 10:38, August 6, 2019, from [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=List\\_of\\_emerging\\_technologies&oldid=908266107](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=List_of_emerging_technologies&oldid=908266107)
- Yeo, R. K., & Marquardt, M. J. (2015). Think before you act: organizing structures of action in technology-induced change. *Journal of Organizational Change Management*, 28, 511-528.
- Yeo, R. K., & Marquardt, M. J. (2015). Think before you act: organizing structures of action in technology-induced change. *Journal of Organizational Change Management*, 28, 511-528.
- Yin, R.K., 2009. Case study Forschung: design and methods, Thousand Oak: Sage.
- Yoo, J., & Park, M. (2016). The effects of e-mass customization on consumer perceived value, satisfaction, and loyalty toward luxury brands. *Journal of Business Research*, 69, 5775-5784.
- Zeleny, M. (2012). High technology and barriers to innovation: From globalization to relocalization. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 11(02), 441-456.

## ANHANG 1: Akteursliste

### Dienstleister:

Name: ALMOSTEC GmbH  
Info: 3D-Druck Service, 3D Selfies – Minifiguren, CAD Service  
Adresse: Alfred Feierfeilstraße 3, 2380 Perchtoldsdorf, AUSTRIA  
Web: <http://www.almostec.com>  
E-Mail: [office@almostec.com](mailto:office@almostec.com)  
Telefonnummer: +43 664 2560 253, +43 664 2560 253

Name: Alphacam  
Info: 3D-Drucker, 3D-Druck Service  
Adresse: Handelskai 92, Gate1 / 2. OG / Top A, 1200 Wien  
Web: <https://www.alphacam.at>  
E-Mail: [info@alphacam.at](mailto:info@alphacam.at)  
Telefonnummer: +43 (0)1 3619 6000

Name: Bernstein Innovation GmbH  
Info: 3D-Druck Service, CAD Service  
Adresse: Froschberg 3, 4020 Linz  
Web: <http://bernstein-innovation.com>  
E-Mail: [b3d@bernstein-innovation.com](mailto:b3d@bernstein-innovation.com)  
Telefonnummer: +43 732 601426-0

Name: BMG GmbH  
Info: 3D-Druckerei (Werkzeug + Bauteile)  
Adresse: Werberg 5, 5132 Geretsberg  
Web: [www.bringsinform.com](http://www.bringsinform.com)  
E-Mail: [fice@bringsinform.com](mailto:fice@bringsinform.com)  
Telefonnummer: 07748 32900

Name: CHPG 3D-Druck GmbH  
Info: 3D-Druckerei (Architekturmodelle)  
Adresse: Nordwestbahnstraße 13/1, 1020 Wien  
Web: <http://www.chpg-3d-druck.com>  
E-Mail: [office@chpg-3d-druck.com](mailto:office@chpg-3d-druck.com)  
Telefonnummer: +43 1 9251653

Name: Fotec  
Info: 3D-Druck Service CAD Service  
Adresse: Viktor Kaplan-Straße 2, Wiener Neustadt  
Web: <http://www.fotec.at>  
E-Mail: /  
Telefonnummer: 02622 903330

Name: Happylab  
Info: 3D-Druck Service  
Adresse: Jakob-Haringer-Straße 8 Salzburg, Haussteinstraße 4/2A-1020 Wien  
Web: <http://www.happylab.at/>  
E-Mail: [salzburg@happylab.at](mailto:salzburg@happylab.at), [wien@happylab.at](mailto:wien@happylab.at)  
Telefonnummer: W: +43 1 30846660, S: +43 662 2496660

Name: HaraTech  
Info: 3D-Druck Service, 3D-Scan Service  
Adresse: Peter-Behrens-Platz 6, Magazin EG, 4020 Linz  
Web: <http://haratech.at>  
E-Mail: [office@haratech.at](mailto:office@haratech.at)  
Telefonnummer: +43 732 287070

Name: IB-Pirker  
Info: 3D-Druck Service, CAD Service  
Adresse: Radlach 27, 9754 Steinfeld  
Web: <http://ib-pirker.at>  
E-Mail: [office@ib-pirker.at](mailto:office@ib-pirker.at)  
Telefonnummer: +43 (0) 650 4066668

Name: INDIKO  
Info: 3D-Druck Service, FDM, STL/SLA, SLS  
Adresse: St.Marienkirchen bei Schärding Niederhamerstraße 171  
Web: <http://www.indiko.at>  
E-Mail: [office@indiko.at](mailto:office@indiko.at)  
Telefonnummer: +436805001930, +436805001930

Name: LayerLab.net  
Info: 3D-Druck Service, CAD Service  
Adresse: Südtirolerplatz 13, 8020 Graz  
Web: <https://www.layerlab.net/>  
E-Mail: [support@layerlab.net](mailto:support@layerlab.net), [sales@layerlab.net](mailto:sales@layerlab.net)  
Telefonnummer: +43 316 890 449

Name: Materialise  
Info: 3D-Druckservice, 3D-Drucker, Zubehör  
Adresse: Gutheil-Schoder-Gasse 17, AT-1230 Wien  
Web: [www.materialise.com](http://www.materialise.com)  
E-Mail: [prototype@materialise.com](mailto:prototype@materialise.com)  
Telefonnummer: +43 1 6620453

Name: M&H CNC Technik GmbH 3D Druck Metall  
Info: 3D-Druck Service, CAD Service, Scan Service  
Adresse: Neudorf 171, 8262 Ilz, Austria  
Web: <http://www.mhcnc.com/>  
E-Mail: [manfred.ninaus@mhncnc.com](mailto:manfred.ninaus@mhncnc.com)  
Telefonnummer: 0043 650 4000 899, 0043 650 4000 899

Name: Modellart  
Info: 3D-Druckerei (Architekturmodelle)  
Adresse: Zeltgasse 12/1080 Wien  
Web: <http://www.architektur-modellbau.at>  
E-Mail: [office@modellart.at](mailto:office@modellart.at)  
Telefonnummer: +43 1 2529619, Mobil: +43 699 11346751

Name: Ölz Wolfgang 3D Möbel-Planungen + 3D-Druck  
Info: Möbelplanungen via AutoCAD, 3D-Modelldrucke  
Adresse: Moosmahdstraße 22, 6850 Dornbirn  
Web: office-oelz3dplan@aon.at  
E-Mail: office-oelz3dplan@aon.at  
Telefonnummer: +43 664 4032713

Name: Plankopie / 3D Druck Wien  
Info: 3D-Druck Service, CAD Service  
Adresse: 1060 Wien  
Web: <http://3d-druck-wien.at/>

Name: Prirevo  
Info: 3D-Druck Service, CAD Service, Scan Service  
Adresse: Eferdinger Str. 62, 4600 Wels  
Web: <http://www.prirevo.com/>  
E-Mail: [office@prirevo.com](mailto:office@prirevo.com)  
Telefonnummer: 07242 277004

Name: PROTOTECH GmbH  
Info: 3D-Druck Service  
Adresse: Millennium Park 11, Lustenau, Österreich  
Web: <http://www.smartprototyping.eu>  
E-Mail: [office@smartprototyping.eu](mailto:office@smartprototyping.eu)  
Telefonnummer: +43 5577 20715

Name: Reprap Austria  
Info: 3D-Druck Service, 3D Selfies – Minifiguren, CAD Service  
Adresse: Schönan 6, 4550 Kremsmünster  
Web: <http://www.reprap.cc>  
E-Mail: [admin@reprap.cc](mailto:admin@reprap.cc)  
Telefonnummer: 004368120905779, 004368120905779

Name: robotmech  
Info: 3D-Druck Service, CAD Service  
Adresse: Bundesstraße 11, 6842 Koblach  
Web: <https://www.robotmech.com/>  
E-Mail: [info@robotmech.com](mailto:info@robotmech.com)  
Telefonnummer: +43 (0) 5523 / 510 31-0

Name: Schiner 3D Repro GmbH  
Info: 3D-Druck Service  
Adresse: Krems an der Donau  
Web: <http://schiner3drepro.at>

Name: twinster 3D moments  
Info: 3D Selfies - Minifiguren  
Adresse: Linz (Pasching)  
Web: <http://www.twinster.eu>  
E-Mail: [office@twinster.eu](mailto:office@twinster.eu)  
Telefonnummer: +43 650 3555222

Name: VirtuMake GmbH  
Info: 3D-Druck Service, Scan Service, CAD Service, 3D Selfies - Minifiguren  
Adresse: Lerchenfelder Straße 129, Wien  
Web: <http://virtumake.com>  
E-Mail: [office@virtumake.com](mailto:office@virtumake.com)  
Telefonnummer: +43 699 11 40 74 02, +4369911407402

Name: Vision 3D  
Info: 3D-Druck Service, CAD Service, Scan Service  
Adresse: 8042 Graz  
Web: <http://www.vision3d.at/>  
E-Mail: [office@vision3d.at](mailto:office@vision3d.at)  
Telefonnummer: +43316472538-10, +43316472538-17

Name: Waffenschmiede  
Info: 3D-Druck Service  
Adresse: Neue Welt Höhe 37, A-8042 Graz  
Web: <http://www.waffenschmiede.at>  
E-Mail: [info@waffenschmiede.at](mailto:info@waffenschmiede.at)

Name: Westcam Datentechnik GmbH  
Info: 3D-Druck Service, CAD Service, 3D-Messtechnik  
Adresse: 6068 Mils bei Hall  
Web: <http://www.westcam-datentechnik.at>  
E-Mail: [office@westcam.at](mailto:office@westcam.at)  
Telefonnummer: +43 5223 55509 – 0, +43 5223 55509 100

Name: z-prototyping  
Info: 3D-Druck Service  
Adresse: Hoechster Straße 8, 6850 Dornbirn  
Web: <http://z-prototyping.com>  
E-Mail: [office@z-prototyping.com](mailto:office@z-prototyping.com)  
Telefonnummer: +43 5572 7272-720

Name: 1zu1 Prototypen  
Info: 3D-Druck Service, CAD Service  
Adresse: Färbergasse 15, 6850 Dornbirn  
Web: <https://www.1zu1prototypen.com/>  
E-Mail: [info@1zu1.eu](mailto:info@1zu1.eu)  
Telefonnummer: 05572 529460

Name: 3D ConceptArt  
Info: 3D Selfies – Minifiguren, 3D-Druck Service  
Adresse: Linz  
Web: <https://3dconceptart.at>  
E-Mail: [office@3dconceptart.at](mailto:office@3dconceptart.at)  
Telefonnummer: /



Name: 3D-Druck Hechenberger  
Info: 3D-Druck Service  
Adresse: 6372 Oberndorf, Alfons-Walde-Weg 47,  
Tirol  
Web: <http://www.dreide.at>  
E-Mail: [hechenberger@dreide.at](mailto:hechenberger@dreide.at)  
Telefonnummer: +43 660 6546363

Name: 3D Elements GmbH  
Info: 3D-Fotostudio  
Adresse: Sparkassenplatz 5/5.Stock, 6020  
Innsbruck  
Web: <http://3delements.com>  
E-Mail: [service@3delements.com](mailto:service@3delements.com)  
Telefonnummer: +43 800 204045

Name: 3D-Fabrik - 3D Drucker Handels GmbH  
Info: 3D Druckservice, 3D-Scanning, 3D-Drucker  
+ Zubehör Händler  
Adresse: Stiegstraße 3, 6830 Rankweil  
Web: <http://www.3d-fabrik.at>  
E-Mail: [office@3d-fabrik.at](mailto:office@3d-fabrik.at)  
Telefonnummer: +43 660 4565527

Name: 3DFiguren  
Info: CAD-Service  
Adresse: Graz 8010  
Web: <http://3dfiguren.at>

Name: 3DMarkt  
Info: 3D-Druck Service, 3D-Drucker, Zubehör  
Adresse: Science & Technology Park Lakeside  
B01a, Lakeside, 9020 Klagenfurt am Wörthersee  
Web: <http://3dmarkt.at/>  
E-Mail: [info@3dmarkt.at](mailto:info@3dmarkt.at)  
Telefonnummer: 00436601686404

Name: 3D medical print KG  
Info: 3D-Druck Service (Zahnmedizin)  
Adresse: Kraimsthalstr. 1, 4860 Lenzing  
Web: <http://www.3dmedicalprint.com>  
E-Mail: [office@3dmedicalprint.com](mailto:office@3dmedicalprint.com)  
Telefonnummer: 07236 20846

Name: 3D Solutions  
Info: 3D-Druck Service, CAD Service  
Adresse: Gschaid 120a, A-8190 Birkfeld  
Web: <http://www.3d-solutions.at>  
E-Mail: [office@3d-solutions.at](mailto:office@3d-solutions.at)  
Telefonnummer: +43(0)660 2700528

Name: 3D Supermarkt  
Info: 3D-Druck Service, Scan Service, CAD  
Service  
Adresse: Stegersbach  
Web: <http://3d-supermarkt.at>  
E-Mail: [office@3d-supermarkt.at](mailto:office@3d-supermarkt.at)

#### **Händler:**

Name: Alphacam  
Info: 3D-Drucker, 3D-Druck Service  
Adresse: Handelskai 92, Gate1 / 2. OG / Top A,  
1200 Wien  
Web: <https://www.alphacam.at>  
E-Mail: [info@alphacam.at](mailto:info@alphacam.at)  
Telefonnummer: +43 (0)1 3619 6000

Name: A member of the Koller Group  
Info: 3D-Zubehör, Materialien  
Adresse: Brünner Strasse 313-315, AT-1210 Wien  
Web: [www.rkoller.com/worldwide](http://www.rkoller.com/worldwide)  
Telefonnummer: +43 2841 8207

Name: Bibus  
Info: 3D-Drucker 3D-Scanner Software  
Adresse: Eduard Klinger-Strasse 12, 3423 St.  
Andrä-Wörtern  
Web: <http://www.bibus.at/>  
Telefonnummer: +43 2242 33 388, +43 2242 33  
388 10

Name: bs-modelshop GmbH Modelshop Vienna  
Info: 3D-Zubehör, Materialien  
Adresse: Gutheil-Schoder-Gasse 8, AT-1100 Wien  
Web: [www.modelshop-vienna.com](http://www.modelshop-vienna.com)  
E-Mail: [info@modelshop-vienna.com](mailto:info@modelshop-vienna.com)  
Telefonnummer: +43 1 66707004650

Name: BTA GmbH  
Info: Großhandel mit Beschlag- und  
Kunststoffteilen  
Adresse: 4171 St. Peter am Wimberg  
Web: [www.beschlag-technik.com](http://www.beschlag-technik.com)  
E-Mail: [office@beschlag-technik.com](mailto:office@beschlag-technik.com)  
Telefonnummer: 0660 482 48 15

Name: Canon  
Info: 3D-Drucker  
Adresse: Oberlaaer Strasse 233, A-1100 Wien  
Web: [www.canon.at](http://www.canon.at)  
E-Mail: [cpsaustria@canon.at](mailto:cpsaustria@canon.at)  
Telefonnummer: +43 1 680 88 0

Name: HaraTech  
Info: 3D-Drucker, 3D-Scanner  
Adresse: Allhaming 7, 4511 Allhaming  
Web: <http://www.haratech.at/>  
E-Mail: [office@haratech.at](mailto:office@haratech.at)  
Telefonnummer: +43 7227 21028-0, +43 7227 21028-20

Name: Hewlett-Packard  
Info: 3D-Drucker  
Adresse: Technologiestraße 5, 1120 Wien  
Web: [www.hp.com/at](http://www.hp.com/at)  
Telefonnummer: +43 1 3400 210 100

Name: MostTech - Technologie Agentur  
Info: 3D-Drucker, Software  
Adresse: Hürm 121 3383  
Web: <http://www.mosttech.at>  
E-Mail: [info@mosttech.at](mailto:info@mosttech.at)  
Telefonnummer: +43 664 1492444

Name: Prirevo  
Info: 3D-Drucker, 3D-Scanner, Software, Druckmaterialien, Zubehör  
Adresse: Eferdinger Str. 62, 4600 Wels, Österreich  
Web: <http://www.prirevo.at/>  
E-Mail: [office@prirevo.com](mailto:office@prirevo.com)  
Telefonnummer: 07242 277004

Name: VirtuMake GmbH  
Info: 3D-Scanner Software  
Adresse: 1070 Wien, Österreich, Lerchenfedlstraße 129  
Web: <http://www.virtumake.com>  
E-Mail: [office@virtumake.com](mailto:office@virtumake.com)  
Telefonnummer: +4369911407402, +4369911407402

Name: Westcam Datentechnik GmbH  
Info: 3D-Drucker, 3D-Scanner, Druckmaterialien, Software  
Adresse: 6068 Mils bei Hall  
Web: <http://www.westcam-datentechnik.at>  
E-Mail: [office@westcam.at](mailto:office@westcam.at)  
Telefonnummer: +43 5223 555090, +43 5223 55509 100

Name: 3DCopySystems GmbH  
Info: 3D-Scanner  
Adresse: Südtiroler Platz 13, Graz  
Web: <http://www.3dcopysystems.com>  
E-Mail: [office@3dcopysystems.com](mailto:office@3dcopysystems.com)  
Telefonnummer: +43 (316) 890449

Name: 3D-Fabrik - 3D Drucker Handels GmbH  
Info: 3D Druckservice, 3D-Scanning, 3D-Drucker + Zubehör Händler  
Adresse: Stiegstraße 3, 6830 Rankweil  
Web: <http://www.3d-fabrik.at>  
E-Mail: [office@3d-fabrik.at](mailto:office@3d-fabrik.at)  
Telefonnummer: +43 660 4565527

Name: 3DMarkt  
Info: 3D-Drucker, Druckmaterialien, Zubehör  
Adresse: Tarviser Straße 11, 9020 Klagenfurt  
Web: <http://3dmarkt.at/>  
E-Mail: [info@3dmarkt.at](mailto:info@3dmarkt.at)  
Telefonnummer: 00436601686404

Name: 3D-Solutions  
Info: 3D-Drucker  
Adresse: Gschaid bei Birkfeld 120a, 8190 Gschaid bei Birkfeld  
Web: <https://www.3d-solutions.at>  
E-Mail: [office@3d-solutions.at](mailto:office@3d-solutions.at)  
Telefonnummer: 0660 2700528

#### **Hersteller:**

Name: Evotech  
Info: 3D-Drucker  
Adresse: Gahberggasse 9, 4861 Schörfling am Attersee  
Web: [www.evo-tech.eu](http://www.evo-tech.eu)  
E-Mail: [office@evo-tech.eu](mailto:office@evo-tech.eu)  
Telefonnummer: 07662 38400

Name: HARATECH  
Info: Materialien  
Adresse: Peter-Behrens-Platz 6 Magazin EG, 4020 Linz  
Web: <http://www.haratech.at>  
E-Mail: [office@haratech.at](mailto:office@haratech.at)  
Telefonnummer: +43 732 287070

Name: HAGE  
Info: 3D-Drucker, Sondermaschinenbau  
Adresse: Hauptstraße 52e, 8742 Obdach  
Web: <http://www.hage.at>  
E-Mail: [office@hage.at](mailto:office@hage.at)  
Telefonnummer: +43(0)3578 2209

Name: Lithoz  
Info: Materialien, Systeme  
Adresse: Mollardgasse 85a/2/64-69, 1060 Wien  
Web: <http://www.lithoz.com>  
E-Mail: [office@lithoz.com](mailto:office@lithoz.com)  
Telefonnummer: +43 1 9346612 200

Name: Materialise

Info: 3D-Drucker, Zubehör, 3D-Druckservice

Adresse: Gutheil-Schoder-Gasse 17, AT-1230  
Wien

Web: [www.materialise.com](http://www.materialise.com)

E-Mail: [prototype@materialise.com](mailto:prototype@materialise.com)

Telefonnummer: +43 1 6620453

Name: Reprap Austria

Info: 3D-Drucker, 3D-Druck Service, 3D Selfies –  
Minifiguren, CAD Service

Adresse: Schönau 6, 4550 Kremsmünster

Web: <http://www.reprap.cc>

E-Mail: [admin@reprap.cc](mailto:admin@reprap.cc)

Telefonnummer: 004 368120905779, 004  
368120905779

Name: W2P Engineering GmbH (W2P)

Info: 3D-Drucker

Adresse: Am Campus 1, 3400 Klosterneuburg

Web: <https://www.way2production.at>

E-Mail: [office@way2production.at](mailto:office@way2production.at)

Telefonnummer: +43 13062857

## ANHANG 2: AM-Aktivitäten in Internationalen Leitbetrieben am Wirtschaftsstandort Österreich

Kategorie	Tätigkeiten
Core Player	<p>Unternehmen dieser Gruppe sind Technologiegeber im Bereich AM und mit Produkten und Dienstleistungen am Markt etabliert. Sie bieten Leistungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette an, wobei der Entwicklung- bzw. Herstellungsprozess in-house passiert. Core Player bieten übrige Kapazitäten bzw. AM Lösungen für Ihre Kunden am Markt an.</p> <p>Die Fertigung reicht von Prototypen bis hin zur Serienproduktion (u.a. Werkzeuge), durch den Einsatz von AM können die Durchlaufzeiten reduziert und Arbeitszeit sowie Kosten eingespart werden.</p> <p>Die meisten Core Player verfügen über eine eigene AM Sparte sowie ein eigenes Kompetenzzentrum für AM, in denen Designspezialisten, Werkstoffingenieure und Fertigungstechniker an den Technologien der Zukunft arbeiten. Core Player investieren in die Forschung (Produktneu- &amp; -weiterentwicklung) und die notwendigen Produktionsanlagen.</p>
Supplier	<p>Diese Unternehmen fungieren als Lieferanten von Halb- und Fertigerzeugnissen, Systemen, Systemkomponenten von AM bis hin zu komplexen Systemlösungen und AM-Dienstleister. In der Gruppe finden sich Entwickler und Hersteller von Druckverbrauchsmaterial verschiedenster Stoffe (u.a. Kunststoffe, Wolfram, Zellulose, Keramik, Kunststoffe auf biologischer Basis) sowie Anbieter von Automatisierungs- und Steuerungstechnologien für 3D-Druckanlagen.</p>
Front Runner	<p>Front Runner der AM sind vor allem im Bereich der Forschung und Optimierung aktiv. Sie entwickeln neue Herstellungsverfahren unter der bzw. für die Anwendung von AM. Diese reichen von Bio-Printing, Rapid Prototyping, Schweißverfahren und Oberflächenbehandlung bis hin zu Schalungs- sowie Betondruckverfahren.</p> <p>Im Fokus dieser Entwicklungen stehen oftmals der Leichtbau, Recyclingfähigkeit sowie Nachhaltigkeit. Die Unternehmen erforschen innovative Lösungen, um die Umweltauswirkungen von (additiven) Herstellungsprozessen zu reduzieren.</p>
Systematic User	<p>Für diese Gruppe ist die Anwendung von AM Verfahren keine Neuheit mehr. Sie haben AM im täglichen Einsatz und in ihrem Wertschöpfungsprozess eingebunden.</p> <p>Die Unternehmen nutzen AM für die Herstellung von Prototypen, Werkzeugen, Ersatzteilen und Komponenten bis hin zur Serienproduktion, aber auch zur Nachbearbeitung und Optimierung. Viele Unternehmen unterstützen als Dienstleister ihre Kunden ebenso bei der Durchführung, Planung und dem Design ihrer Projekte mit AM.</p>
Current Tech Adaptors	<p>Diese Leitbetriebe setzen sich aktiv mit dem Thema AM auseinander und befinden sich im Wissensaufbau bzw. beschäftigen sich mit der Suche nach AM-Lösungen und AM-Adaptierung von AM.</p> <p>Die Unternehmen suchen nach passenden AM-Lösungen für einen speziellen Einsatzzweck im Unternehmen bzw. möchten AM in die operative Prozesskette einbinden. Oftmals werden im Rahmen von F&amp;E-Projekten, die Möglichkeiten von der Umsetzung von AM im Unternehmen erforscht.</p>
Casual User	<p>Diese Unternehmen haben AM hauptsächlich für PR-Zwecke und Marketing im Einsatz, jedoch handelt es sich um Einzellerscheinungen.</p>
Other	<p>Diese Kategorie umfasst sonstige, nicht eindeutig zuordenbare AM Aktivitäten oder AM nahe Funktionen. Mögliche Anwendungen sind u.a. das BioPrinting in der Lebensmittelindustrie.</p>

Quelle: IWI-Leitbetriebedatenbank (2019)