

Roadmap AF Austria

Roadmap zur Entwicklung des Feldes additive Fertigung (AF) Österreich mit industriellem Schwerpunkt.

Inhalt

Einleitung	5
Zahlen und Fakten	8
Ziel der Roadmap	11
Dissemination und Awareness	11
Projektrahmen	14
Projektstruktur.....	14
Beratungsausschuss.....	15
Innovation System	16
FTI-politischen Handelns.....	18
Begriffe und Definitionen	20
Roadmapping	23
Vorgehensweise im Projekt.....	27
Analyse der Studien und Zukunftsszenarien	31
Nationale Programme und additive Fertigung	32
Studie ausgewählter internationaler AM Institutionen	34
Universität Udine und LAMA (Labratory for Advanced Mechatronics and Additive Manufacturing)	34
Additive Fertigung Schweiz	35
Additive Fertigung Standort Deutschland (Aachen und Düsseldorf)	38
Zusammenfassung der Charakteristika der internationalen Zentren	42
Diskussion.....	43
Vision der Roadmap additive Fertigung Österreich	44
Webbasierte Befragung: Roadmap Standortbestimmung additive Fertigung Österreich	46
Roadmapworkshops	62
Profil und Teilnehmerorganisationen der Workshops	62
Regionalität der Akteure	63

Die visualisierte Roadmap	64
Markt	64
Produkte und Services.....	69
Digitalisierung und Design	73
Technologien	73
Prozesse.....	75
Wissen und Awareness.....	78
Maßnahmen.....	82
Gruppen der Handlungsempfehlungen	82
Detailaspekte der Maßnahmen Wissen-, und Technologieaufbau durch Forschung und Entwicklung	87
Anhang	94
Referenzliste Studien	94

Einleitung

Additive Fertigung eine disruptive Innovation

Die Roadmap für additive Fertigung¹ spannt für den Zeitraum 2018 bis 2028 die strategischen FTI² Forschung, Technologie, Infrastruktur Handlungsfelder für Österreich auf, um das Feld der additiven Fertigung aus österreichischer Sicht erfolgreich weiter zu entwickeln. Ziel der gewählten Vision ist, dass österreichische Vertreter sowohl die Rolle von Technologieführern und Marktführern erreichen können bzw. ausbauen können. Allerdings ist dieses Vorhaben angesichts der heute enormen laufenden internationalen Aktivitäten und eingesetzten Ressourcen zu mächtig, um den Anspruch erheben zu können, in allen Bereichen der additiven Fertigung international erfolgreich den Lead zu übernehmen. Die Vision der Roadmap bringt daher treffend zum Ausdruck, dass die angestrebten Ziele nur in einigen Spezialgebieten möglich sein werden. Diese gilt es im Rahmen der Roadmap zu identifizieren und systematisch unter Einbindung einer breiten Stakeholder-Mitwirkung, die entsprechenden Maßnahmen zu entwickeln. Additive Fertigung steht heute nicht nur mehr für eine neuartige Produktionstechnologie, sondern additive Fertigung ist das Synonym für ein gänzlich neu geschaffenes Verständnis eines internationalen, sich sehr dynamische entwickelnden Wertschöpfungsnetzwerks, dass durch eine neue Herangehensweise an technischer Lösungsfindung, Zusammenarbeit, Wissensaustausch Innovationen generiert. Additive Fertigung ist ohne Digitalisierung nicht mehr denkbar, da die Daten für das Design des Bauteils oder des Produkts eng mit den Anlagen zur additiven Fertigung kommunizieren muss und so die beiden Entwicklungen (additive Fertigung und Digitalisierung) Hand in Hand gehen.

Selbst der ursprünglich technische Begriff der additiven Fertigung (AF) Additive Fertigung wird international der Normung entsprechend als additive Manufacturing bezeichnet, daher wird in weitere Folge die Abkürzung AM verwendet. signalisiert fälschlicherweise den Eindruck, es handle sich um eine einzige Produktionstechnologie. Dem ist nicht so. Hinter der Begrifflichkeit additive Fertigung verbergen sich eine Reihe von unterschiedlichen Produktionsverfahren, die dahingehend gekennzeichnet sind, dass sie durch schichtweises Auftrag von Material zu einem drei dimensional Bauteil führen. Viele Verfahren sind schon über längere Zeiträume bekannt, habe einen entsprechenden Reifegrad erreicht, und treffen aktuell auf den wirtschaftlichen Bedarf der Unternehmen nach Kleinserien und rasche

¹ Additive Fertigung wird international der Normung entsprechend als additive Manufacturing bezeichnet, daher wird in weitere Folge die Abkürzung AM verwendet.

² Forschung, Technologie, Infrastruktur

Verfügbarkeit der Bauteile. Die technologische Produktionskette von Halbzeug zu Vormaterial zu mechanische gefertigten „reproduzierten“ Produkt wird durch die Produktionskette „Einsatzmaterial – additive Fertigung – Fertigprodukt mit dem Anspruch auf Masseindividualisierung“ ersetzt. Neue Geschäftsmodell entstehen, im Bereich von gänzlich neuen Produkten, raschen Bereitstellung von Produkten in Kleinserien möglicherweise mit dem Anspruch individuelle Anpassungen zu machen, Verschiebung der Wertwahrnehmung von physischen Produkten hin zu digitalen Zwillingen.

Gemeinsam ist allen Verfahrenstypen der additiven Fertigung, dass sie die Produktion von 3D Strukturen oder 3D Teilen ohne die Verwendung von Werkzeugen und Formen ermöglichen. Aufgrund dieses Vorteils wurden diese Verfahren in der Vergangenheit vorrangig zur Fertigung von Kleinserien und Prototypen eingesetzt. Doch mehr und mehr wird diese Technologie auch für industrielle Anwendung weiterentwickelt. Durch die Möglichkeit direkt aus einem zumeist digital vorliegenden Designvorschlag ein neues physisches Produkt innerhalb einer kurzen Zeitspanne und diese an fast gleichzeitig jedem Ort der Welt zur Verfügung zu haben, beflügeln die Ideen für neue Geschäftsmodelle. All die genannten Merkmale von additiver Fertigung ordnen diese in die Gruppe der disruptiven Innovation ein. Bisher nicht mögliche neuartige Produkt, die totale Flexibilität in der Realisierung von Produkten ohne Werkzeug innerhalb kürzester Zeit sind bis heute noch nicht verfügbare Möglichkeiten der Produktionstechnik.

Doch bis der technische Reifegrad so weit entwickelt ist, damit all diese neuen Ideen mit Erfolg umgesetzt werden können, bedarf es eines tiefgreifenden Lernprozesses und Wissensaufbaus, über die Gestaltung von neuartigen Produkten, über reproduzierbare, robuste additive Fertigungsprozesse und Postprocessingroutinen, über neue Materialien und ein generelles Verständnis der Entwicklung der Wertschöpfungsketten vor dem Hintergrund sich einer „digitalisierenden Welt“.

Der Gartner Hype Cycle

Der Gartner Hype Cycle³ für Emerging Technologies aus dem Jahr 2015 prognostiziert für die additiven Fertigungsverfahren (Enterprise 3D Printing), dass sich diese innerhalb eines Zeitraums zwischen 5 und 10 Jahren Richtung des Plateaus für industrielle Produktivität bewegen. Der Trendforecast zeigt in die Richtung für eine kommende sich etablierenden Technologie. Doch um international vorne mit dabei sein zu können, bedarf es noch großer Anstrengungen und Weiterentwicklungen. Um entsprechend dieser Prognose gerüstet zu sein und die erforderlichen FTI Maßnahmen zielgerichtet und rasch setzen zu können, gab

³ https://blogs.gartner.com/smarterwithgartner/files/2015/10/EmergingTech_Graphic.png

das BMVIT mit Anfang 2018 die Erstellung der Roadmap Additive Fertigung Österreich dem Konsortium ASMET (The Austrian Society for Metallurgy and Materials), Montanuniversität Leoben und AIT Austrian Institute of Technology in Auftrag.

Der Roadmap Prozess hat als zentrale Prozessschritte die Erhebung der nationalen Struktur, die Aktivitäten und das Aufzeigen von Stärkefeldern, die Analyse von Studien und Aktivitäten anderer internationaler Zentren und die gestalterische Phase der Roadmap Erstellung unter Einbindung der österreichischen Akteure aus Forschung, Unternehmen und intermediären Organisationen. In den Arbeiten in Workshops wurden die heutigen österreichischen Erfolgsfaktoren und Potenziale, die Einschätzungen über Marktentwicklung, Technologie- und Produktentwicklung und der zukünftige Wissenstand skizziert. Abgeleitet von diesen Szenarien wurden die Maßnahmengruppen im Bereich des Wissensaufbaus, der Bewusstseinsbildung / Marketing, der Infrastruktur, der strukturellen Maßnahmen und der Vernetzung ausgearbeitet. Die vorliegende Studie beschreibt den methodischen Prozess der Roadmaperstellung, die gewählten Rahmenbedingungen, die gefundenen Zwischenergebnisse, die Erkenntnisse aus den Roadmapsworkshops, die Reflexionen und Diskussionen mit dem Beratungsausschuss und die darauf aufbauenden Maßnahmen, erarbeitet von der österreichischen Community der additiven Fertigung.

Das Kernteam der Roadmaperstellung bedankt sich bei den Unterstützern der Roadmap, wie die Technologieplattform additive Fertigung Austria, voestalpine, ecoplus, der IV Tirol, bei allen Mitwirkenden der Workshops, den Mitwirkenden am Fragebogen, und im Besonderen bei allen Mitgliedern des Beratungsausschusses.

Dr. Bruno Hribernik

Dr. Brigitte Kriszt

Dr. Marianne Hörlesberger

(ASMET)
(The Austrian Society for Metallurgy
and Materials)

(Montanuniversität Leoben)

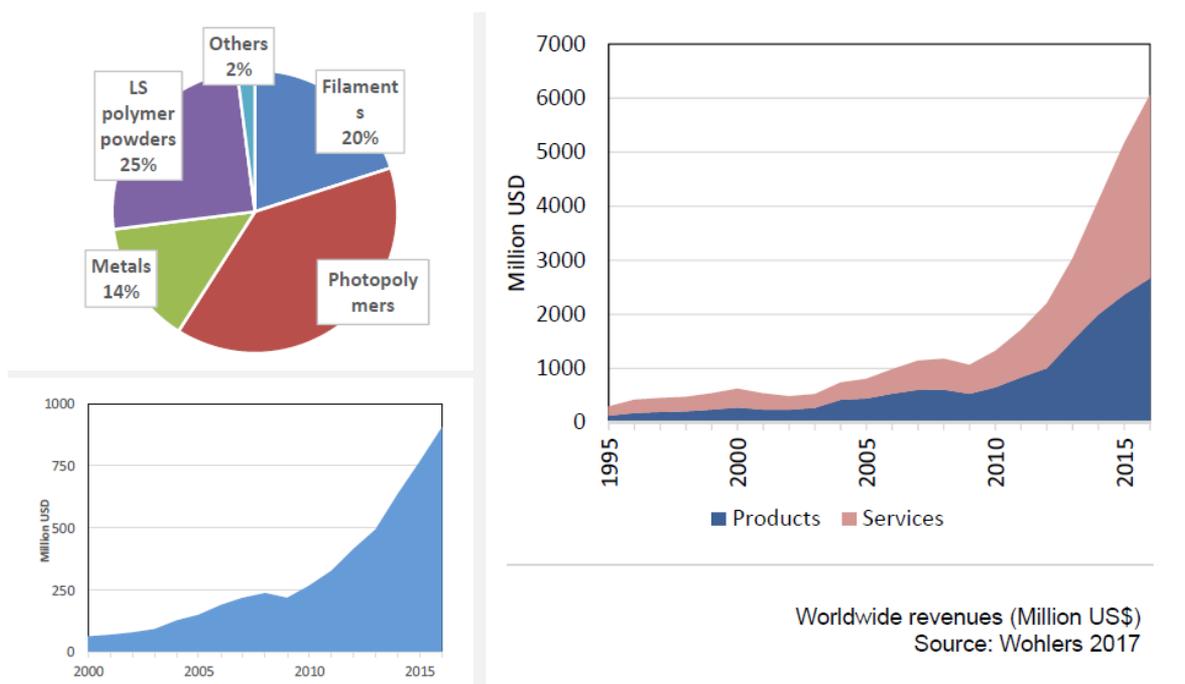
(AIT Austrian Institute of Technology)

Wien, November 2018

Zahlen und Fakten

Additive Fertigung wird weltweit ein großes Potenzial zugesagt. Entlang der gesamten Wertschöpfungskette, angefangen von den verschiedenen Materialien, über Anlagen zu den unterschiedlichen Technologien der additiven Fertigung, aber auch der Quervernetzung zu Design und Software, neuen Geschäftsmodellen, usw. ist Wachstum sicher.

Abbildung 1: Überblicksdaten über additive Fertigung aus dem Wohlers Report 2017.



Additive Fertigung ist in Österreich ein sehr dynamisches Feld. Das Potenzial für additive Fertigung in Bezug auf Akteure in Österreich ist in folgender Tabelle dargestellt. Das Unternehmenspotenzial ergibt sich aus den Teilnehmern der Roadmap und den Mitgliedern der Technologieplattform, bzw. aus der Anzahl der Unternehmen die die Plattform in Österreich noch unmittelbar am Radar hat.

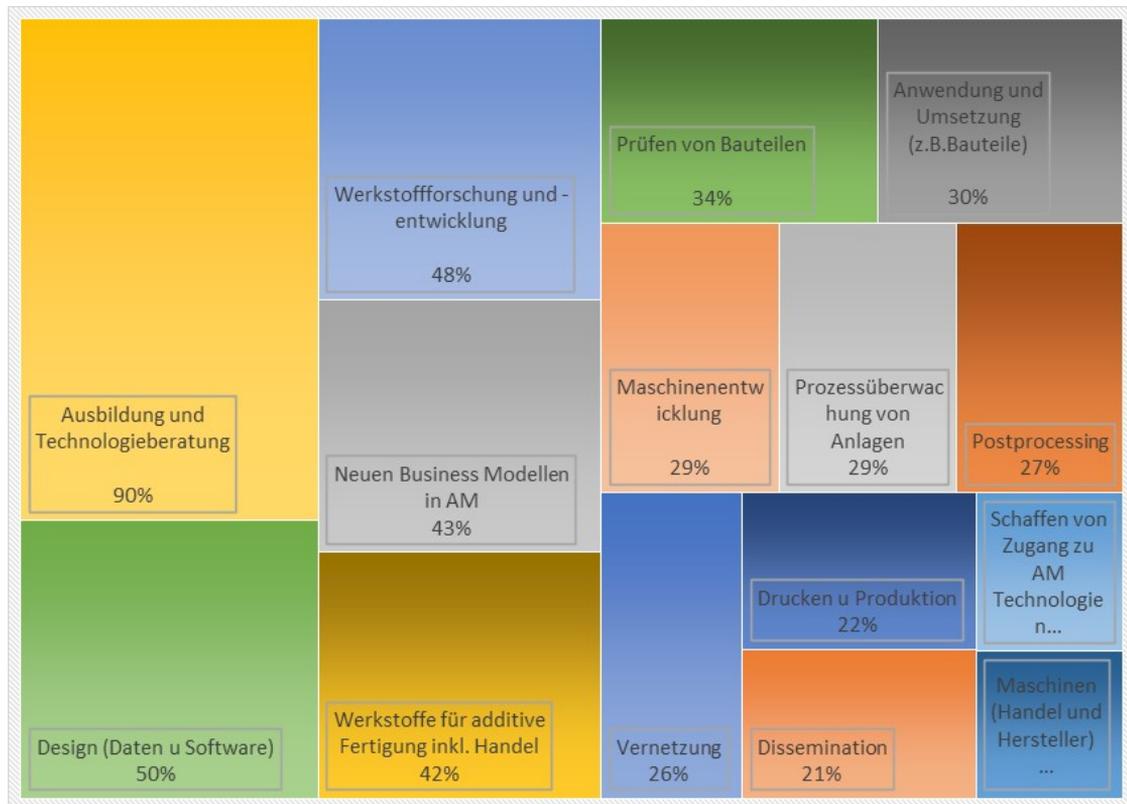
Darüber gibt es noch Unternehmen, die sich am Einsatz von AM interessiert gezeigt haben, das waren heuer aus sehr viele auf dem 3D Printing Forum, die Zahl ist eine Abschätzung.

Tabelle 1 Österreichische Organisationen in additiver Fertigung.

Stakeholder - Organisation	Anzahl	Bemerkung
Forschungseinrichtungen, Universitäten, Fachhochschulen	20	
Unternehmen	60	Ca 60 Unternehmen, die AM Technologie im Geschäftsmodell haben mind. 50 weitere die aktuelle AM Verfahren oder Produkte einsetzen
Intermediäre: Technologieplattformen, Cluster, Interessenvertretungen, Transferstellen	10	

Die Aktivitäten in der additiven Fertigung in Österreich können überblicksmäßig wie folgt dargestellt werden.

Abbildung 2: Aktivitäten österreichischer Akteure in AM.



Quelle: Eigene Darstellung der Autoren aus der Roadmapbefragung.

Ziel der Roadmap

Übergreifendes Ziel dieses Projekts ist, eine nationale Roadmap für additive Fertigung unter Einbindung aller industrieorientierten Stakeholder zu erarbeiten, die richtungweisende Entwicklungspfade und erforderliche Maßnahmen für die Gestaltung dieser additiven Fertigung zeigt. Davon leiten sich folgende Unterziele ab:

Erarbeitung eines für die Bedarfe des Projekts adäquate Roadmapmethode basierend auf dem Ansatz von klassischen Technologieroadmaps.

Zentrale Elemente waren dabei:

- Einbindung von ausgewählten Experten im Rahmen eines Beratungsausschusses;
- Vorscreening und der nationalen Ist-Situation und Abfragen der Einschätzung der Ist-Situation mittels Fragebogen;
- Proaktive Einbindung der AM Community in die Erstellung der Roadmap (Fachworkshops).
- Diese Roadmap konzentriert sich auf eine industrielle Perspektive im Hinblick auf Verfahren, Werkstoffe, Anwendungsbranchen (vorwettbewerblicher Bereich) und relevante Begleitthemen.

Beruhend auf der im Rahmen des Projekts erarbeiteten Methodik wurde diese Roadmap so durchgeführt, sodass ein konkreter Fahrplan und klar definierte Maßnahmen für einen Zeithorizont bis 2028 entwickelt wurden.

Dissemination und Awareness

Durch die breite Diskussion im Rahmen der Roadmap-Erstellung und die intensive Einbindung der Community (Unternehmen, Forschungseinrichtungen, Universitäten, Fachhochschulen, Intermediäre usw.) wurde eine Awareness, eine hohe Identifikation mit der Roadmap und eine gemeinsame Umsetzungsbereitschaft geschaffen.

Das Roadmap Projekt erarbeitet einen nationalen Fahrplan (strategisches Planungsinstrument) für die Entwicklung der übergreifenden AM Aktivitäten bis 2028 /2030 mit Fokus industrielle Orientierung (allerdings vor allem vorwettbewerbliche Aktivitäten). Dadurch wurde eine Steigerung der Awareness innerhalb der AM Community durch die gemeinsame Planung und außerhalb durch ein Kommunikationsinstrument erzielt.

Angestrebt wurde auch die Erreichung einer noch höheren Identifikation der AM Community zu gemeinsamen AM Zukunftsaktivitäten und effektiver Umsetzung.

Eine von ASMET, AIT und MUL organisierte Veranstaltung zur Präsentation der Ergebnisse des Roadmapprojekts im Rahmen der „Werkstoff- Workshops vor den Alpbacher Technologiesprächen 2018 hat bereits zur öffentlichkeitswirksamen und internationalen Bekanntmachung beitragen.

Innovations- und Technologie Roadmaps sind hoch derzeit international im Trend. Das Planungswerkzeug ist erprobt und als Standardmethode eingeführt, wenngleich der Weg dorthin, durch Anpassung auf die Zielgruppe, wie im konkreten Fall der Roadmap Additive Fertigung sehr herausfordernd sein kann. Roadmaps werden heute als Teil des strategischen Innovationsmanagements gesehen, um sicherzustellen, dass aus den begrenzt verfügbaren Ressourcen zum Beispiel bei der Forschungsförderung das Maximum an erfolgreicher Umsetzung in neue Produkte lukriert wird.

Als Outcome werden: Gemeinsame Maßnahmen zur Entwicklung des Feldes AM Austria mit industrieller Ausrichtung erwartet und geliefert. Die Erkenntnisse der Roadmap werden in diesem zusammenfassenden Werk dokumentiert werden, um nachhaltig verfügbar zu sein und um bei geänderten Rahmenbedingungen weiterentwickelt zu werden.

Im vorliegenden Bericht findet sich eine umfassende, wissenschaftliche Beschreibung des Vorhabens in einer zur Begutachtung durch eine sachverständige Dritte geeignete Form (insbesondere Stand der Wissenschaft, Problemstellung, Methodik, angestrebte Ergebnisse, Angaben der wichtigsten problembezogenen Fachliteratur).

Die AM Roadmap ist ein wichtiges Steuerungstool im nationalen Innovationsprozess. Sie ist wie ein Navigationsgerät, welches das geplante Ziel und den Weg dorthin verbindet. Unsere Roadmap hat viele Vorzüge, wie zum Beispiel klare Fokussierung, Orientierung, attraktive Darstellung und ein Tool für effektive Kommunikation für alle.

Folgende Erfolgsfaktoren werden im Hinblick auf eine Roadmap gesehen:

- eine professionelle Erstellung, wo alle Themenbereiche am Radar gescannt wurden;
- Akzeptanz und „Leben“ der Roadmap bei allen Stakeholdern BMVIT, Plattform AM Austria, Cluster, Universitäten, Forschungseinrichtungen und Wirtschaft (KMU, Industrie, Serviceanbieter für AM);
- dass Roadmapping kein Endprodukt, sondern ein Steuerungsprozess ist.

Die Roadmap dient der Verbreitung der geplanten Maßnahmen gemeinsam mit der AM Plattform, dem BMVIT den Förderagenturen und allen Stakeholdern der AM Community.

Projektrahmen

Ausgangspunkt für diese Roadmap war der Werkstoff-Workshop Alpbach 2017 (ASMET⁴, MUL⁵, AIT⁶, addmanu⁷), der den Bedarf einer Roadmap aufzeigte.

Das Projekt wurde im Auftrag des BMVIT für ein dreiviertel Jahr konzipiert, was für eine landesweite Roadmap eine Herausforderung darstellt, da mehrere Stakeholderworkshops über Österreich verteilt, in den Gesamtprozess zu integrieren waren.

- Projektstart: Mitte Jänner 2018
- Projektende geplant: Oktober 2018
- Dissemination Veranstaltung Alpbach 2018 und weitere Aktivitäten wie z.B. Präsentation bei Veranstaltungen der AM Austria⁸

Das Projekt wurde mit Unterstützung von ecoplus (Kunststoffcluster), der IV Tirol, voestalpine und Technologieplattform Additive Manufacturing Austria durchgeführt. Diese Organisationen haben Zugang zu vielen weiteren Stakeholdern. So konnte in der Roadmaperstellung ein breites Expertenwissen genutzt werden.

Projektstruktur

Das Projekt wurde vom BMVIT beauftragt. Der Auftragnehmer ist eine ARGE zwischen ASMET (The Austrian Society for Metallurgy and Materials) und Montanuniversität mit dem Subauftragnehmer AIT Austrian Institute of Technology, Center for Innovation Systems & Policy. Die ASMET trägt ihre Kosten als Eigenleistungen zum Projekt bei. Das Projekt wird begleitet durch einen ehrenamtlichen Beratungsausschuss, der nachfolgend näher beschrieben ist. Kernelement der Roadmap bildete die Einbindung von Vertretern und Vertreterinnen der österreichischen AM Community, die im Rahmen des Fragebogens, individueller Gespräche und der Roadmapworkshops am Projekt mitwirkten. Wesentlichen

⁴ ASMET - THE AUSTRIAN SOCIETY FOR METALLURGY AND MATERIALS. <https://asmet.org/>

⁵ Montanuniversität Leoben, Außeninstitute

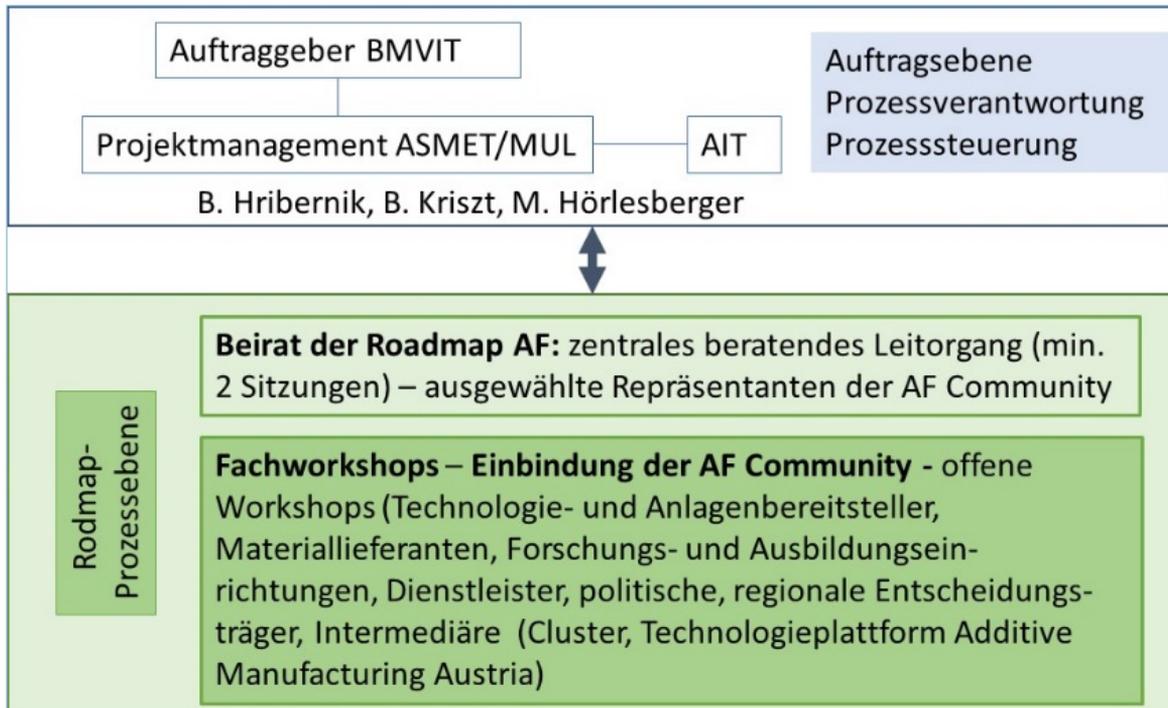
⁶ AIT Austrian Institute of Technology, Center for Innovation Systems & Policy

⁷ addmanu ist ein nationales österreichisches Leitprojekt zur Erforschung, Entwicklung und Etablierung der generativen Fertigung. <http://www.addmanu.at/de/4890/>

⁸ Eine Technologieplattform zur Förderung und Unterstützung der österreichischen Additive Manufacturing. <https://www.am-austria.com/>

Beitrag liefern die vier Expertenworkshops, wo die Inhalte der Roadmap erarbeitet werden und die die Grundlage für die Konsolidierung der Aussagen dienen.

Abbildung 3: Die Projektstruktur



Quelle: Eigene Darstellung der Autoren.

Beratungsausschuss

Eine wesentliche Rolle in der Gestaltung der Roadmap nimmt der Beratungsausschuss ein. Seine ehrenamtliche Mitwirkung bestand darin, das Projektteam in der Gestaltung und im Aufbau der Roadmap mit ihrer Expertise im Feld der additiven Fertigung zu unterstützen, maßgeblich an der AM Vision für Österreich mitzugestalten und die Ergebnisse der Workshops auf die Konsistenz der Aussagen zu prüfen. Die Mitglieder des Beratungsausschusses brachten sich auch stark bei der Stakeholderfindung ein und trugen dazu bei, Personen für die Mitwirkung am Fragebogen bzw. Personen für die Teilnahme an den Workshops zu gewinnen.

Des Weiteren trug der Beratungsausschuss durch seine Mitwirkung an den Veranstaltungen im Rahmen der Roadmap Erstellung zur Verbreitung dieser und zur Steigerung des Bekanntheitsgrades bei. Da die Roadmap die zukünftigen Entwicklungen aus vielen Blickwinkeln und Themenstellung betrachten soll, ist die Zusammensetzung des Beratungsausschusses sehr wichtig auf die Ausgestaltung der Roadmap. Es war daher

äußerst wichtig, sowohl Vertreter der nationalen Unternehmen, Klein- und Großunternehmen als auch der Forschungseinrichtungen, die zu den Leitakteuren in Österreich im Bereich der additiven Fertigung zählen, in den Beratungsausschuss zu berufen.

Folgenden dreizehn Personen gehörten dem Beirat der Roadmap additive Fertigung Österreich an:

Tabelle 2 Mitglieder des Beratungsausschusses.

Name	Organisation
DI. F. Rotter	voestalpine
DI G. Reithofer	voestalpine
Dr. J. Homa	Lithoz und Präsident der Technologieplattform AMA
Dr. J. Gartner	3Druck.com
DI Mag. A. Tanda	O.K.+Partner
Prof. J. Stampfl	Technische Universität Wien
Prof. Z. Major	Johannes-Kepler-Universität Linz
Prof. G. Leichtfried	Leopold-Franzens-Universität Innsbruck
Prof. W. Eichlseder	Montanuniversität Leoben
DI. H. Wiedenhofer	Joanneum Research
Dr. W. Waldhauser	Joanneum Research
Ing. H. Bleier	ecoplus NÖ
Mag A. Pogany	Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT)

Innovation System

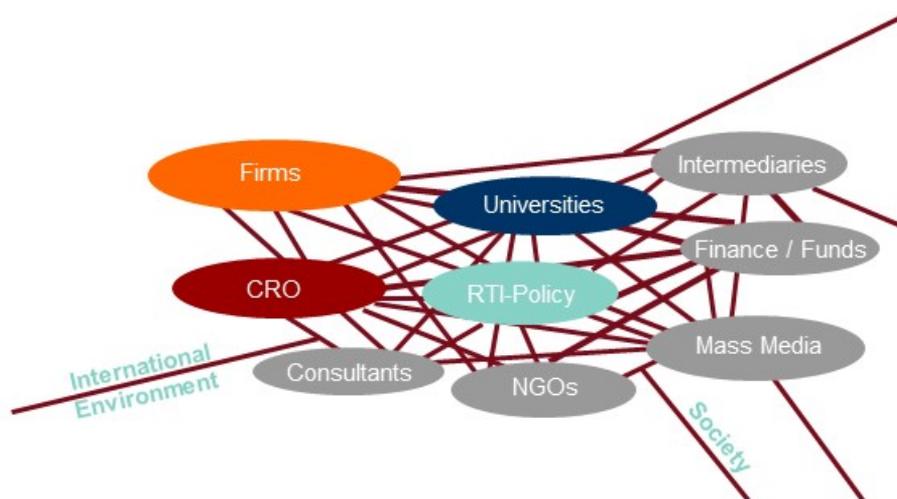
Es besteht weitgehend Einigkeit darüber, dass Innovation der Motor für nachhaltiges Wirtschaftswachstum ist (siehe zum Beispiel Krugman 1991⁹). Wissensinteraktionen, d.h. alle Arten von Wissensströmen sind entscheidend für die Leistungsfähigkeit des Innovationssystems. Universitäten, Firmen und Auftragsforschungsorganisationen¹⁰ spielen

⁹ Krugman, P. (1991) Increasing returns and economic geography. Journal of Political Economy, Vol. 99, 483 – 499.

¹⁰Im Englischen: contract research organization (CRO)

eine wichtige Rolle im Innovationssystem, so dass Wissensaustausch zwischen ihnen von zentraler Bedeutung ist, um den Wissensstrom im Innovationssystem anzuregen und aufrechtzuerhalten (so Josef Fröhlich²¹). Das Innovationssystem ist ein offenes System mit zunehmender Dynamik und Komplexität, mit einer Differenzierung der Akteure und einer Differenzierung von Institutionen, mit zunehmender Dynamik sozioökonomischer und sozio-technologischer Systeme und einer zunehmenden Komplexität der sozioökonomischen und sozio-technischen Systemen und der Gesellschaft als Ganzes, so Josef Fröhlich.

Abbildung 4: Netzwerk eines Innovation Systems²².



Quelle: Josef Fröhlich, AIT.

Der Wissensaustausch innerhalb dieses Netzwerkes im Innovationssystem und die Generierung gemeinsamen Wissens in diesem Netzwerk tragen wesentlich zu neuen Innovationen und folglich zu wirtschaftlichem Erfolg bei, da wir unter einer Innovation ein Produkt oder eine Dienstleistung verstehen, die am Markt erfolgreich ist, d.h. sich gut verkaufen lässt. Das Innovationssystem der additiven Fertigung betrachten wir als sektorales Innovationssystem. In dieser Roadmap geht es nun darum zu schauen, wie dieses sektorale Innovationssystem additive Fertigung für Österreich gestärkt werden kann.

²¹ Unter anderen auch hier: Fröhlich, J. (Hrsg.); Fischer, M. M.(Hrsg.). (2001). Knowledge, Complexity and Innovation Systems. Springer-Verlag Berlin and Heidelberg GmbH & Co. K. ISBN10 3540419691.

²² RTI - Research, technology and innovation (RTI) policy; contract research organization (CRO) für Auftragsforschungsorganisationen; NGOs für Non-governmental organization, also Nichtregierungsorganisation.

FTI¹³-politischen Handelns

Das häufigste Argument zur Legitimierung staatlichen Eingreifens kommt aus der Neoklassik. Staatliches Handeln der FTI-Politik wird dort legitimiert, wenn Marktversagen eintritt. Als wichtigstes Beispiel fungiert dabei die Notwendigkeit der Finanzierung der Grundlagenforschung durch die öffentliche Hand. Grundlagenforschung wird nicht ausschließlich vom Investor genutzt, denn die Erkenntnisse der Grundlagenforschung haben in der Regel Anwendungspotenziale, die weit über die Nutzung einzelner privater Unternehmen hinausgehen.

Mit der „Evolutionären Ökonomie“ und der „Innovationsökonomie“ Anfang der 1990er Jahre kristallisierten sich neue Formen der Legitimierung FTI-politischen Handelns heraus. In der Heuristik nationaler und regionaler Innovationssysteme wird staatliches Handeln notwendig, wenn Systemversagen vorliegt.

Defizite in den Interaktionen unterschiedlicher Akteure, wie z. B. wenn sich ein Defizit in der Diskussion im Science Industry Relations (siehe OECD, EU) findet, oder in der Anbindung regionaler/nationaler Innovationssysteme an geographisch übergeordnete/benachbarte Innovationssysteme (Multi Level Governance). Aber auch schwache Bindung zu andere gesellschaftliche Subsysteme können Defizite aufweisen, wie sie z.B. im Verkehrssystem, Gesundheitssystem, das Bildungssystem möglich sind. **Prinzipiell gibt es darüber hinaus Handlungsbedarf der FTI-Politik, wenn neue emergente Technologien in NIS/RIS von ihrer Bedeutung her nicht erkannt werden oder zeitliche Rückstände eines Landes gegenüber anderen Ländern in der Nutzung neuer Technologien erkennbar sind.**

Generell gilt auch in der Heuristik des nationalen Innovation System bzw. regionalen Innovation System, dass bei der Legitimierung staatlichen Handelns große Sorgfalt anheim gelegt werden muss. Nur so kann sichergestellt werden, dass Systemversagen / Marktversagen nicht durch Politikversagen kompensiert wird. Aus der Perspektive komplexer Systeme bedeutet dies, dass ausreichend Raum für Selbstorganisationsprozesse von Unternehmen im Zusammenhang mit Innovationsaktivitäten vorhanden sein muss, die nicht durch zuviel Struktur / Regeln seitens der Politik beeinträchtigt wird.

Entwicklung von lernenden Systemen im Innovationssystem kann durch Integration und Orientierung unterstützt werden. Integration wird geschaffen durch Anbindung des

¹³ FTI – Forschung, Technologie, Infrastruktur

Innovationssystem an sein Umfeld. Orientierung gewinnt ein Innovationssystem mittels strategischer Impulse.

Instrumente der FTI Politik

Die Instrumente der FTI Politik, wie sie hier beschrieben sind, stammen von Josef Fröhlich und seiner jahrelangen Beschäftigung mit FTI Politik.

Tabelle 3 Instrumente der FTI Politik.

Instrument	Was wir darunter verstehen und was das Instrument macht.
Öffentliche Nachfrage	Setzung von Innovationsimpulsen in ausgewählten Bereichen, geringere Breitenwirkung, Gefahr von Staatsversagen, große Hebelwirkung durch hohe Finanzvolumina.
Regulierung	Nutzung als Stimulierung von Innovation, Probleme des Ausschlusses von Unternehmen – eventuell Wettbewerbsverzerrung, Schaffung geeigneter Rahmenbedingungen für Innovation, in Österreich vorwiegend im Bereich Umweltinnovationen und IKT genutzt.
Indirekte Förderung	Hohe Breitenwirkung in der Wirtschaft; hohe Mitnahmeeffekte ¹⁴ ; erfuhr eine Renaissance im letzten Jahrzehnt in Österreich.
Direkte Förderung / Bottom up	Steuern, geringere Breitenwirkung als indirekte Förderung; keine thematischen Einschränkungen; Transparenz der Förderung / Evaluierung; zum Teil hohe Mitnahmeeffekte.
Direkte Förderung / Programme	Top down definierte Themen und Schwerpunkte; Gefahr von Staatsversagen; Maßschneidern auf eingeschränkte Zielgruppen; Wettbewerb durch Antragsprinzip und Evaluierung; geringere Mitnahmeeffekte; hohe Flexibilität für die FTI-Politik.
FTI politische Infrastruktur / Agenturen	Steuerung (weicher) durch Beratung und Informationsvermittlung; zielgruppenspezifische Ausrichtung; hohe Flexibilität; zunehmende Bedeutung in Österreich in den 90er Jahren.
FTI politische Infrastruktur / Forschungsinfrastruktur	Wissensproduktion für das Innovationssystem; geringe Breitenwirkung durch zum Teil hohe Zutrittsbarrieren; längerfristige Orientierung in den Forschungsschwerpunkten und Themen; geringere Flexibilität.

Quelle Josef Fröhlich, AIT.

¹⁴ Mitnahmeeffekt: Wenn Gesetze bestimmte finanzielle Anreize (Steuervergünstigungen, Fördermittel, Subventionen) beinhalten und dabei eine konkrete Gruppe von Berechtigten vorsehen, aber darüber hinaus auch andere diese Begünstigung in Anspruch nehmen können, obwohl sie auch ohne diese gesetzliche Maßnahme ein bestimmtes Verhalten gezeigt hätten.

Begriffe und Definitionen

Eine Roadmap für eine emergierende Technologie repräsentiert Handlungsräume und Aktionen in diesen Handlungsräumen. Dies für AM möglichen Handlungsräume werden in dieser Roadmap „Dimensionen“ genannt. Es wurden die Dimensionen Markt, Produkte, Technologien, Prozesse und Wissen betrachtet.

Markt

Im Rahmen der Workshops wurde den Teilnehmenden folgende Begrifflichkeit für Markt vorangestellt. „Markt nennt man in funktioneller Hinsicht das Zusammentreffen von Angebot und Nachfrage, durch das sich im Falle eines Tausches Preise bilden. Mindestvoraussetzung für das Entstehen eines Marktes ist eine potenzielle Tauschbeziehung, das bedeutet, dass abgesehen vom Tauschmittel, in der Regel ist das Geld, mindestens ein Tauschobjekt, ein knappes Gut, mindestens ein Anbieter und mindestens ein Nachfrager.“

Produkt

Das Ergebnis der Produktion und Sachziel einer Unternehmung oder auch Mittel der Bedürfnisbefriedigung wird als Produkt bezeichnet. Mittel der Bedürfnisbefriedigung sind auch Dienstleistungen. Man kann also sagen, dass alles auf einem Markt Angebotene als Produkt bezeichnet werden kann, das Kunden erwerben, verwenden, mit dem sie interagieren, das sie erleben oder konsumieren können, um einen Wunsch oder ein Bedürfnis zu befriedigen.

Technologie

Der Begriff "Technologie" setzt sich aus den beiden griechischen Wörtern "té Technik und "lógos" für Logik oder Vernunft zusammen. Technologie ist also die Lehre von der Technik. Technologie ist eine Wissenschaft und befasst sich mit der Art und Weise, wie Roh- und Werkstoffe in fertige Produkte umgewandelt werden können. Die Begriffe Technik und Technologie werden häufig als Synonyme verwendet. Technik hat zwei Bedeutungen. Zum einen umschreibt das Wort Verfahren, die Erkenntnisse der Naturwissenschaften für den Menschen praktisch nutzbar machen. Zum anderen werden auch bestimmte, festgelegte Vorgehensweisen als Techniken bezeichnet. Technik ist also entweder einfach ausgedrückt eine Fertigkeit, zum Beispiel, wenn ein Masseur verschiedene Techniken der Massage beherrscht. Oder aber Technik sind Geräte und Verfahren, die praktisch nutzbar sind.

Im Zusammenhang mit dieser Roadmap wird Technologie folgendermaßen verstanden: Der Begriff „Technologien“ umfasst Verfahren, Methode, oder auch die Wissenschaft von der Umwandlung von Rohstoffen in Fertigprodukte, wie z.B. die Technologie der additiven Fertigung. Technologie ist die Lehre von der Technik, das bedeutet die Lehre von den Verfahren zur Herstellung von Gütern. Mit diesem Begriff „Technologie“ bezeichnet man das gesamte Wissen über Fertigungsverfahren, wie z.B. NC¹⁵, CNC¹⁶, -CAM¹⁷ und sonstige technische Prozesse wie etwa in der Physik, in der Chemie, in der Metallurgie, in der Kunststofftechnik, in der Elektrotechnik, in der Elektronik, usw. Technologie schlägt sich vor allem im Fachwissen nieder.

Prozesse

Für ein Unternehmen können eine Menge von verschiedenen Prozessen beschrieben werden. Prozesse für Marketing, Kundenbetreuung, die Geschäftsprozesse von der Beschaffung, Lagerung, Versand, und dann alle Teilprozesse zählen dazu. Abbildung 5 zeigt ein Beispiel einer Hierarchie von Prozessen in einem Produktionsunternehmen. Darüber hinaus gibt es eine weitere Prozessebene, die zur gesetzlichen Bestimmungen, Normen, Standards oder gesellschaftliche Regulative getragen wird.

Wissen

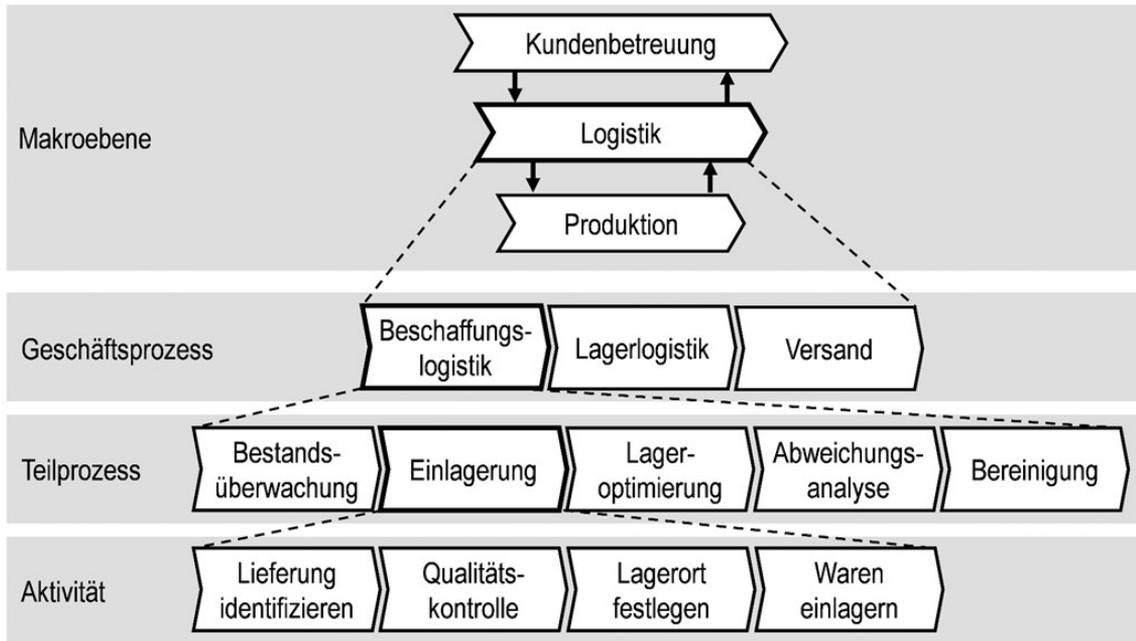
Der Ausdruck „Wissen“ stammt von althochdeutsch „wizzan“ bzw. der indogermanischen Vergangenheitsform „woida“, was so viel wie „ich habe gesehen“ heißt und somit „ich weiß“. Als Wissen wird üblicherweise ein für Personen oder Gruppen verfügbarer Bestand von Fakten, Theorien und Regeln verstanden, die sich durch den größtmöglichen Grad an Gewissheit auszeichnen, so dass von ihrer Gültigkeit bzw. Wahrheit ausgegangen wird. Im Kontext der Roadmap AM Österreich wird Wissen als das Wissen die Gesamtheit der Kenntnisse und Fähigkeiten, die Individuen zur Lösung von Problemen einsetzen. Wissen basiert auf Daten und Informationen, ist im Gegensatz zu diesen, aber immer an eine Person oder Personengruppen gebunden.

¹⁵ Numerische Steuerung (NC) (englisch Numerical Control).

¹⁶ Computerized Numerical Control (CNC), übersetzt „rechnergestützte numerische Steuerung“.

¹⁷ Computer-aided manufacturing (CAM, dt. rechnerunterstützte Fertigung) bezeichnet die Verwendung einer von der CNC-Maschine unabhängigen Software zur Erstellung des NC-Codes. Im Unterschied zur Erstellung des NC-Codes in der Werkstatt (WOP), wird mit dem CAM-System das NC-Programm bereits in der Arbeitsvorbereitung erstellt. CAM ist ein wesentlicher Bestandteil der computerintegrierten Produktion CIM (Computer-integrated manufacturing).

Abbildung 5: Beispiele von Prozessen in einem Unternehmen.



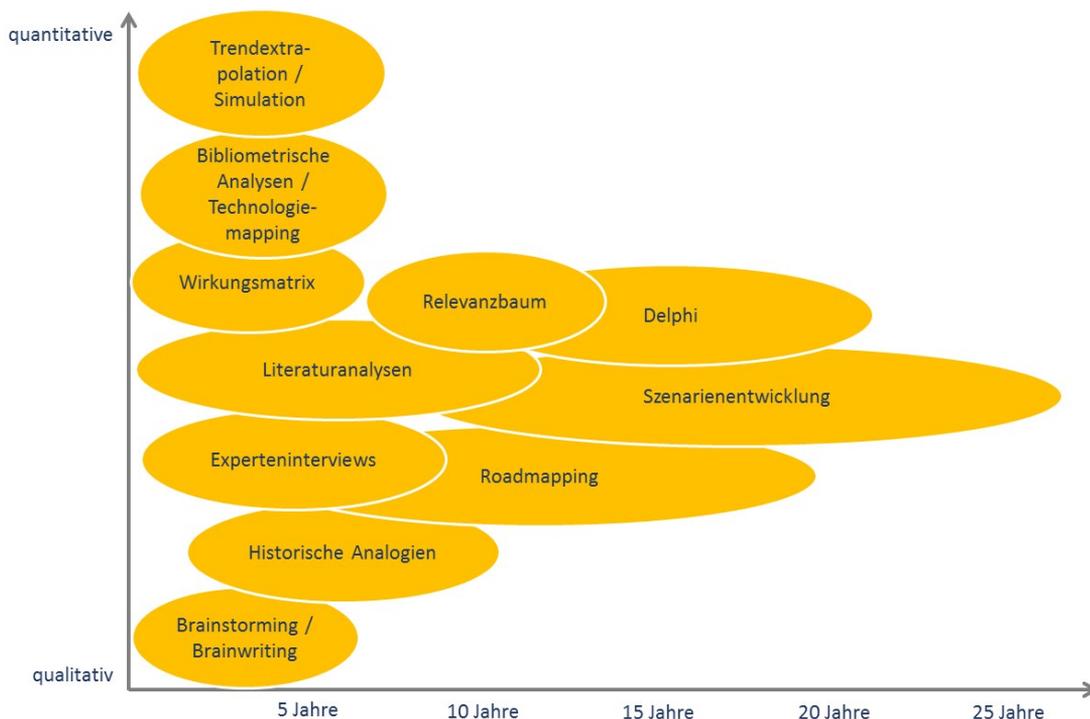
Quelle: <https://buchundnetz.com/online-buch/mobile-business-ob/3-prozesse/3-1-einfuehrung-geschaeftsprozesse/>.

Roadmapping

Roadmapping ist eine Brücke zwischen dem strategischen und dem operativen Innovationsmanagement. Roadmapping knüpft an die Metapher einer Straßenkarte an. Das Thema der Roadmap, in diesem Fall die „additive Fertigung“¹⁸, wird somit als Fahrzeug betrachtet. Für die Reise durch teils bekanntes, teils unbekanntes Gelände wird der Fahrer, der FahrerIn (die Betroffenen/Akteure/Stakeholder der „additiven Fertigung“ in diesem Fall) des Fahrzeugs bei der Navigation durch die erstellte Roadmap unterstützt.

Die Methode Roadmapping ist heutzutage den Kinderschuhen entwachsen. Sie hat sich seit den ersten Ansätzen in den 1980er Jahren mittlerweile einen festen Platz unter den Methoden der Zukunftsforschung gemacht. Die folgende Abbildung zeigt die Einordnung von Roadmapping in gängige Methoden der Zukunftsforschung.

Abbildung 6: Einordnung von Roadmapping in eine Reihe von Methoden der Zukunftsforschung



Quelle: In Anlehnung an Reger 2001 und eigene Erfahrung des Autors.

¹⁸ Es handelt sich also um eine Technik, ein Bündel von Technologien. Somit geht es hier um eine Technologie-Produkt-Roadmap mit Aspekten für Markt, Prozessen und Wissen in diesem Fall.

Die Erstellung von Roadmaps hat ihren Ursprung in technologieintensiven Unternehmen. Aufgrund zunehmender Komplexität von Produkten und Prozessen waren diese mit dem Problem konfrontiert, dass sie wichtige Technologien übersehen hatten. Es bestand für viele Organisationen ein Defizit an expliziten, durch ein Rahmenwerk strukturierten Darstellungen von den zukünftigen Entwicklungen der Produkte und Produktionsprozesse.

Verschiedene Arten von Roadmaps¹⁹

- Technologieroadmaps stellen Technologietrends und ihre Abhängigkeiten zu möglichen disrupten Geschäftsideen dar. Sie zeigen Investitionspotentiale auf und leiten weitere Maßnahmen von Technologieentwicklungen zu Produkten auf.
- Produktroadmapping verknüpft potenzielle Märkte mit Technologien und prognostiziert die Erfolgchancen der beschriebenen Produkte.
- Eine Marktroadmap stellt potentielle Zukunftsmärkte für bestehende und neue Geschäftsmodelle, Produkte und Services dar.
- Unternehmensroadmaps: Die einzelnen Roadmaps der verschiedenen Geschäftsbereiche im Unternehmen werden zu einer unternehmensweiten Roadmap aggregiert. Es werden Synergien und Lücken im Innovationsportfolio identifiziert, um Maßnahmen zur Behebung zu erarbeiten.

Darüber hinaus findet man auch Wissenschaft-Roadmaps und Innovations-Roadmaps

Was ist die Kernfrage? Was soll sich wohin entwickeln? Aus diesen Fragen ergibt sich dann der Gesichtspunkt für die Roadmaperstellung. In diesem Projekt „Roadmap AF Austria“ geht es eindeutig um eine Roadmap mit der Ausrichtung auf Technologieentwicklung.

Die Literatur über Methoden des Roadmappings, wie z.B. von Fraunhofer IPA (Institute für Produktionstechnik und Automatisierung)²⁰ beschreibt häufig Roadmaps für Organisationen, wie Unternehmen oder Institute. Machate²¹ weist darauf in seiner Dissertation hin. In der Literatur seinen in erster Linie Methoden zur Erstellung von Roadmaps für Unternehmen und Institute (Forschungseinrichtungen und Universitäten) zu finden. Allerdings gibt es eine Reihe von Roadmaps über bestimmte Technologien in Zusammenhang mit Regionen, wie z.B. Energieroadmaps, Mobilitätsroadmaps, Österreichische Roadmap für Hochleistungsmetalle

¹⁹ Siehe auch: Kappel, T. (2001): Perspectives on Roadmaps: How organizations talk about the future, *The Journal of Product Innovations Management* 18, S. 39-50

²⁰ Laube, Thorsten; Abele, Thomas. (2006). *Technologie-Roadmap*. ISBN: 9783816771869.

²¹ Siehe dazu (dort Seite 8): Machate, Alexander. (2006). *Zukunftsgestaltung durch Roadmapping. Vorgehensweise und Methodeneinsatz für eine zielorientierte Erstellung und Visualisierung von Roadmaps*. Dissertation. TU München.

etc. Hier soll nur darauf hingewiesen werden, dass die Methodik für die Erstellung von Roadmaps für eine bestimmte Technologie im Zusammenhang mit einer Region, einem Land behandeln, noch nicht ausreichend systematisch und detailliert beschrieben wurden, allerdings sehr oft konkrete Anwendungen auf nationalen und internationaler Ebene finden. Natürlich verlangt jede Roadmap für eine spezifische Technologie in Zusammenhang mit einer bestimmten Region / Land eine andere Herangehensweise. Dennoch gibt es Kernelemente, Projektschritte, die Roadmap inhärent sind und nicht fehlen dürfen. Einen guten Ansatz dafür liefert z.B. „Energy Technology Roadmaps. A guide to development and implementation“²².

Technologieroadmap

Erfolgreiche Unternehmen betrachten die technologischen Entwicklungen ganzheitlich und integrieren diese in ihre Gesamtstrategie. Die Erstellung von Technologieroadmaps kommt dabei eine wesentliche Rolle zu. Dabei kann dem zielgerichteten Aufbau von technologischen Kernkompetenzen, sei es in der Entwicklung von Wissen als auch von Prozessen und Technologien, entsprechend Augenmerk geschenkt werden, was einen Wettbewerbsvorteil bringt. Dabei werden auch zukünftige Kundenanforderungen und Marktbezug in Zusammenhang mit den Produkten gesetzt. Primäres Ziel von Technologieroadmaps ist die Identifizierung und Darstellung technologiebezogener Projekte, die für die Entwicklung zukünftiger Produkte notwendigen technologischen Kompetenzen erforderlich sind.

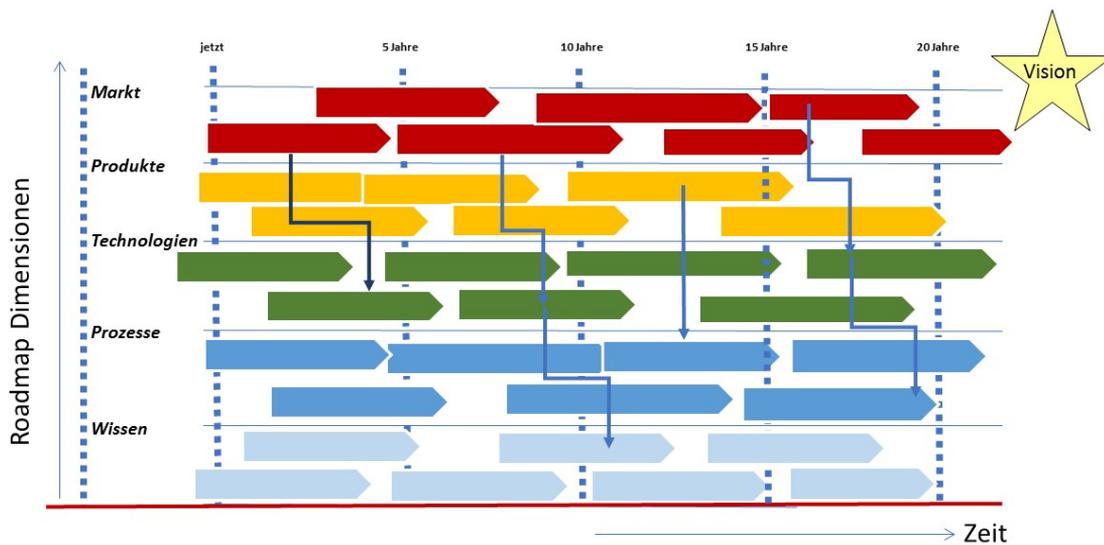
- Technologieroadmaps dienen dazu, um Technologien für zukünftige Produkte vorzubereiten. Sie stellen **zukünftige Anforderungen, definierte Ziele und daraus resultierende Aktivitäten leicht verständlich dar**.
- Technologieroadmaps **visualisieren Maßnahmen und Aktivitäten**, die für die Entwicklung aller technologischen Kompetenzen in Zusammenhang mit zukünftigen Produkten notwendig sind. Sie betrachten dabei sowohl die Produkte als auch die Produktion und ihre Prozesse.
- **Technologieroadmaps sind also ein Werkzeug sowohl zur „Strategievorbereitung“ als auch zur „Strategieumsetzung“**.
- Bei der Erstellung von Technologieroadmaps wird ein **Zeitraum von 4 bis 15 Jahren**, in Abhängigkeit von Produktlebenszyklen betrachtet.

²² International Energy Agency. (2014). Energy Technology Roadmaps. A guide to development and implementation. www.iea.org

- Ein dynamisches Technologieroadmapping arbeitet mit kontinuierlichem Monitoring²³ nach der ersten Roadmaperstellung, ist daher flexibel und an die spezifischen Bedürfnisse des anpassbar.

Die folgende Abbildung (Abbildung 7) zeigt ein Schema einer Roadmap mit den Dimensionen Markt, Produkte, Technologien, Prozesse und Wissen. Diese Dimensionen wurden im Projekt betrachtet und bearbeitet. Das bedeutet, dass diese Roadmap über eine Technologieroadmap hinausgeht und eben die Aspekte von Markt und Wissen einbezieht.

Abbildung 7: Schema der Roadmap additive Fertigung Österreich



Quelle: Eigene Darstellung.

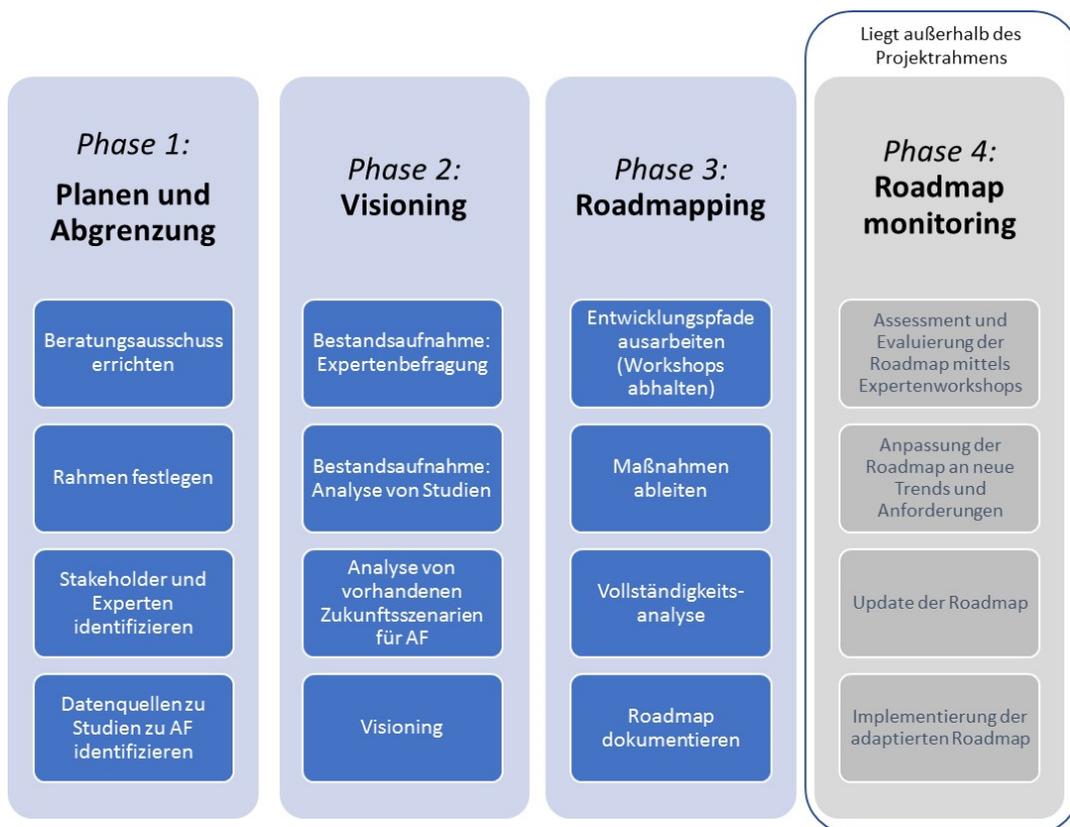
²³ Den Schritt des kontinuierlichen Monitorings kann von der vorliegenden Roadmap nicht erbracht werden, dass dieses außerhalb des definierten Projektzeitrahmens liegt.

Vorgehensweise im Projekt

Übliche Phasen in der Erstellung einer Technologieroadmap sind folgende:

- Planen und Abgrenzen;
- Visioning;
- Erstellung der Roadmap;
- Roadmapmonitoring

Abbildung 8: Schema der Vorgehensweise im Roadmapping.



Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an International Energy Agency. (2014). Energy Technology Roadmaps. A guide to development and implementation.

Phase 1: Planen und Abgrenzen

Es geht um die Definition der Themenstellung, **Abgrenzung und Zielschärfung** inklusive der **Bestandsaufnahme** und Ist-Analyse. Eine klare Definition des Roadmapprojekts ist wesentlich, um zielgerichtet arbeiten zu können und sich nicht in Seitenwegen zu verlieren.

Es gibt bereits viele Studien auf nationaler und internationaler Ebene zu Thema der additiven Fertigung. Diese müssen erhoben werden und dienen als ein Ausgangspunkt. Wenn es sich um eine Technologieroadmap wie dieser handelt, wo ein Thema (die additive Fertigung) für ganz Österreich betrachtet wird, ist es sehr hilfreich, wenn ein Beratungsausschuss das Projekt begleitet. Ein **Beratungsausschuss** zusammengestellt aus strategisch einflussreichen mit einem ausgezeichneten fachlichen Verständnis für die Technologie unterstützt den Erfolg des Projekts und den Einfluss der Ergebnisse auf die Implementierung. Die **Identifikation der Stakeholder/Akteure** ist ein weiterer wichtiger Schritt in dieser Phase. Je nach Ausrichtung der Roadmap braucht es nicht nur Stakeholder aus dem Fachgebiet selbst, wie hier der additiven Fertigung (Akteure). Potentielle Stakeholder sind alle jene, die in irgendeiner Weise durch das Projekt betroffen sind, positiv wie negativ. Schlüssen-Stakeholder haben ein hohes Interesse und einen hohen Einfluss auf die Technologie der additiven Fertigung. Diese sollten auf alle Fälle, wenn irgendwie möglich, eingebunden sein. Wenn es auch um die Wirkung auf die Gesellschaft geht, sollten auch Vertreter diesbezüglich teilnehmen. Um einem Innovationssystem die Kraft für Erfolg zu verleihen, braucht es eine Interaktion, der in der „Quadruple Helix“²⁴ beschriebenen Organisationen (siehe nächste Abbildung), sodass die Hebelwirkung der Aktionen in den einzelnen Dimensionen ge- und verstärkt werden können.

Abbildung 9: Schema der Quadruple Helix.



Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Campbell et.al.

Phase 2: Visioning

Eine Roadmap, also eine Straßenkarte, soll den Weg von A nach B weisen. A ist der Ausgangspunkt, B das Ziel.“ Wohin soll eine Technologieroadmap führen?“ , das ist die

²⁴ Campbell, D.F.J.; Carayannis, E.G.; Rehman, S.S. J. (2015). Quadruple Helix Structures of Quality of Democracy in Innovation Systems: the USA, OECD Countries, and EU Member Countries in Global Comparison. Knowledge Economy, 6: 467. <https://doi.org/10.1007/s13132-015-0246-7>.

zentrale Frage, die im Vorfeld geklärt werden muss. Dazu wurden Studien und Szenarien analysiert. Die Ergebnisse der Analysen fließen auch in die Visionsbildung²⁵ ein. Mit klassischen Kreativitätsmethoden zur Visionsentwicklung wurde eine Vision erarbeitet. Um den nationalen Ausgangssituation zu kennen, wurde im Rahmen des Projekts eine webbasierte Expertenbefragung durchgeführt.

Phase 3: Erarbeiten der graphischen Roadmap

Diese Phase umfasst die graphische Erarbeitung der Entwicklungspfade einer Roadmap mittels Stakeholderworkshops, die Zusammenführung der Ergebnisse in eine einzige Roadmap, die Ableitung von Maßnahmen, eine Vollständigkeitsanalyse (Konsistenz) und die Roadmapdokumentation.

Stakeholder, Akteure bzw. Workshop Teilnehmer bringen ihr Wissen zur additiven Fertigung ein. Sie erzeugen durch die Diskussion am Tisch gemeinsam mit den Kolleginnen und Kollegen ein Bild zur additiven Fertigung in Österreich. Dann hinterfragen sie kritisch die Stellungnahmen der Kolleginnen und Kollegen am Tisch, sodass eine geprüfte Meinung dokumentiert wird. Sie bringen dazu ihre Ideen ein. Sie schaffen durch ihre Teilnahme und die Diskussion mehr Bewusstsein für additive Fertigung generell.

Es wurden vier Workshops an vier verschiedenen Orten/Regionen in Österreich abgehalten, sodass alle, die zur nationalen Strategieentwicklung der additiven Fertigung beitragen wollten, die Möglichkeit hatten dazu beizutragen. Von Anfang Mai bis Ende Juni 2018 wurde je ein Workshop in Innsbruck, in Leoben, in Wien und in Linz im Umfang jeweils eines Arbeitstages abgehalten.

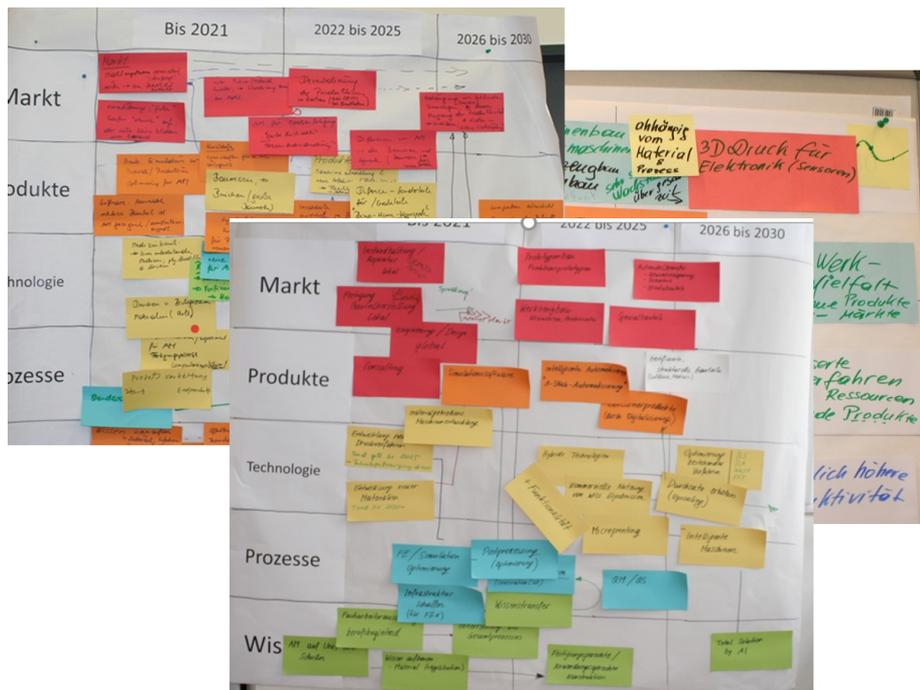
Nur über die Interaktion der Maßnahmen und Akteure in den Handlungsfeldern können die gesetzten Ziele erreicht werden. Um einem Innovationssystem die Kraft für Erfolg zu verleihen, braucht es eine Interaktion, sodass die Hebelwirkung der Aktionen in den einzelnen Dimensionen ge- und verstärkt werden kann. Darüber hinaus entsteht eine Kraft im System und im Netzwerk, das nie durch die Summe der einzelnen erreicht werden kann.

²⁵ Eine Vision ist definiert einen gewünschten zukünftigen Zustand, ein geistiges Bild, das im Laufe der Zeit erreicht werden soll.

Erarbeitung der Entwicklungspfade: Für einen Zeitraum von 10 Jahren wurden für die folgenden genannten Dimensionen Entwicklungspfade diskutiert: Markt; Produkte; Technologien; Prozesse; Wissen.

Die Entwicklungspfade, die Märkte, Produkte, Technologien, das dazu notwendige Wissen wurde in vier Workshops (Innsbruck, Leoben, Wien, Linz) zu neun Gruppen erarbeitet.

Abbildung 10: Beispiele von Roadmaps, wie sie in den Workshops erstellt wurden.



Quelle: Aus den Workshops.

Die **Maßnahmen** und Abhängigkeiten wurden in den einzelnen Workshop im Plenum erarbeitet und vom Projektteam konsolidiert.

Vollständigkeitsanalyse: Intuitiv ganzheitlich wird die Roadmap auf Vollständigkeit geprüft. Die Konsistenz (die Widerspruchsfreiheit, der logische Zusammenhang) soll klar dargestellt sein. Die Vollständigkeitsanalyse wurde in einer Sitzung des Beratungsausschusses und durch den Workshop in Alpbach (26. August 2018) erbracht.

Phase 4: Das Monitoring der Roadmap ist in diesem Falle, wo es sich um ein begrenztes Projekt für Österreich handelt, nicht möglich und liegt somit außerhalb des Projektrahmens.

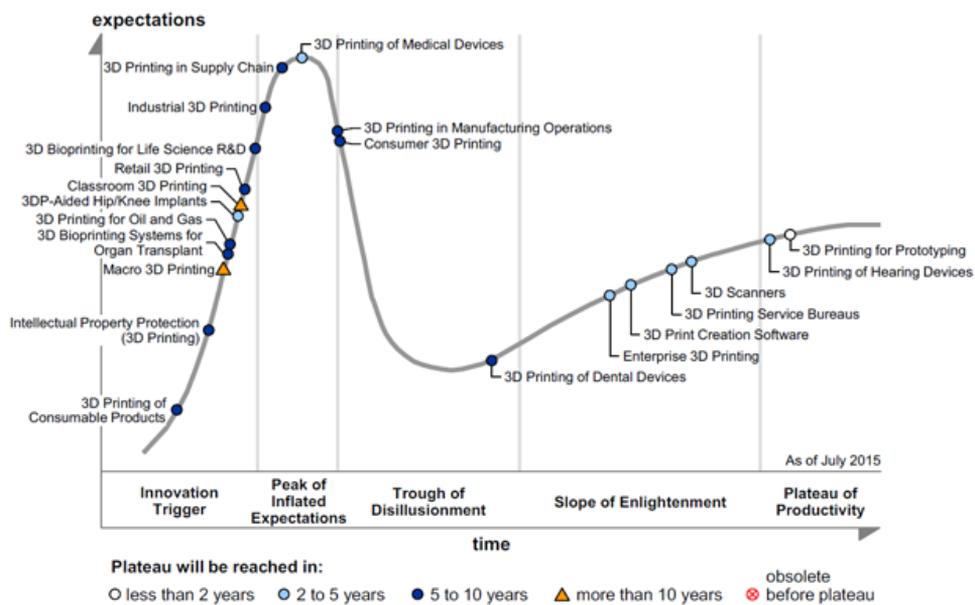
Analyse der Studien und Zukunftsszenarien

In Vorbereitung der Beratungsausschusssitzungen wurde die heute verfügbare Literatur studiert, um bestehende Entwicklungen und Schlüsselfragen zur Diskussion zu stellen, und auf die österreichische Situation abzubilden. Die studierten Literaturzitate finden sich im Anhang der Roadmapstudie und fanden Eingang in die Workshops. Kernaussagen aus den Studien wurden den Workshop als Diskussionsbasis vorangestellt. Einige Aussagen werden hier wiedergegeben.

- *Additive Fertigung hat einen neuen Wirtschaftszweig geschaffen, so eine VDI Studie. AM definiert die gesamte Wertschöpfungskette neu von der Werkstoffherstellung über den Anlagenbau, den additiven Fertigungsverfahren als Dienstleistung und der Integration von additive gefertigten Bauteilen in neue Produkte in vielen Branchen.*
- *Additive Fertigungsverfahren im industriellen Umfeld für Kunststoffe und Metalle sind Stand der Technik.*
- *Die Bedeutung von Keramiken und andere Werkstoffen, mit Ausnahme von Kunststoffen und Metallen für die industrielle Produktion in AF ist derzeit noch gering?*
- *Die Prozesskette der additiven Fertigungsverfahren ist komplex und beinhaltet zahlreiche Wechselwirkungen. Die Prozesskette erfordert Fachkenntnisse in unterschiedlichsten Disziplinen.*
- *Additive Fertigung erfordert ganzheitliches Denken und interdisziplinäre Gruppen und Kooperationen.*
- *Dienstleister haben viel Knowhow über die additive Fertigung. Dienstleistung wird immer wichtiger. Die Kundenbetreuung wird unterschätzt.*
- *Der Dualismus zwischen regionaler und internationaler Wertschöpfung stellt die Herausforderung dar, um erfolgreich in additiven Fertigung erfolgreich zu sein. Durch die Digitalisierung besteht die Möglichkeit Produkte virtuell zu designen und an jedem Ort der Welt zu drucken. Typischer Fall ist die Ersatzteillogistik (Reduzierung der Transportwege, etc.).*
- *KMUs profitieren von AM, weil ihnen AM hilft schnell auf Marktänderungen zu reagieren.*
- *Die Einführung von AM in Bildung und Forschung begünstigt die Hebung der Potenziale.*
- *Die hohen Kosten eines AM Produkts sind Barrieren für den Markteinstieg.*
- *Die Markteinführung für AM dauert lange.*

Hype Cycle von Gartner über Technologien der additiven Fertigung von 2015. Z.B. ist AM Technologie für die Öl- und Gasindustrie gerade im steilen Aufstieg, so auch industriemäßige AM und AM in der Lieferkette. AM für Consumer hat den Höhepunkt bereits überschritten. AM im Dental Bereich, AM und Software liegen im "Slope of Enlightenment", also im sanften Aufstieg nach dem ersten steilen Abstieg.

Abbildung 11: Garnter Hype Cycle zu Technologien der additiven Fertigung 2015.



Quelle: Gartner - https://www.3dnatives.com/de/wp-content/uploads/sites/3/Article_Gartner.jpg.

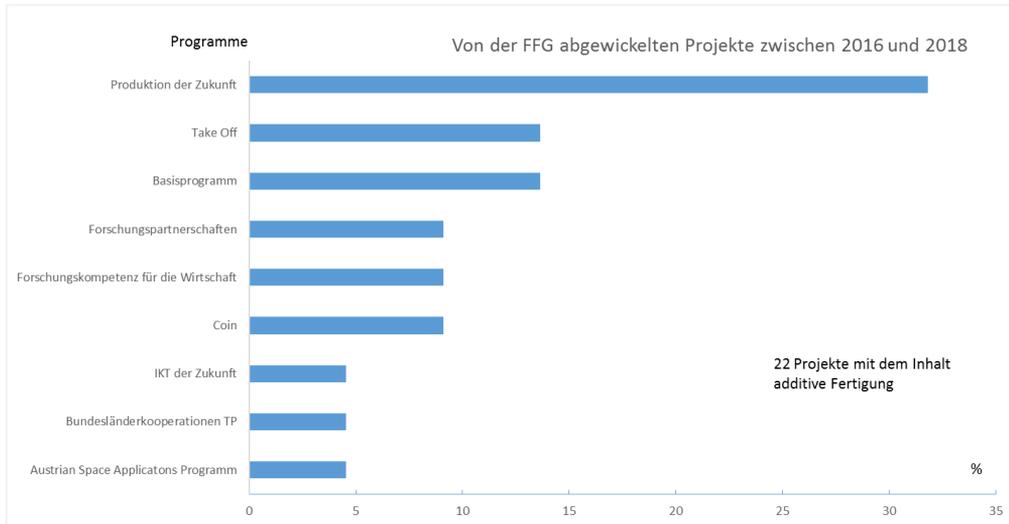
Nationale Programme und additive Fertigung

Aus der FFG²⁶ Datenbank (Stand Oktober 2018) konnten 22 Projekte identifiziert werden, die sich mit additiver Fertigung mit industrieller Ausrichtung beschäftigen. Das FFG Förderprogramm "Produktion der Zukunft" (PDZ) ist jenes Programm mit den meisten Projekten. Im Programm PDZ gelangten Projekte unter den Förderinstrumenten "kooperative Projekte" und Pilotfabrik zur Förderung. Spezielle Programme, wie Luft- und Raumfahrt werden in ca. 20% der geförderten Projekte adressiert. Basisprogramm incl. Bundesländerkooperation nehmen einen Anteil von ca. 20% ein. Die Wissenstransfer- und die Forschungsk Kooperationen (Dissertationen) und Ausbildungsinitiativen "Kompetenz für die Wirtschaft" nehmen einen Anteil von ungefähr 20% ein. Vernetzungsprojekte national und

²⁶ FFG – Forschungsförderungsgesellschaft. <https://www.ffg.at/>

international unter dem Programm Coin liegen bei einem prozentualen Anteil von ca. 10%. "IKT der Zukunft" Projekte liegen aktuell bei einem Anteil von nur 5%.

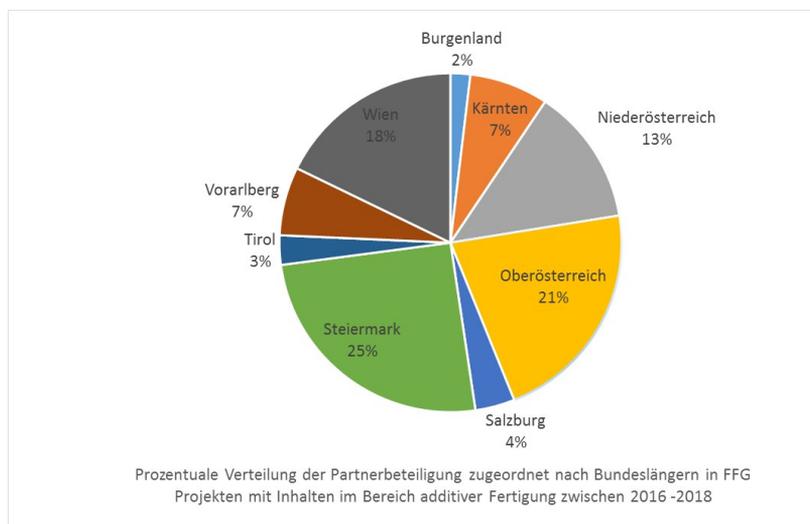
Abbildung 12: Additive Fertigung in nationalen Projekten.



Quelle: Eigene Darstellung der Autoren – Auswertung von FFG Programmen.

Die unterschiedliche Beteiligung der geförderten Organisation nach Bundesländern zeigt ein ähnliches Bild, wie die Beteiligung der Organisationen bei den Workshops. Hauptakteure befinden sich in der Steiermark, Oberösterreich, Wien und Niederösterreich.

Abbildung 13: Beteiligung der Bundesländer in den FFG Programmen.



Quelle: Eigene Darstellung der Autoren – Auswertung von FFG Programmen.

Studie ausgewählter internationaler AM Institutionen

Im Zuge der Vorerhebungen zur Roadmap wurden drei Europäische internationale Forschungszentren und ein Unternehmen besucht, um von denen möglich Best Practice Modelle zu sehen, die zu Förderung deren nationalen Aktivitäten im Bereich additive Fertigung geführt haben. Um einen ersten Überblick zu erhalten wurden ein Zentrum in Udine, ein Zentrum in Deutschland – Aachen und ein Zentrum in Schweiz um die ETH besucht.

In den Besuchen wurden thematische Aufstellung, nationale und internationale Vernetzung mit Kooperationspartner, Infrastruktur und strukturelle Maßnahmen, Förderinstrumente und sonstige typische Merkmale hinterfragt.

Universität Udine und LAMA (Laboratory for Advanced Mechatronics and Additive Manufacturing)

Auf Empfehlung von Joanneum Research (DI. Wiedenhofer) wurde der Besuch bei LAMA in Udine angebahnt. JR hat schon seit einiger Zeit eine Kooperation mit dem Zentrum LAMA a in Udine. Im Raum Friuli Venezia Giulia existiert schon längere Zeit die AM Innovationsinitiative "Additive FVG" der Region FVG. Treiber der FVG Innovationsinitiative sind die Universität Udine und ihr LAMA (regionales Laboratory for Advanced Mechatronics and Additive Manufacturing). LAMA

Wesentliche Industriepartner von LAMA sind die Fa. LIMA S.p.A., Weltführer bei der Produktion von additiv gefertigten orthopädischen Implantaten, Danieli – metallurgischer Anlagenbau, Bosch (Einspritzsysteme), Sandvik, McKinsey, u. a. Die Universität Udine ist wiederum mit anderen Partneruniversitäten vernetzt und kooperiert mit Uni Padova und Triest im Bereich „Fatigue Testing“ von 3D-gedruckten Teilen.

Sowohl die Montanuniversität als auch Joanneum Research haben Kooperationsabkommen mit der Uni Udine im Bereich Forschungsk Kooperationen, Austausch von Studierenden und Lehrenden abgeschlossen.

Lama hat das Ziel das führende Forschungszentrum für Additive Fertigung und Mechatronik (Digitalisierung) im Alpe Adria Raum zu werden.

Bei den F&E Projekten im Labor Lama werden Prozessentwicklung für Additive Fertigung, virtuelle digitale Fertigungstechnik und verbesserte Mechatronik und Robotik kombiniert. Die Projekte spannen sich von reiner Grundlagenforschung in den Bereichen Elektronik, Mechanik, Biomedizin, Neurowissenschaften, sowie anwendungsbezogener Forschung, Prototypenbau, Pilotfertigung, Machbarkeitsstudien bis zur Beratung in Fragen Fertigungstechnik, Mechatronik, Automation, Robotik und Reengineering. Die Forschungsergebnisse fließen in Vorlesungen für Master und PhD Studenten und Seminaren zur Weiterbildungsveranstaltungen für externe Interessenten ein.

Die Hauptansprechpartner sind an der University of Udine / Lama sind Prof. Alessandro Gasparetto, Prof. Marco Sortino und Prof. Giovanni Totis.

Charakteristische Merkmale von LAMA

- Eigentümerschaft mit anderen Universitäten
- Spezialisierung und Konzentration auf ein Thema Additiver Fertigung, im konkreten Fall AM und Industrie 4.0 (Mechatronik), Automatisierung und Überwachung von Drucktechniken im Bereich Pulverbettverfahren
- Anlaufstelle für Forschung mit der Industrie für neue Technologien
- Zentrum für Schulungen der Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen der Industriepartner und Themenentwicklung gemeinsam mit der Industrie
- Integration von Forschungswissen in die akademische Ausbildung
- Demonstration der technischen Möglichkeiten der Industrie 4.0 Ansätze und additiver Fertigung durch bestehende Forschungsanlagen (Innovation Labcharakter)
- Internationale Offenheit für internationale Kooperation und Vernetzung allerdings vorrangig im Felder der Kooperation in frühe TLR Stadien und der Lehre.
- In spezifischen Kernthemen ihrer italienischen Unternehmenspartner sehr auf Geheimhaltung bedacht, bzw. absolut restriktiv in der Kooperation.

Additive Fertigung Schweiz

Inspire AG und ETH Zürich

Die inspire AG ist als strategischer Partner der ETH Zürich das führende Schweizer Kompetenzzentrum für den Technologietransfer zur MEM-Industrie. Sie betreibt Forschung

für die Industrie, entwickelt modernste Technologien, Methoden und Prozesse und löst Probleme auf allen Wissensgebieten der Produktinnovation und der Produktionstechnik. Die inspire AG hat sich aus Themen der ETH im Bereich Produktionstechnik entwickelt. inspire bringt die besten Partner der Industrie und der Hoch- und Fachhochschulen für gemeinsame Projekte zusammen und verfügt über die Köpfe, das Wissen und die Erfahrung, um Ideen erfolgreich in Innovationen umzusetzen. Wo Neuland beschritten werden soll, punktuell Kompetenzen in der Technik oder in der Projektabwicklung fehlen und wo unvoreingenommene Urteilskraft gefragt ist, kann inspire neue Lösungen liefern. inspire ist ein durch den Schweizer Bund gefördertes Technologiekompetenzzentrum, entstanden durch eine gemeinsame Initiative von Swissmem und der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich (ETH).

Innovation Center for Additive Manufacturing Switzerland - inspire icams

Aktivitäten

Im Rahmen von inspire gibt es die Gruppe Additive Fertigung **inspire icams**, die sich mit Additive Manufacturing (AM, additive Fertigungsverfahren), insbesondere mit dem Selective Laser Sintern und Selektive Laser Melting von Kunststoffen beschäftigt. Als Betätigungsfeld sehen sie, Forschung & Entwicklung (F&E) auf dem AM-Gebiet, wobei bei uns primär Material- und Prozess- und Qualitätsfragen im Vordergrund stehen. Neben öffentlich geförderten Projekten werden auch Forschungsprojekte für Unternehmen durchgeführt und bieten Dienstleistungen im AM-Bereich an. Aus den eher Forschungsdienstleistungen entwickeln sich, ebenfalls akademisch Ausgründungen heraus. Österreichische Unternehmen arbeiten mit dem inspire icams im Bereich der Auftragsforschung zusammen.

Das **inspire icams** wird von Dr. Manfred Schmid (R&D SLS) und Adriaan Spierings (R&D SLM) managementseitig geleitet. Beide sind aber auch international ausgewiesenen wissenschaftliche Experten auf ihren Fachgebieten. Der Leitprofessor für das inspire icams ist Prof. Dr. Konrad Wegener (ETH Zürich). Das **inspire icams hat eine enge Vernetzung mit dem** Universitätsinstitut Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigung (IWF) der ETH Zürich. Die Forschungsausrichtung unterscheidet sich von der jener des **inspire icams**. Das ETH Institut konzentriert sich auf die Entwicklung von neuen Maschinen und auf das Verfahren Aufbau von 3D Strukturen durch Lasermaterialabscheidung. Die Forschungsarbeiten der ETH sind im Bereich der anwendungsnahen Grundlagen angesiedelt, die tiefgreifenden Erkenntnisse zu eher generellen Fragestellungen liefern und auch auf für Arbeiten von inspire icams übernommen werden können.

Im Zuge des Gespräches mit Prof. Wegener (ETH) wurde auch das Potenzial von technischen Dienstleistungen erörtert. Prof. Wegener zeigte auf, dass sich aufgrund der geänderten Marktbedingungen und der Digitalisierung („Industrie 4.0- Anwendungen) in der Produktionstechnik in Zukunft der Anteil der wertschöpfenden technisch orientierten Dienstleistungen deutlich erhöhen wird bzw. sogar höhere Zuwachsraten zu erwarten sind, wie für die produzierenden Segmente.

Für die additive Fertigung, in der weder Produktionstechnologien, noch Anbieter etabliert sind bzw. generell ein großes Entwicklungspotenzial gegeben ist, ist zu erwarten, dass der Anteil an neuen technischen Dienstleistungen tendenziell hoch ausfallen wird. Diese Tendenz zeigt sich auch in den Gesprächen mit österreichischen Vertretern der AM Community, die sich mit neuen Geschäftsmodellen, Chancen für Unternehmensgründungen, wie beratende Tätigkeit (Beratung, welche Technologien, Prozesse und Materialien für bestimmte Produkte), der Wartung von Maschinen neuen (Online Monitoring und sonstigen Optionen beschäftigen). In den von der FFG geförderten Projekten im Bereich IKT - additive Fertigung und Industrie 4.0 Lösungen - sind ebenfalls neue Optionen für technische Services hinterlegt.

Swiss Additive Manufacturing Group

Der Fachgruppe SAMG (Swiss Additive Manufacturing Group) gehören Firmen an, welche auf dem Gebiet der Additiven Fertigung als Entwickler, Planer, im Engineering, als Hersteller, Zulieferer, Ausrüster oder Dienstleister tätig sind. Additive Fertigungsverfahren sind in der Schweiz seit mehr als 15 Jahren aus dem Forschungsbereich bekannt und zunehmend für den industriellen Einsatz tauglich. Damit wird diese Technologie ein zunehmend wichtiger Faktor zukünftiger Produktionstechnik. Verschiedene Studien zeigen an, dass das wirtschaftliche Potential dieser Technologie bei einem weltweiten Umsatz von ca. 12-20 Mrd. US\$ im Jahr 2020 liegt. Aktuelle Zahlen der Wirtschaft zeigen, dass Zahlen vorhergehender Studien zum Teil sogar übertroffen werden. Die Schweiz verfügt über eine breite und renommierte Erfahrung im AM Forschungsbereich und damit die besten Voraussetzungen für die industrielle Umsetzung sowie Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen. Die Swiss Additive Manufacturing Group bringt sich in den europäischen Dachverband für den Werkzeugmaschinen CECIMO in die Unterarbeitsgruppe für additive Fertigung ein. Hauptaktivität ist die Mitwirkung hinsichtlich der Gestaltung von Normen.

Charakteristische Merkmale von AM Schweiz

- Universität gibt Impuls für außeruniversitäre Zentren, Leitung in Personalunion
- Austausch von Infrastruktur und Personal als Win-win Perspektive
- Akteure handeln schon in gut etablierten nationalen Netzwerken

- Gute Abstimmung der Forschungsarbeiten Grundlagennähe und Anwendung und Institutionen
- Diversität bei der Themengestaltung der einzelnen Institutionen, eher breiter thematisch breiter Zugang zu Fragestellungen der additiven Fertigung
- Grundsätzlich Offenheit für internationale Kooperation, aber geringere Aktivität in diesem Punkt
- Wahrnehmung der schweizerischen Interessen in Europäischen Gremien im Bereich der Normung und Standardisierung –Vertretung durch übergreifende Netzwerksorganisation
- Anziehungspunkt für österreichische Unternehmen bei der Vergabe von Auftragsforschung
- Zunehmende Intensität an technischen Services in der Produktionstechnik, besonders in AM

Additive Fertigung Standort Deutschland (Aachen und Düsseldorf)

RWTH Aachen Cluster Photonik

Der Cluster Photonik ist ein Zusammenschluss von Industrieunternehmen und Hochschuleinrichtungen zur interdisziplinären und ganzheitlichen Erforschung von digitalen photonischen Fertigungsketten. In enger Kooperation mit Industriepartnern aus Branchen wie Luft- und Raumfahrt, Automotive, Medizintechnik und Werkzeugbau werden die einzigartigen physikalischen Eigenschaften des Photons für die Produktion der Zukunft nutzbar gemacht - "from bits to photons to atoms". Forscherinnen und Forscher aus Disziplinen wie Materialtechnik, Physik, Medizin, Elektrotechnik, Maschinenbau und Wirtschaftswissenschaften erarbeiten hier die grundlegenden Zusammenhänge der additiven Fertigung für die Produktion von morgen. Die Arbeiten im Bereich der additiven Fertigung Technologie Pulverbettverfahren für Metall und Lasermaterialabscheidung zur Gestaltung von 3D Strukturen stammen aus diesem Bereich.

Lehrstuhl Digital Additive Production DAP

Der Lehrstuhl Digital Additive Production DAP der RWTH Aachen University erforscht die grundlegenden technischen und wirtschaftlichen Zusammenhänge der Additiven Fertigung gemeinsam mit Partnern aus Industrie und Wissenschaft.

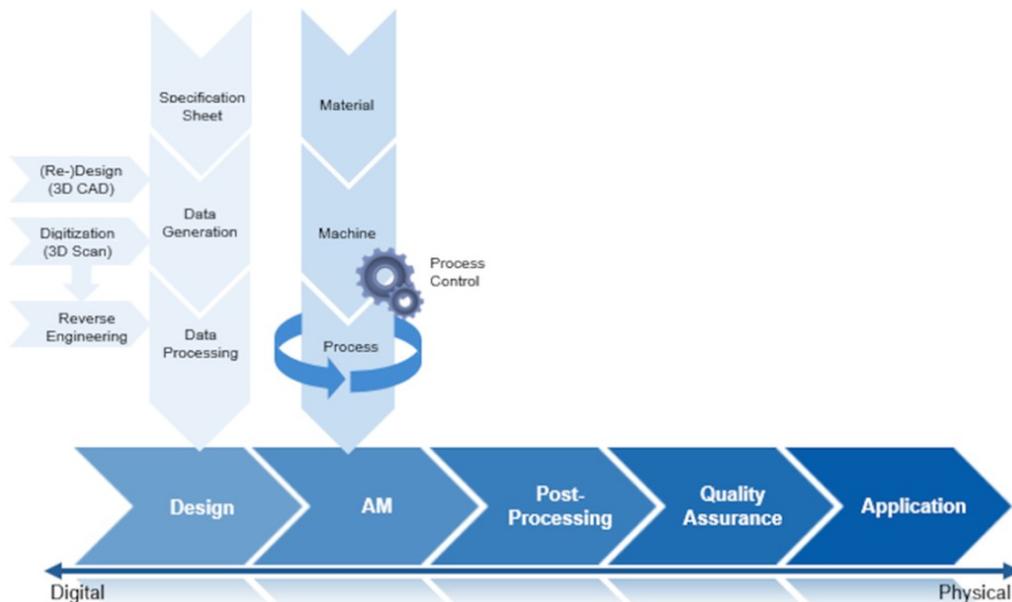
Beginnend beim Bauteildesign, über die Supply Chain, die Produktion und das Bauteilhandling bis hin zu den Einzeleigenschaften additiv gefertigter Komponenten

werden alle horizontalen und vertikalen Bestandteile der Prozesskette Additive Fertigung betrachtet und hinsichtlich ihrer fundamentalen Zusammenhänge untersucht. Neben der Weiterentwicklung bestehender AM-Prozesse sowie vorhandener Maschinen- und Systemtechnik ist insbesondere die Fokussierung auf softwaregetriebene end-to-end Prozesse ein wesentlicher Arbeitspunkt des DAP. Angefangen vom bionischen Leichtbau über die Funktionsoptimierung für AM und dem Design »digitaler Materialien« bis hin zur Validierung im realen Prozess und der Ableitung statischer und dynamischer Kennwerte können die Vorteile additiver Verfahren unter Einsatz digitaler Technologien nutzbar gemacht werden. Dazu stehen nahezu allen gängigen Software-Suiten im Bereich der Autorensysteme (CAD) und kommerziell verfügbare CAx-Systeme, FEM-Modellierer etc. zur Verfügung. Maschinenseitig stehen sowohl marktübliche Anlagen als auch angepasste Laborsysteme und Versuchsaufbauten bereit. Über die rein technologischen Themen hinaus unterstützt der Lehrstuhl Industriepartner bei der Beherrschung der durch die Implementierung von additiver Fertigung aufkommenden Komplexität. Mittels AM-getriebener Beratungsdienstleistungen gewährleistet der DAP eine ganzheitliche Betrachtung der Implikationen Additiver Fertigung auf strategischer, taktischer und operativer Unternehmensebene und schafft somit die Voraussetzungen für die Wettbewerbsfähigkeit der vielzähligen Industriepartner im AM-Umfeld.

Im Rahmen von Grundlagen-, Verbund- und Industrieprojekten aus den verschiedensten Branchen, wie beispielsweise Automotive, Luft- und Raumfahrt, Turbomaschinenbau, Life Sciences, Electronics, Werkzeug- und Formenbau, sowie der engen Kooperation mit außeruniversitären Forschungseinrichtungen verfügt der DAP über eine weitreichende Expertise im Bereich der Additiven Fertigung und der unterstützenden Prozesse.

Digitale Produktion und additive Fertigung in einem vollständig vernetzten, digitalen Produktionsumfeld ist ein wichtiger Zukunftszweig. Vom digitalen Produktmodell, über das automatisierte Bauteil- und Pulverhandling in einer AM-Factory bis hin zum einsatzbereiten, zertifizierten Bauteil werden dabei alle Aspekte der additiven Produktentstehung berücksichtigt.

Abbildung 14: Schema der digitalen Produktion



Quelle: Lehrstuhl für Lehrstuhl für digitale additive Produktion, RWTH Aachen.²⁷

Die Verlinkung von Digitalisierung und additiver Fertigung wird noch viele Herausforderungen zu meistern haben. Die Entwicklung geht aber eindeutig in diese Richtung.

ACAM Aachen Center for Additive Manufacturing

Im Jahr 2015 wurde das ACAM Aachen Center for Additive Manufacturing als ein Center im Cluster Photonik auf dem RWTH Aachen Campus gegründet. Dieses Netzwerk bündelt die Kompetenzen im Bereich Additive Manufacturing (AM) der führenden Wissenschafts- und Forschungseinrichtungen des RWTH Aachen Campus und erleichtert der Industrie den Zugang zu dieser Technologie. 31 Firmen aus Deutschland, Österreich, Frankreich, Japan und den USA haben sich bereits für die Mitarbeit entschieden. Die neuen Industriepartner gehen das Thema Additive Manufacturing (AM) zusammen mit dem Aachener Forschungsnetzwerk ganzheitlich an – von Projektentwicklung, Weiterbildung, Machbarkeitsstudien und Beratung bis zur Generierung von Wissen in der AM-Community.

²⁷ <http://www.dap.rwth-aachen.de/cms/DAP/Forschung/~pbf/Digital-Production/>

Additive Manufacturing – Ergänzung für den Werkzeugbau

Unterstützung erhält der geschäftsführende ACAM-Gesellschafter Dr. Kristian Arntz, Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT, seit kurzem von Professor Johannes Henrich Schleifenbaum. Beide Wissenschaftler gehen das Thema aus unterschiedlichen Blickwinkeln zweier benachbarter Fraunhofer-Institute an. Dr. Arntz hat sich mit dem Thema schon zu Studienzeiten und später als Mitarbeiter am Fraunhofer IPT vor allem im Werkzeugbau – Stichwort Laserauftragsschweißen oder Laserstrahlschmelzen – beschäftigt. Er sieht AM beispielsweise im Werkzeugbau als Ergänzung für bestehende Verfahren an, weil sich damit Funktionalität abbilden lässt. Arntz: »Mir geht es am ACAM insbesondere um eine Einbindung der Verfahren in bestehende Prozessketten.« Prof. Schleifenbaum kehrte 2016 als Professor zur RWTH Aachen zurück, um den Lehrstuhl »Digital Additive Production DAP« zu leiten. Außerdem übernahm er am Fraunhofer ILT die Position des Kompetenzfeldleiters »Additive Manufacturing and Functional Layers«.

Hauptthemengebiete Kosten senken, Prozesse automatisieren

Prof. Schleifenbaum sieht die Aspekte Durchgängigkeit der digitalen Kette vom Design bis zur Qualitätskontrolle, die Automation der Prozesskette sowie um die Entwicklung von maßgeschneiderten Werkstoffen zur Erhöhung der Produktivität und Schnelligkeit bei gleichbleibenden bzw. bei sinkenden Kosten als zentral Entwicklungsziele für AM.

Charakteristische Merkmale des AM Cluster Aachen

- Weiterführen von bestehender Kompetenz Lasertechnik (Photonik), Produktionstechnik und Oberflächentechnik in den Themenfeldern der additiven Fertigung (Kontinuität der Themen)
- Gesamtheitliche Sicht auf die Prozesse der Wertschöpfungskette AM und Ausrichtung der Forschung auf die Erfordernisse der Kette
- Aufbau von neuen Strukturen und Infrastruktur (Förderung von Nordrhein-Westfalen und Bund, gekoppelter Themenaufbau mit Exzellenzinitiative für Universitäten)
- Zusammenbringen von Forschern, und Forscherinnen aus der Universität mit Fraunhofer in einem neuen geschaffenen Haus für AM
- Internationale Ausrichtung, Anziehungspunkt für internationale Firmen, internationale Vermarktung
- Neuartige Kooperationsmodelle: „Optionsscheine für Forschung“ und Beteiligungsmodell für internationale Unternehmen“ zieht auch österreichische Unternehmen an – Grundkosten je nach Leistungsumfang 5000€ bis ca. 40.000€, Vorschläge für Forschungsthemen kommen vom dem Forschungseinrichtungen,

Industrie können durch Widmung ihrer „Forschungsvoucher“ die Themen selektieren; Industrie bekommen die Resultate der Forschungsarbeiten bekannt gegeben, keine Interaktion während der Forschungsarbeit erforderlich.

voestalpine Additive Manufacturing Center, Düsseldorf

Im September 2016 erfolgte die Gründung eines Forschungs- und Entwicklungszentrums zum Thema „Metal Additive Manufacturing“ - GF ist Eric Klemp. Das Center nutzt die Werkstoffkompetenz von voestalpine Tochtergesellschaften - Uddeholm, Schweden und voestalpine Böhler Edelstahl, Österreich. In spezielle Pulververdüsungsanlagen für AM Pulver (Sonderstähle) wurde in Kapfenberg und Hagfors investiert.

Die Bündelung des konzernalen Know-hows für den Prozess der additiven Fertigung Bündelung Metallpulver, Bauteil - Design und –Fertigung soll Düsseldorf und globale Weiterverbreitung in Düsseldorf erfolgen. Derzeit sind 3 Laserschmelzanlagen 10 F&E Mitarbeiter im Forschungsverbund mit Eifeler Lasertechnik in Betrieb. Das Ausrollen der Technologie auf Standorte in Asien & Nordamerika wird durch den Value Added Services Bereich der voestalpine High Performance Metals ausgeführt. Zukunftspotenzial bei Metal Additive Manufacturing sieht voestalpine in spezialisierten Nischen:

- Automobilindustrie;
- Ersatzteile / Spezialteile / Sonderbauteile für Vor- und Kleinserien sowie für den Rennsport;
- Luft- und Raumfahrt - Gewichtsersparnis durch neue Design – Möglichkeiten;
- Medizintechnik;
- Fertigung individueller Implantate (z. B. Hüftschalen, Zähne);
- Werkzeug- und Sondermaschinenbau;
- Werkzeuge mit konturnaher Kühlung.

Zusammenfassung der Charakteristika der internationalen Zentren

Die wesentlichen Erkenntnisse aus der den AM Aktivitäten in Udine in Italien, in St. Gallen und in Zürich in der Schweiz und in Düsseldorf und Aachen in Deutschland kann wie folgt zusammengefasst werden.

- **Vernetzung von bestehenden Ressourcen** und Organisationen (Universitäten, außeruniversitäre Forschung, Schaffen von Win-win Modellen für alle Mitwirkenden);

- **Bilden von Netzwerken von Forschungseinrichtungen und Unternehmen** zur Vertretung in internationalen Gremien (z.B. Normung und Standards);
- **Bilden von Zentren** als nationale und internationale Anlaufstelle (Innolabs) für Unternehmen und internationale Wissenschaftler – Leuchtrumaktivitäten;
- **Starke internationale Ausrichtung und Vermarktung der Tätigkeiten** und Angebote;
- Strategie der Themenkontinuität, „Stärken stärken“, neue Themenstellungen werden mit bestehender Kompetenz gekoppelt;
- **hohe Diversität** in den Themen AM;
- Sichtweise **Weiterentwicklung der Themen entlang der Wertschöpfungsketten**;
- **Innovationgetriebene Forschung** in AM;
- **Starke Finanzierung dieser Aktivitäten durch öffentlichen Hand** (Länder und Bund);
- **Neue Kooperationsmodelle** in der Kooperation Forschungseinrichtung mit Unternehmen.

Diskussion

Im Zuge des Gespräches mit Prof. Wegener (ETH) wurde auch das Potenzial von technischen Dienstleistungen erörtert. Prof. Wegener zeigte auf, dass sich aufgrund der geänderten Marktbedingungen und der Digitalisierung („Industrie 4.0- Anwendungen) in der Produktionstechnik in Zukunft der Anteil der wertschöpfenden technisch orientierten Dienstleistungen deutlich erhöhen wird bzw. sogar höhere Zuwachsraten zu erwarten sind, als für produzierende Segmente. Im DAP Zentrum in Aachen von Prof. Schleifenbaum wird deutlich, dass Digitalisierung, Industrie 4.0 und additive Fertigung eng zusammenarbeiten werden, weil sie nur so erfolgreich sein können. Es wird auch sehr klar, dass Inter- und Transdisziplinarität wichtig sind. Das heißt, neben der Kooperation zwischen AM und Digitalisierung werden auch Ökonomen, Physiker, Mediziner, und eben Ingenieure verschiedener Richtung miteinander arbeiten müssen, um erfolgreich am Markt sein zu können, um einen Vorsprung haben zu können. Das Zentrum in Aachen zeigt auch sehr schön, wie private Industrie, UNIs, FHs und Forschungseinrichtungen zusammenarbeiten, sodass Kompetenzen aufgebaut werden, die eine Vormachtstellung weltweit unterstützen.

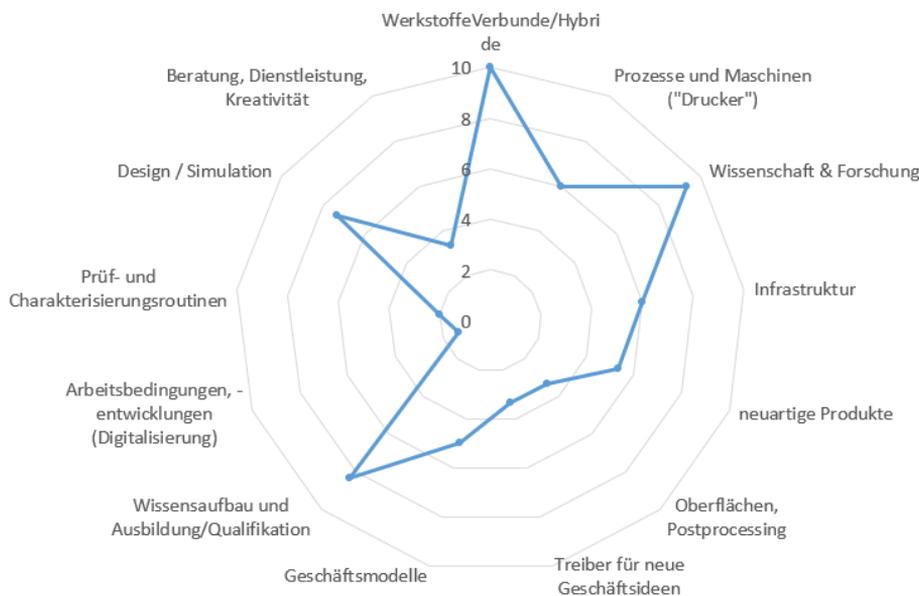
Vision der Roadmap additive Fertigung Österreich

Jedes Thema / Technologie für welche eine Roadmap erarbeitet werden soll, braucht eine Vision. Wohin soll die „Fahrt“ gehen? Wenn kein Ziel, keine Richtung vorhanden ist, kann nicht gesteuert und ausgerichtet werden. Daher ist in jedem Roadmapprozess eine Visionsbildung enthalten. Für die Erarbeitung der Vision dieser Roadmap wurde die Expertise des Beratungsausschusses eingebunden. Am Beginn des Projekts wurde in einem Workshop mit dem Beratungsausschuss folgende Dimensionen, die die Technologie der additiven Fertigung ausmachen, diskutiert und bewertet:

- Werkstoffe inkl. Verbunde/Hybride
- Prozesse und Maschinen ("Drucker")
- Wissenschaft & Forschung
- Forschungsinfrastruktur
- Wirtschaftliche Umsetzung: neuartige Produkte
- Oberflächen, Postprocessing
- Geschäftsmodelle über die gesamte Wertschöpfungskette inkl. Services
- Wissensaufbau und Ausbildung/Qualifikation
- Arbeitsbedingungen, -entwicklungen (Digitalisierung)
- Prüf- und Charakterisierungsroutinen, Qualitätssicherung
- Design / Simulation

Die Ergebnisse der Gruppendiskussionen wurden in eine Visionsspinne zusammengefasst.

Abbildung 15: Visionsspinne im Projekt erarbeitet.



Quelle: Eigene Darstellung aus dem Workshop.

Die Visionsspinne diente als Grundlage für die folgende **Vision**.

**Österreich ist 2028 ein global agierender Technologie- und Marktführer in
Spezialsegmenten der industriellen additiven Fertigung.**

Der Zeithorizont von 10 Jahren entspricht einer typischen Betrachtungsperiode einer Roadmap. Aus den Vorgesprächen mit dem Beratungsausschuss wurde in einer sehr frühen Phase der Roadmap erkannt, dass additive Fertigung nur vor einem globalen Aktionsradius zu sehen und weiter zu entwickeln ist. Der Anspruch sowohl Technologie- als auch Marktführer werden zu wollen, bringt zum Ausdruck, dass nicht nur technische Perspektiven adressiert werden sollen, sondern auch der Anspruch besteht, am Markt zu reüssieren. Da das Feld der additiven Fertigung sehr vielschichtig und breit ist, scheint die Konzentration auf Spezialsegmente der industriellen Fertigung eine erfolgreiche Strategie zu sein, so die einhellige Meinung des Beratungsausschusses.

Webbasierte Befragung: Roadmap Standortbestimmung additive Fertigung Österreich

Zielgruppe

Um Wissen über den aktuellen Stand der additiven Fertigungscommunity in Österreich zu erlangen, wurde eine webbasierte Befragung²⁸ unter den Akteuren durchgeführt. Um ein möglichst breites Spektrum zu erfassen, wurden folgende Quellen für die Erstellung der Zielpersonen bzw. deren Kontaktadressen herangezogen:

- Teilnehmerlisten von Tagungen und Seminaren unter anderem MAM²⁹, ERFA Runden additive Fertigung der Montanuniversität, Disseminationsveranstaltungen Leitprojekt addmanu, Werkstoffworkshops Forum Alpbach 2017.
- Projektpartner des Leitprojekts addmanu und deren Kooperationspartner, bzw. Ansprechpartner von andere geförderten Projekten mit Relevanz zum Thema additive Fertigung.
- Interessentenliste der Technologie Plattform Additiv Manufacturing Austria bzw. Unternehmensdatenbank 3Druck.com.
- Herold Business Datenbank Österreich – Recherche Key Words additive Fertigung, 3D Printing.
- Vorschläge von Seiten des Beratungsausschusses der Roadmap additive Fertigung Österreich.

Anhand dieser Datenquellen konnten ca. 300 Personen in Österreich identifiziert werden. Diese wurden zur Mitwirkung am Fragebogen eingeladen. Grundsätzlich wurde bei der Auswahl der Personen darauf geachtet, dass pro eingeladenen Institution und fachlicher Themenausrichtung nicht mehr als 2 Personen pro Gruppe angeschrieben wurden. Der Fragebogen wurden Anfang April 2018 online gestellt und konnte bis Mitte Mai 2018 beantwortet werden, danach wurde die Webbefragung wieder geschlossen, und die Daten ausgewertet.

Von den 300 eingeladenen Personen beantworteten, ca. ein Drittel den Fragebogen, wovon ca. 80 Mitwirkende durchgehend alle Fragen beantworteten. Aufgrund der Rücklaufzahl von

²⁸ Zur Durchführung der digitalen Befragung wurde die Software Monkey Survey verwendet. Monkey Survey bietet eine Plattform zur Erstellung des Fragebogens, zu Abwicklung der Befragung und zur Analyse der Daten.

²⁹ Konferenz „Metals Additive Manufacturing“

30% wird angenommen, dass der Fragebogen eine repräsentative Darstellung der Ist-Situation wiedergibt.

Aufbau des Fragebogens

Im Fragebogen wurden 20 Hauptfragen abgefragt, wobei bei den meisten Fragen aus einem Menu von vorformulierten Möglichkeiten ausgewählt werden konnte. Daneben gab es eine Reihe von offenen Fragen, die individuell beantwortet werden konnten.

Der Fragebogen adressiert folgende Themenkreise (siehe Abbildung 16):

- Art und Größe der Organisation in der additiven Fertigung, durchschnittliche wahrgenommene Gruppengröße in den Institutionen;
- Ausrichtung der Aktivitäten auf Branchen, Technologien und Aktivitäten entlang der Wertschöpfungsketten, Wertschöpfungsnetzwerk;
- Benennung der relevanten Materialien;
- Kooperation, Netzwerke und Marktorientierung;
- Innovationspotenzial und Entwicklungsstrategien der Institutionen;
- Ausbildungsbedarf und Ausbildungsangebote;
- Einschätzung der Chancen, Potenziale und Schwächen (Erfolgsfaktoren und Barrieren).

Abbildung 16: abgefragte Themenkreise

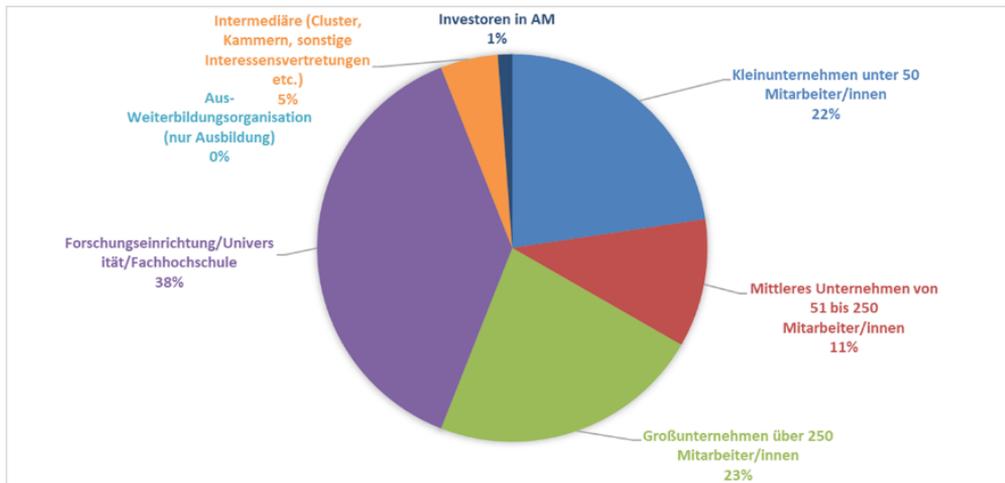


Struktur der österreichischen AM Community

Die den identifizierten Personen zuordenbare Organisationsformen waren grundsätzlich klein- und mittelständische Unternehmen, Großunternehmen, Intermediäre bzw. Forschungs- und Ausbildungseinrichtungen, wie Universitäten, Fachhochschulen, außenuniversitäre Forschungseinrichtungen oder Kompetenzzentren. Der Fragebogen zeigt deutlich, dass Österreich eine gute Verteilung hinsichtlich Unternehmen, Forschungseinrichtungen und Intermediären hat, die sich schon mit dem Thema additive Fertigung beschäftigen (Abbildung 17). Beachtlich für dieses recht neue Technologiefeld ist der heute hohe Anteil an Unternehmen (ca. 60%), die sich mit additiver Fertigung beschäftigen. Es wird daher davon ausgegangen, dass sich additive Fertigung bereit in der frühen Wachstumsphase der Technologie befindet.

Die Analyse der Unternehmenslandschaft zeigt, dass der Anteil von klein- und mittelständischen Unternehmen, die sich mit dieser Technologie beschäftigen mit 33% über dem Anteil der Großunternehmen liegt. Es wird daher geschlossen, dass die industrielle Umsetzung der additiven Fertigung zum großen Teil von klein- und mittelständischen Unternehmen getragen und getrieben wird. Die Forschungseinrichtungen mit 38% tragen aktuell einen wesentlichen Anteil an den Aktivitäten der additiven Fertigung in Österreich bei. Die Rolle der Vermittlung und der Verbreitung der Technologie bieten ergänzend dazu Intermediäre, wie Cluster, Wirtschaftskammern und sonstige Unternehmensvertretungen mit einem Anteil von 5%. Reine Ausbildungsorganisation treten noch nicht in Erscheinung, was wieder eher für den Neuheitscharakter der Technologie spricht, da die Wissensinhalte der additiven Fertigung noch nicht ins technische Allgemeinwissen, wie es in der Ausbildung in Schulen, oder Lehre zu finden ist, integriert ist.

Abbildung 17: Zusammensetzung der österreichischen Landschaft im Hinblick auf Institutionen

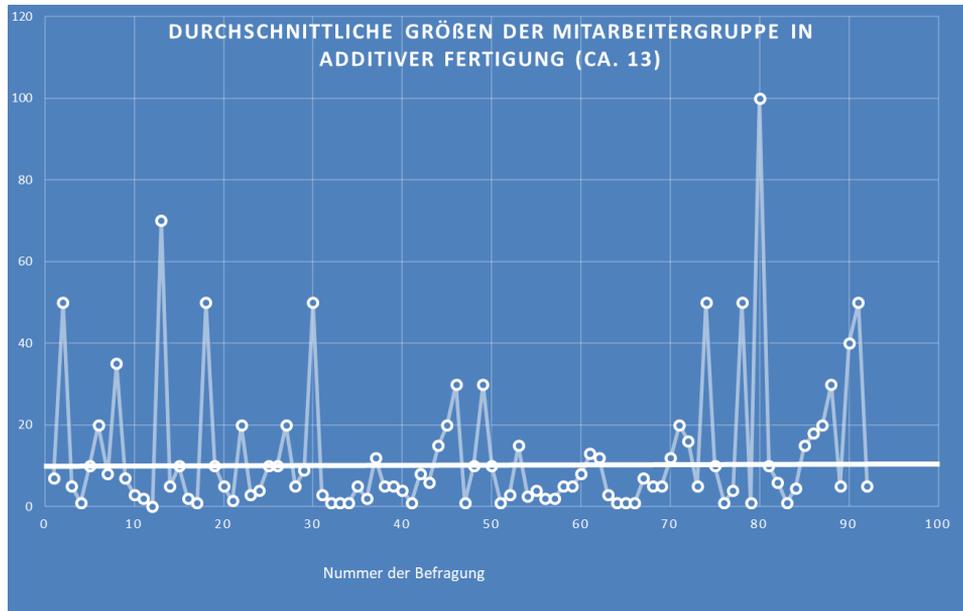


Größe der Arbeitsgruppen

Eine wichtige Aussage im Hinblick auf die aktuelle Struktur, und die zu entwickelnden Maßnahmen zur Stärkung von AM in Österreich gibt die Information über die durchschnittlich wahr genommene Mitarbeitergruppengröße (Abbildung 18). Der durchschnittliche Wert bewegt sich bei ca. 13 Personen. Allerdings verschieben einige wenige sehr große ausschließlich auf AM spezialisierte Unternehmen den Mittelwert nach oben; wie z.B. das Unternehmen EOS, das sich am Fragebogen beteiligte, allerdings nur eine kleine Vertretung in Österreich hat und daher nicht repräsentative ist. Werden Ausreißer dieser Art nicht in die Mittelwert-Berechnung miteinbezogen, reduziert sich die mittlere Gruppengröße deutlich auf unter 10 Personen. Diese Zahlen belegen, dass die Gruppen, die sich mit additiver Fertigung beschäftigen, eher als unterkritisch hinsichtlich ihrer Größe eingestuft werden müssen, bzw. im internationalen Vergleich klein sind.

Positiv sticht allerdings hervor, dass die KMUs mit einer ausgewerteten Gruppengröße von 15 Personen höher liegen als die jene der Großunternehmen (12 Personen) oder die Forschungseinrichtungen mit ca. 13 Personen. Dies lässt den Schluss zu, dass die für additive Fertigung bereit gestellten Humanressourcen sich vorwiegend aus dem Bereich der klein- und mittelständischen Unternehmen rekrutieren.

Abbildung 18: Durchschnittliche Gruppengrößen in der additiven Fertigung.



Branchenorientierung

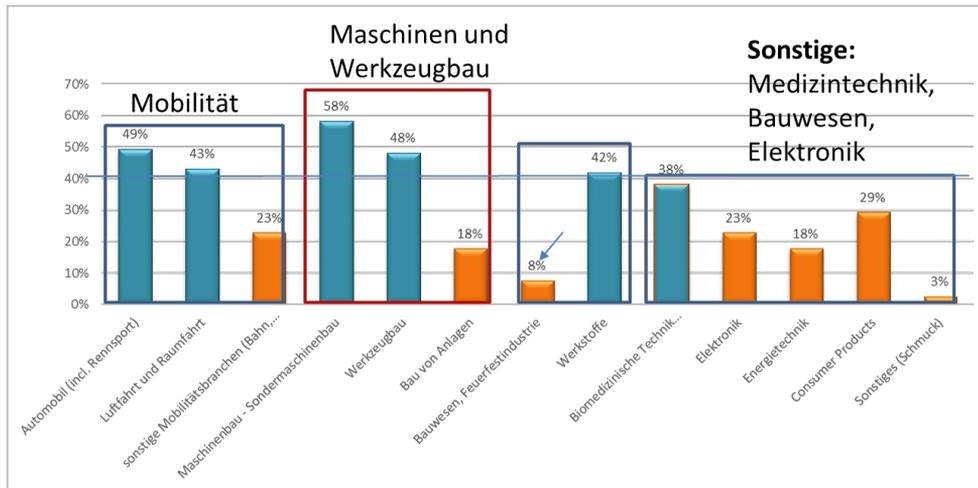
Für die Entwicklung der Roadmap additive Fertigung ist auch wichtig, zu sehen, zu welchen Branchen sich die Akteure in der additiven Fertigung orientieren. Zu den vorgeschlagenen Branchen (Abbildung 19) wie Automobil (Rennsport), Luft- und Raumfahrt, Bahn, Schiffbau, Werkzeug- und Maschinenbau, Bau von Vorrichtungen und Anlagen, Einsatz im Bauwesen und in der Feuerfestindustrie, Werkstoffbereitstellung, biomedizinischen Anwendungen, Elektronik, Consumer Produkts und Schmuckindustrie wurde von den Befragten vereinzelt noch die Herstellung von Anschauungsmustern oder Operations-Lernbehelft speziell im Bereich Medizin genannt. Da der klassische Modell- oder Prototypenbau nicht im Fokus der durchgeführten Roadmap lag, wurden diese Angaben nicht weiterverfolgt.

Ein Clustering der Nennungen zeigt, dass die Beschäftigung von additiver Fertigung in Österreich sich auf folgende drei großen Wirtschaftsbereiche konzentriert:

- Mobilität: Automotiv/Rennsport (49%), Luft- und Raumfahrt (43%);
- Maschinen und Werkzeugbau (Maschinen- und Sondermaschinenbau 58%, Werkzeugbau 48%);
- Bereitstellung von Werkstoffen (50%).

Weiteres ergibt der Fragebogen, dass 38% der Befragenden hohes Interesse an den biomedizinischen Techniken bzw. Anwendungen haben; wohingegen aktuell untergeordnetes Interesse an den Branchen Elektronik (23%), Energietechnik (18%), Consumer Produkt und Schmuckindustrie (32%) besteht.

Abbildung 19: Branchenorientierung der Befragten.



Die detaillierte Auswertung zeigt, dass sich KMUs vorrangig auf die Branchen Mobilität, Maschinen- und Werkzeugbau konzentrieren, wohingegen Forschungseinrichtungen einen Fokus auf die Erforschung und Entwicklung der zur Anwendung kommenden Werkstoffe und die biomedizinischen Technologien legen. Dadurch entsteht eine sehr gute Synergie von Unternehmen, die heute schon anwendungsgetrieben sind und Forschungseinrichtungen, die an Lösungen im Vorfeld arbeiten. Die Großunternehmen zeigen mit Ausnahme der biomedizinischen Techniken in allen abgefragten Branchen gleichmäßiges Interesse.

Eingesetzte Technologien und Materialien

Im Bereich der Technologiefragen wurde auf 2 Hauptthemenkomplexe fokussiert: erstens, welche Verfahren sind für Österreich relevant und zweitens, welche Werkstoffen kommen heute in der additiven Fertigung zum Einsatz.

Im Hinblick auf die Einteilung der Technologien, wurde im Fragebogen die Klassifizierung nach VDMA angewandt, wobei die Befragten zusätzlich die Möglichkeit hatten, eigenen Verfahren zu benennen. Abbildung 20 zeigt das Ergebnis dieses Fragenblocks.

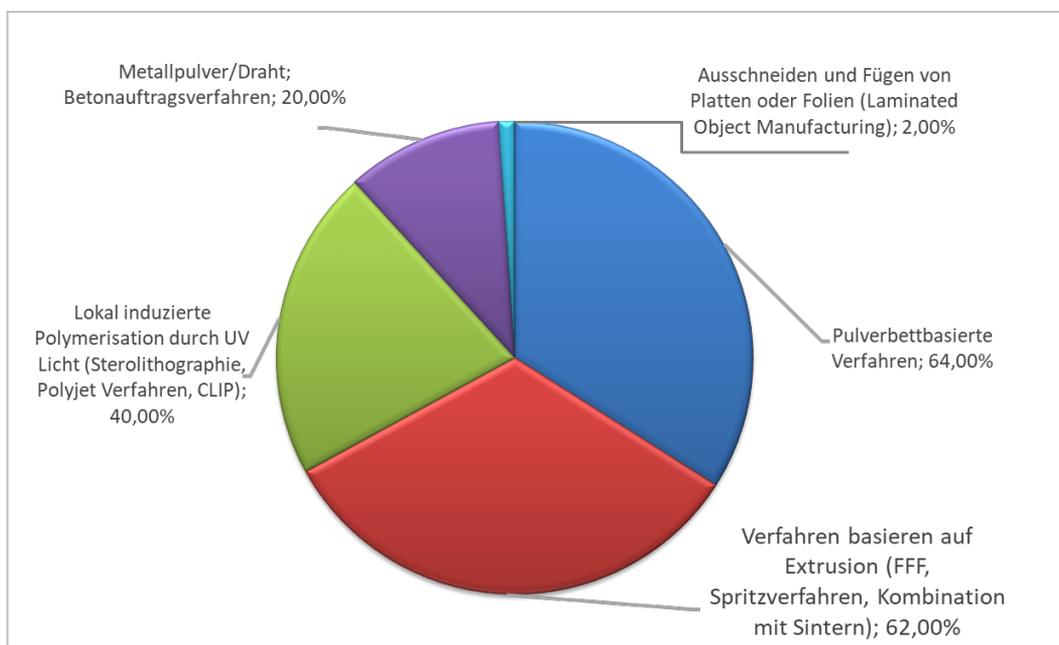
Vorrangig beschäftigt man sich in Österreich mit den sogenannten Pulverbettverfahren (64%). Diese Verfahren zeichnen sich dadurch aus, dass mittels unterschiedliche Energiequellen in einem Pulverbett partielle Bereich aufgeschmolzen und dadurch verdichtet werden, sodass in weiterer Folge schichtweise ein 3D Bauteil entsteht. Typische Energiequellen sind dabei, die eher weit verbreitete Laserstrahlung oder auch vereinzelt die Elektronenstrahlung. Traditionell wurde das Pulverbettverfahren im Bereich der Herstellung von Gestaltnustern eingesetzt, wobei vorrangig Kunststoffpulver zum Einsatz kam. In

Österreich zeigt sich aber aufgrund des bereits hohen Anteils von Metallpulvereinsatz (55%), dass die Fertigung weit über das klassische Prototyping in Richtung industrielle Anwendung hinausgeht, da beim traditionellem 3D Prototypendruck Kunststoffe als Einsatzmaterialien verwendet werden.

Eine ebenfalls weit verbreitete Verfahrensgruppe stellen die Extrusionsverfahren dar. Beim Extrusionsverfahren wird ein Filament, typischerweise aus Kunststoff oder Kunststoffbinder mit hohem Anteil an anderen Füllmaterialien wie Keramik oder Metall schichtweise abgelegt wird, und so der 3D Bauteil aufgebaut wird. Bei Verbundfilament ist zur Finalisierung der Bauteilherstellung ein ergänzender Sinterschritt zum Verdichten erforderlich. Typischer Vertreter dieser Verfahrensgruppe ist das Filament Fused Fabrication Verfahren. Dieses Verfahren, das eine breite Palette an Werkstoffkombinationen erlaubt, findet mit 62% ebenfalls eine hohe Verbreitung.

Dritt gereichte Gruppe der Verfahren mit 40% Verbreitung sind jene Typen, wo durch Licht induzierte lokale Polymerisation stattfindet, dazu gehören Verfahren wie Stereolithographie oder Polyjet Printing.

Abbildung 20: Vorrangig eingesetzte Fertigungstechnologien der additiven Fertigung.



Daneben gibt es AM Technologien, die schon lange als Reparaturverfahren bekannt sind, allerdings erst seit kurzem in den Fokus der additiven Fertigung gerückt sind. Dazuzählen der Fused Deposition Process, wo durch Ablagern von Metallschmelzen ausgehend von Draht

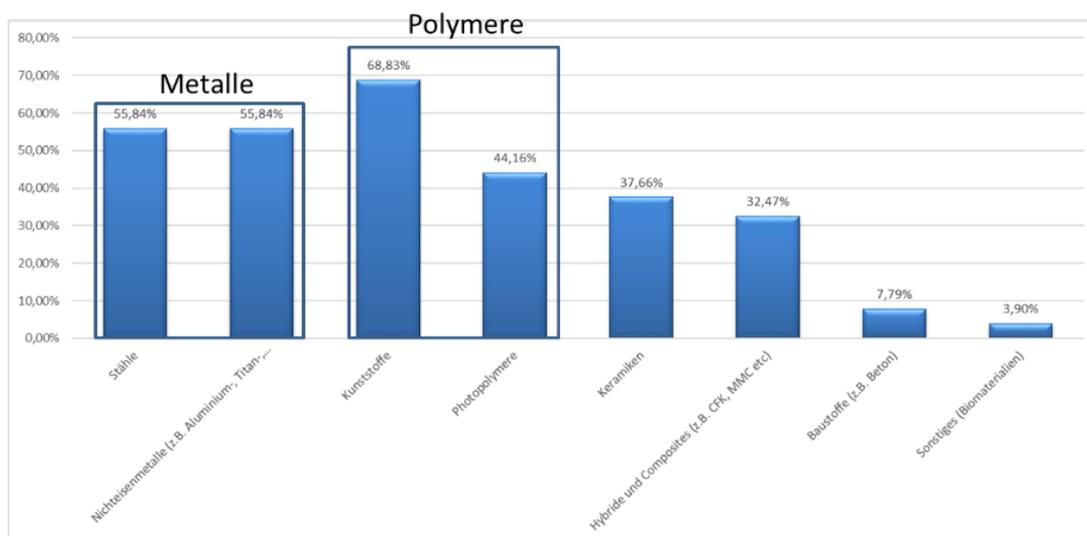
oder auch Pulver 3D Teile aufgebaut werden. Heute werden für diese Verfahren Laserquellen oder konventionellen Schweißtechnologie eingesetzt.

Grundsätzlich geben fast alle Befragten an, dass sie mindestens 2 unterschiedliche Fertigungsverfahren aus der Gruppe der additiven Fertigungsverfahren einsetzen. Die Analyse zeigt weiters, dass Großunternehmen sich vorrangig auf Pulverbettverfahren (70%) konzentrieren und auch die größte Aktivität für diese Technologie bei den Forschungseinrichtungen besteht. Die FFF Verfahren und die Verfahren, die mit lokaler Lichtinduktion arbeiten, sind eher bei KMU vertreten. Der Anteil der Befragten aus Forschungseinrichtung, die sich mit diesen Verfahren beschäftigen, ist ebenfalls hoch.

Eingesetzte Werkstoffe

Die heute Großteils in der additiven Fertigung eingesetzten Werkstoffe sind Metalle und Kunststoffe. Bei den Metallen konzentriert sich der Einsatz zu gleichen Teilen auf Stähle und auf Leichtmetalle (Al-Legierungen oder Titanlegierungen). Die Beschäftigung mit Kunststoffen liegt heute tendenziell noch vor der mit metallischen Werkstoffen, da ca. 70% der Befragten angeben, sich mit dieser Werkstoffgruppe zu beschäftigen. Bei den Kunststoffen ist der Anteil des Interesses an Photopolymeren ebenfalls mit nahezu 45% sehr groß. Werkstoffe, wie Keramiken oder hybride Werkstoffsysteme liegen mit ca. 35% noch hinter den metallischen Werkstoffen bzw. den Kunststoffen zurück. Deutlich weniger ausgeprägt ist die Beschäftigung mit Materialien, wie Beton oder Biomaterialien.

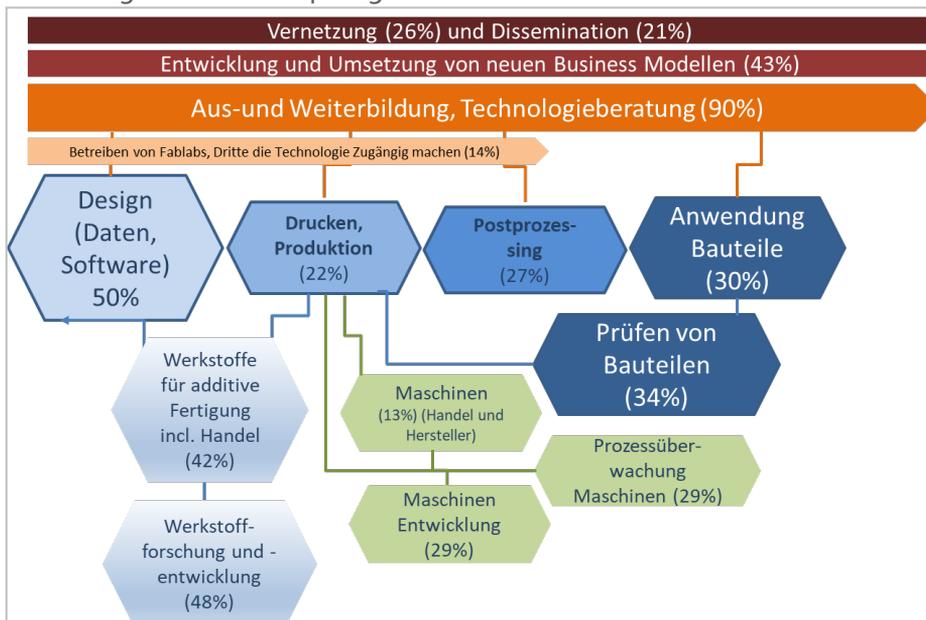
Abbildung 21. Werkstoffe die relevant sind für AF in Austria.



Wertschöpfungsnetzwerk und Aktivitäten

Um die Entwicklungspotenziale, die mit der Roadmap additive Fertigung verbunden sind, aufzuzeigen, war es Ziel des Fragebogens eine Landkarte der in Österreich bestehenden Wertschöpfungskette zu erarbeiten und sich mit den Aktivitäten der österreichischen AM Akteure zu beschäftigen. Dazu wurden die Aktivitäten der am Fragebogen Mitwirkenden abgefragt. Die Rückmeldungen über die Tätigkeiten wurden ausgewertet und graphisch in einer Wertschöpfungslandkarte dargestellt (Abbildung 22). Die Größe der Felder stellen in etwa die Intensität der Aktivitäten dar. (Indikator dafür ist die prozentuale Angabe der Befragten, dass sie diese Tätigkeiten ausführen.)

Abbildung 22. Wertschöpfungsnetzwerk der österreichischen AM Community.



Die Abfolge von Design über Produktion/Drucken, Postprocessing und Anwendung stellt im Grunde die Prozesskette für additiv gefertigte Produkte von der Entstehung (digitales Design) bis hin zur Anwendung dar. An diese Prozesskette angelagert, sind die Wertschöpfungsketten für Werkstoffe (Erforschung – Bereitstellung – Handel), die Wertschöpfungsketten Maschinen (Entwicklung, Bau, Handel und Prozessüberwachung) bzw. das Wertschöpfungselement „Prüfen von Bauteilen“. Daneben gibt es eine Reihe von Querschnittsaktivitäten, diese sind im oberen Bildbereich dargestellt, um zu zeigen, dass sie sich über die das gesamte Netzwerk hinziehen. Grundsätzlich ist zu sehen, dass alle Felder im genannten Wertschöpfungsnetzwerk von österreichischen Akteuren besetzt sind, wenn gleich einige in ihrer Intensität hervorstechen.

Aus der Landkarte kann man sehen, dass viele der Befragten im Bereich des Designs und der konstruktiven Auslegung von Produkten aktiv sind. Das „Bauen“ der Bauteile ist aktuell eher

gering im Vergleich zu den anderen Aktivitäten. In einem vergleichbaren Intensitätsniveau liegt dementsprechend auch das Postprocessing der produzierten Teile. Tendenziell besteht wieder größeres Interesse AM gefertigte Teile anzuwenden, denn sie zu drucken.

Absolute größte Aktivitäten bildet die Erforschung und Bereitstellung von Materialien, gefolgt von der gesamten Gruppe Entwicklung und Bereitstellung von Maschinen für additive Fertigung inkl. der Bereitstellung von Systemen für die Überwachung des Druckprozesses.

Im Bereich des Wissenstransfers zeigen die Befragten auch eine hohe äußerst hohe Aktivität. Die Vermittlung von Wissen in Form von Ausbildung oder auch Beratung nimmt die höchste Aktivitätsstufe unter den genannten Aktivitäten ein.

Service und Produktionscharakter, Businessmodell

Aktuell zeigen Prozessschritte, wie Design, Wissensvermittlung große Aktivität in Österreich. Die Tätigkeiten sind den Dienstleistungen in der additiven Fertigung zuzuordnen. Im Bereich der produktionsorientierten Themen finden sich Werkstoffe und Maschinen bzw. Technologieentwicklungen oder auch die Anwendung von AM Bauteilen. Der Anteil der Befragten, die sich als reine Lohnfertiger sehen, liegt bei 20%. Grundsätzlich zeigt die hohe Aktivität im Bereich der Beschäftigung mit neuen Businessmodelle auch, dass additive Fertigung aktuell in Richtung Umsetzung von neuen Geschäftsideen durch additive Fertigung und Steigerung der Innovationskraft zeigt.

Fablabs

Der freie Zugang zu Infrastruktur, wie er in Fablabs oder Innovationslabs geboten wird, um sich mit der Technologie, einzelnen Verfahrenstypen oder auch Anlagentechnologien vertraut zu machen, ist eher schwach ausgeprägt.

Ausrichtung auf Märkte

Der Fragebogen geht auch darauf ein, auf welchen Märkten sich die Institutionen bewegen bzw. über welche Kooperationsnetzwerke sie verfügen. Grundsätzlich ist die Einschätzung über die starke Vernetzung mit anderen Institutionen (mit ca. 60%) als hoch zu bewerten.

Weiters geht eindeutig aus dem Fragebogen hervor, dass die innerösterreichische Kooperation sowohl von Unternehmen mit Forschungseinrichtungen bzw. Forschungseinrichtungen mit Forschungseinrichtungen grundsätzlich hoch ist. Allerdings zeigt die Befragung auch, dass die Ausrichtung auf internationale Aktivitäten, sowohl in

Richtung EU (60%) oder auch auf den globalen Markt (40%), heute schon sehr hoch sind. Aktuell wird bereits ein Exportanteil von 40% abgeschätzt.

Innovationskraft

Um die Innovationsausrichtung der österreichischen Unternehmen in AM zu bewerten, wurde hinterfragt, ob die Unternehmen eigene Entwicklungen vorantreiben bzw. mit welcher strategischen Ausrichtung. Das Hauptanliegen der Befragten besteht darin, Fragestellung in Zusammenhang mit AM zu beantworten (ca. 70%), was für eine hohe Bedeutung von Forschung und Entwicklung zur Weiterentwicklung einer wissensintensiven Technologie spricht. 60% der Befragten stellen die Auseinandersetzung mit der Entwicklung von neuen Produkten und Technologien im Hinblick auf die bestehende Produktpalette in den Vordergrund; und 40% streben an, neue Geschäftsmodelle umzusetzen. Lediglich 20% der Institutionen im Bereich AM sehen ihre Ausrichtung darin, Ansätze ihrer Mitbewerber zu duplizieren bzw. keine strategische Entwicklung voranzutreiben.

Ausbildungsbedarf

Die Befragung zeigt, dass 70% der Befragten einen hohen Bedarf an gut ausgebildeten Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen im Bereich AM für die nächsten 10 Jahre sehen. Nachgefragt, so die Auswertung werden eher Spezialisierungen in AM. Die Verfügbarkeit von qualifizierten Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen verschlechtert sich in der Zukunft, da durch einen sehr hohen Bedarf einem geringen Ausbildungsangebot gegenübersteht. Lediglich 4% der Befragten zeigen sich mit den angebotenen Programmen zufrieden.

Von Seiten der Ausbildungsanbieter wird der Bedarf gleich eingeschätzt. Aktuell ist das Angebot für Programme mit Inhalten zu den Themen Verfahren, Materialien, Konstruktion und Gestaltung gleich verteilt, etwas schwach repräsentiert sind Schulungen zur Anwendung von spezifischer Software für AM.

Stärkefelder, Spezialisierung und Profilbildung

Im Rahmen des Roadmap Prozesses wurde sehr oft hinterfragt, wo die Stärkefelder von Österreich in der additiven Fertigung liegen, oder es wurde von den Mitwirkenden gefordert die Spezialisierung und Profilbildung herauszuarbeiten. Aufgrund der nachfolgenden Stärkefeldermaps ist ersichtlich, dass Österreich nicht ein scharfes Profil hat oder die Spezialisierung auf wenige Themen eingengt ist, sondern dass unsere Stärke in der Diversität und Breite liegen, was auch erforderlich ist, um die additive Fertigung erfolgreich weiter zu entwickeln und zu vermarkten. Wichtiger ist es, auf Themen in AM aufzusetzen, wo

Österreich heute hohe Kompetenz hat und auch Entwicklungspotenzial besteht. Um die Themen abzurunden, muss man es zulassen, sich mit anderen nationalen aber auch internationalen Partner zu vernetzen und zu kooperieren. Dieser Ansatz sollte sich natürlich in den Maßnahmen wiederfinden. Die folgenden Graphiken zeigen die Zusammenhänge zwischen Verfahren und der bestehenden Ressourcen (Forschungseinrichtungen, Unternehmen, Wissen) in den jeweiligen Positionen der Wertschöpfungskette, den Zusammenhang zwischen den heute vorrangig eingesetzten Verfahren und Anwendungsbranchen, den Zusammenhang zwischen AM Technologie und Materialien.

Stärkefeldmatrix Verfahren und Ressourcen der wertschöpfenden Prozesse

Tabelle 4 Stärkefeldmatrix Verfahren.

AM Produktionstechnologie und wertschöpfende Prozesse	Design	Materialien	Anlagenbau	Prozesswissen, Postprocessing	Anwendungen
Pulverbettverfahren mit Metallen	++ (F, U)	+++ (F, U, W)	+ (U)	+++ (F,U,W)	+ (U)
Pulverbettverfahren mit Kunststoffen	++ (U, W)			+ (U)	+ (U)
Verfahren, die auf Extrusion basieren (FFF mit und ohne geschlossenem Sinterprozess)	++ (F, U)	+++ (F,U,W)	+++ (F, U, W)	+++ (F, U, W)	+++ (F,U,W)
Lokal induzierte Polymerisation durch UV	+++ (F, U,W)	+++ (F, U,W)	+++ (F, U,W)	+++ (F, U,W)	++ (U,W)
Auftragen von 3D Strukturen mittels Metalldraht, Pulver unter Ausnutzung von Hochenergiequellen (Plasma, Laser)	+ (U)	+++ (F, U, W)	+++ (F, U, W)	+++ (F, U, W)	+ (U)
Klassifikation: pro zutreffendem Feld wird ein Cross vergeben	Forschungseinrichtungen (F), Unternehmen (U), Wissen oder Expertise (U)				

Quelle: eigene Auswertung aus der Befragung.

Stärkefeldmatrix AM Fertigungsverfahren und mögliche Anwendungsfelder (Branchen)

Tabelle 5 Stärkefeldmatrix Fertigungsverfahren.

AM Produktionstechnologie und Anwendungsfelder	Auto- mobil (incl. Elektr onik)	Luftfahrt /Raumfa hrt	Maschin enbau und Sonder- maschin enbau	Medizin- technik (incl. Implantate, Lernbehelfe)	Bauwesen (Architekt ur)
Pulverbettverfahren mit Metallen (Fe-Basis – Stahl, Sonderstählen, NE Metalle (Ti, Al, Ni Basis Legierungen))	+++	++++	++++	++++	++
Pulverbettverfahren Kunststoffe (heute vorrangig Gestaltsprototypenbau, Funktionsprototypenbau)	++	++	++	+++	+++
Verfahren, die auf Extrusion basieren (FFF mit und ohne angeschlossenem Sinterprozess)	+++	++	++++	+++	++
Lokal induzierte Polymerisation durch UV	+++	++++	++++	++++	
Auftragen von 3D Strukturen mittels Metalldraht, Pulver unter Ausnutzung von Hochenergiequellen (Plasma, Laser)	++	++++	+++	++	+
Klassifikation der Kopplung	++++ sehr hohe Interaktion (Einsatz, Bauteiloption), +++ hohe Interaktion, ++ Interaktion, + Interaktion (neue Produkte möglich)				

Quelle: eigene Auswertung aus der Befragung.

AM Fertigungsverfahren und Materialien (incl. Form)

Tabelle 6 Fertigungsverfahren und Materialien.

AM Produktionstechnologie und Materialien	Metall Pulver (Fe- Basis, NE Metalle)	Metall Draht (Fe- Basis, NE Metalle)	Kunst- stoff Pulver oder Granulat	Kunst- stoffe Harze/ Photo- polymer	Keramik	Ver- bunde/ Hybride aus den anderen Gruppen
Pulverbettverfahren	+++		+++		+	++
Verfahren, die auf Extrusion basieren (FFF mit und ohne angeschlossenem Sinterprozess)	+++		+++		+++	+++
Lokal induzierte Polymerisation durch UV	+++		+++	+++	+++	+++
Auftragen von 3D Strukturen mittels Metalldraht, Pulver unter Ausnutzung von Hochenergiequellen (Plasma, Laser)	+++	+++				++
Klassifizierung der Verwendbarkeit von Materialien für Verfahren	+++ sehr hohe Einsatzmöglichkeit		++ hohe Einsatzmöglichkeit		+ geringe Verwendbarkeit	

Quelle: eigene Auswertung aus der Befragung.

Entwicklungspotenziale

Im Zuge des Fragebogens wurden auch die aktuellen Schwächen von additiver Fertigung hinterfragt, bzw. von diesen können schon erste erforderliche Entwicklungspotenziale im Sinne der Roadmap abgeleitet werden.

Die folgende Tabelle zeigt die Schwächen auf, dem gegenüber können schon erste einfache Handlungsempfehlungen abgeleitet werden.

Tabelle 7 Schwächen und Handlungsempfehlungen

Schwächen	Antworten	Handlungsempfehlung
Es gibt kaum erfolgreiche Anwendungen	12,20%	Wissen über Anwendungen stärken, Demonstratoren bereitstellen
Wir verfügen nicht über ausreichend wettbewerbsfähige Verfahren und Bauteilherstellung	20,73%	Verfahren effizienter und wettbewerbsfähiger entwickeln und bereitstellen
Österreich hat schon einen hohen Standard im Bereich der additiven Fertigung.	26,83%	Wissen, Technologien, Service ausbauen, Unternehmen gründen
Die Qualität der gedruckten Bauteile ist nicht entsprechend.	28,05%	Aufbau von mehr Prozessverständnis, Zusammenhang von Druckparameter und Bauteileigenschaften, Stärkung der Kompetenz Design von AM gerechten Bauteilen
Die Investitionen in additive Fertigung sind nicht ausreichend.	31,71%	Stärkung der Investitionskraft, Anbieten von Zentren zum Ausprobieren von Technologien und Maschinen
Die Technologien der additiven Fertigung haben noch einen zu geringen Reifegrad.	34,15%	Forschung und Entwicklung zum Aufbau von Wissen initiieren und durchführen
Die Kosten für additive Fertigung sind zu hoch.	41,46%	Denken in der Wertschöpfungskette erhöhen, „added value“ Ansätze in der Produktentwicklung, nicht nur Kostenreduktion in Teilschritten der Prozesskette sehen
Es fehlen die erforderlichen Werkstoffe.	45,12%	Werkstoffforschung und Entwicklung forcieren, Überführen von Werkstoffentwicklungen in AM marktreife Produkte
Die Märkte für additive Fertigung sind noch nicht entwickelt.	50,00%	Konzentration auf Nischen, Vorantreiben der Marktposition von österreichischen Unternehmen

Die Kenntnisse über Konstruktion und Design sind noch nicht ausreichend.

64,63% Umdenken bei Konstrukteuren fördern, Integration von Lehrinhalten in Ausbildung

Quelle: eigene Auswertung aus der Befragung.

Im Zuge der Befragung wurden auch schon Potenziale genannt, die die österreichische Strategie in der Entwicklung der additiven Fertigung weiter entwickeln helfen können:

- AF Austria zeichnet sich durch hohe Forschungskompetenz aus und verfügt über hohe Kreativität.
- Österreichische Unternehmen haben eine gute Chance sich erfolgreich in Spezialmärkten zu positionieren.
- Österreich verfügt über Humanressourcen mit der hohen Kompetenz.

Zusammenfassend kann aus dem Fragebogen eine Einschätzung der weiteren Schritte im Sinne der Roadmap vorgeschlagene werden.

Tabelle 8 Empfehlungen aus der Befragung.

Aussage	Ableitung genereller Aussagen
Forschungseinrichtungen, KMU und GU sind tendenziell in gleicher Größenordnung in AM involviert, KMU liegen leicht vorne	Themenbreite und Bedarf an Wissen von TLR 1 bis TLR 7 im Bereich AM, kooperative und gemeinsame Entwicklung von F&E Einrichtungen und Unternehmen scheinen hohes Potenzial zu haben
regionale Unterschiede in der Verbreitung von AM	Erhöhung der Wissensdiffusion in den Branchen und Regionen, Vermittlung von Wissen über AM auch bei Unternehmen, die sich auf konventionelle Technologien konzentrieren, Adaption von Wissen
Gruppengrößen in den jeweiligen Institutionen unterkritisch	Vernetzung und Kooperation stärken, sodass wahrnehmbare überkritische Einheiten entstehen, bilden von Kristallisationspunkten für Vernetzung (gemeinsame Projekte, gemeinsam Infrastruktur)
KMU sind stark in Leitbranchen involviert, haben mehr Humanressourcen im Thema AM und besitzen schon langjährige Expertise	Stärken der KMUs, Entwickeln von Programmen für die Weiterentwicklung von AM mit Fokus auf KMU
Technologien – Pulverbettverfahren, Extrusionsverfahren, lichtbasierte Verfahren	Spezialisierung auf diese Verfahren, damit zusammenhängende Themen innerhalb des Wertschöpfungsnetzwerkes weiter entwickelt werden können
Materialieneinsatz und Aktivitäten	Die Materialweiterentwicklung vorantreiben, Erfolgsfaktoren hohe Kompetenz und Aktivität in Österreich, hohes

	Exportpotenzial für Materialien, Umsetzung in kommerzielle Produkte vorantreiben.
Internationale Ausrichtung	Stärkung von globaler Marktaktivität bzw. internationale Ausrichtung und Positionierung, F&E: Programme sollen Beteiligung und Förderung von int. Partner zulassen, wo Nutzen für österreichische Volkswirtschaft entsteht
Innovationskraft stärken	F&E Umsetzen, Maßnahmen zur durchgehenden Förderkette entwickeln, Wissens- und Technologietransfer, Anwendungs- und Produktorientierung, Unternehmertum fördern, Unternehmensgründungen basierend auf F&E Erkenntnissen stärken
Wissensaufbau und Vermittlung	Forschungsinitiative von grundlegenden Fragestellungen bis zu anwendungsrelevanten Themen starten, gekoppelt mit einem starken Wissenstransferansatz und Disseminationsaktivitäten (Open Innovation Culture fördern)
Ausbildungsprogramm	Kurz-, Langzeitausbildungsprogramm anbieten, ansprechen von unterschiedlichen Zielgruppen (Lehre, HTL Ausbildung, akademische Ausbildung, berufsbegleitende Ausbildung)
Wertschöpfungsnetzwerk der additiven Fertigung	Denken über die Wertschöpfungskette hinweg, Lösungen in der Gesamtheit des Netzwerks anbieten, keine Punktlösungen, Zielerreichung durch interdisziplinäre Aktivitäten und Vernetzung, Konzentration auf Stärkebereiche von Österreich
Produktion und Service	Vorantreiben von Entwicklungen in Bereich der Produktion, aber auch technologiegetrieben Dienstleistungen entwickeln.

Quelle: eigene Auswertung aus der Befragung.

Roadmapworkshops

Profil und Teilnehmerorganisationen der Workshops

An den vier Workshops, die an den vier verschiedenen Standorten Innsbruck, Leoben, Wien und Linz stattgefunden haben, waren Universitäten und Forschungseinrichtungen, Unternehmen und intermediäre und die öffentliche Hand vertreten.

Universitäten, Fachhochschulen und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen	Unternehmen	Intermediäre, öffentliche Hand
AIT (W, OÖ)	AMP-Powder (Ktn)	BIZ (Mechatronik Cluster, Kunststoffcluster) (OÖ)
ASMET (Stmk)	Babka Konsult (NÖ)	BMVIT (A, mit Sitz in Wien)
CEST (NÖ)	CUBICURE (W)	Ecoplus (Kunststoffcluster, MC) – (NÖ)
FH Joanneum (Stmk)	Doka (NÖ)	IV Tirol (T)
FH Wels Campus (OÖ)	EOS	Standortagentur Tirol (T)
FH Campus Wien (W)	GE Jenbacher (T)	Upper Austrian Research (OÖ)
Fotec (NÖ)	Hage 3D (Stmk)	WKO – FV Bergbau Stahl (A mit Sitz in Wien)
JKU Linz (OÖ)	High Tech Metal (Stmk)	WKO-NÖ (NÖ)
Joanneum Research (Stmk)	Hirtenberger Engineering Surfaces (NÖ)	
Med.Uni. Innsbruck (T)	Innovationsoptimierung (mit gleichzeitiger Vertretung von SBI) (NÖ)	
Montanuniversität (Stmk)	IMR (Ktn)	
New Design University St. Pölten (NÖ)	In-vision (NÖ)	
Profactor (OÖ)	Inteco (Stmk)	
Recent – Reserach Center for Non-Destructive Testing (OÖ)	Jost-constult (W)	
TU Graz (Stmk)	Kerkoc (W)	
TU Wien (W)	ktm-technologies (OÖ)	
Universität Innsbruck (Tirol)	Lithoz (W)	
	Magna Steyr (Stmk)	
	M&H (Stmk)	
	Metallwerk Plansee (T)	
	Oberhummer Klaus und Partner (OÖ)	
	Pankl Racing Systems (Stmk)	
	Payer Group (Stmk)	
	Prime aerostructures (NÖ)	
	Primemetals Technology (OÖ)	
	ProToTech (Vbg)	
	RHI Magnesita (Stmk)	
	RPD (Stmk)	
	STEKA (T)	
	Swarovski Wattens (T)	
	Trumpf Maschinen Austria (OÖ)	
	voest alpine (W, Stmk)	
	voest additive manufacturing Düsseldorf	
	WESTCAM (T)	

Wild GmbH (Ktn) ZERN.AT (Sbg) 3D Hechenberger(OÖ) 3.Druck.com 3YOURMIND (W)

Regionalität der Akteure

Schlüsse über die regionale Verteilung der AM Akteure und Institutionen können aufgrund der Zusammensetzung der Teilnehmenden bei den Roadmap-Workshops bzw. aus dem erstellten Einladungsliste gezogen werden. Im Hinblick auf die regionale österreichische Verteilung der Aktivitäten in der additiven Fertigung kann folgendes festgestellt werden:

Vom Wiener Raum über Niederösterreich, Steiermark und Oberösterreich sind starke Aktivitäten sowohl hinsichtlich Forschung als auch Unternehmensaktivitäten in der additiven Fertigung zu sehen. Im Richtung Süd-Westösterreich flacht die Anzahl der Akteure tendenziell ab, wobei tendenziell Großunternehmen im Raum Kärnten und Tirol für additive Fertigung interessieren. Bestehende Forschungseinrichtungen, so z.B. die Universität Innsbruck kooperieren vorrangig mit ihren regionalen Unternehmen.

In Vorarlberg ändert sich dieses Bild vollends; die Landschaft der additiven Fertigung in Vorarlberg ist vorrangig von einer Vielzahl von mittelständischen Unternehmen geprägt, die über hohe Kompetenz verfügen und langjährige Tätigkeit im Bereich der additiven Fertigung oder auch des 3D Printing vorweisen.

Einzelne internationalen Großunternehmen im Bereich additive Fertigung haben Handelsniederlassungen in Österreich.

Die visualisierte Roadmap

Zur Visualisierung der Roadmap dienten die vier Workshops zu neun Gruppen insgesamt. Die neun Gruppenergebnisse wurden dann zusammengetragen, konsolidiert und mit dem Beratungsausschuss begutachtet und adaptiert.

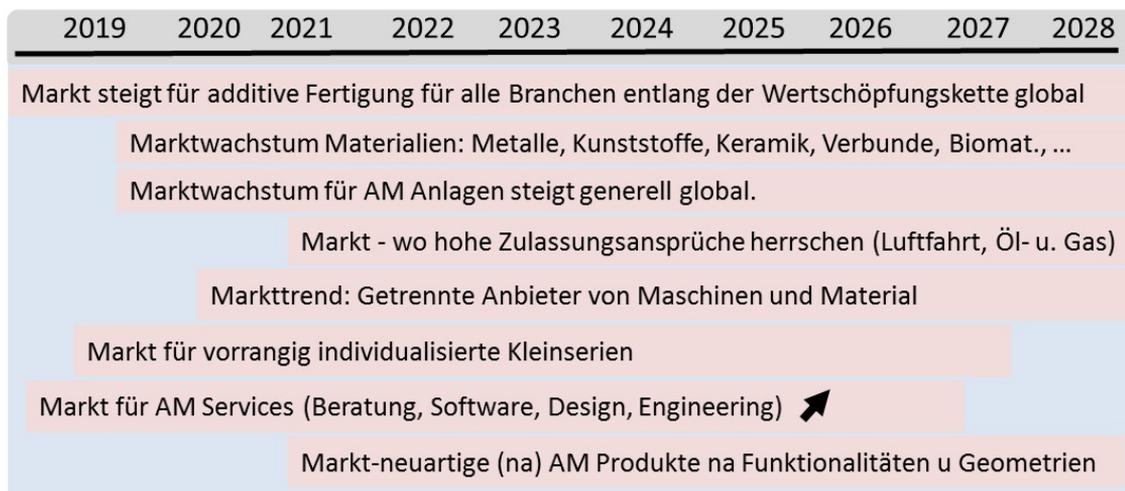
Markt

„Wo treffen Anbieter und Nachfrager im Bereich AM in den nächsten 10 – 12 Jahren zusammen?“, diese Frage sollte die Workshopteilnehmer für die Erarbeitung des Marktes für additive Fertigung Österreich leiten.

Markt allgemein

Die Technologien entlang der Wertschöpfungskette bzw. der Wertschöpfungsnetze der additiven Fertigung, angefangen von der Materialentwicklung in den verschiedenen Materialursprüngen wie Eisenmetalle, Nichteisenmetalle und deren Legierungen, in den verschiedenen Polymeren und Keramiken bis hin zu Baustoffen, dann die verschiedenen Drucktechnologien, das Design und das Datenmanagement für die Geometrien der Produkte, die Vor- und Nachprozesse bis zu neuen Dienstleistungen bieten viele neue Märkte.

Abbildung 23: allgemeine Einschätzung des Marktes für additive Fertigung.



Quelle: Eigene Darstellung der Autoren – konsolidiert aus den vier Workshops.

Jede Arbeitsgruppe der Roadmapworkshops beschäftigte sich in der ersten Phase mit einer Abschätzung der Marktentwicklung. Die erhaltenen Aussagen wurden auf Konsistenz geprüft, geclustert und zusammengefasst. Grundsätzliche Aussagen sind:

Alle Mitwirkenden gehen von einem generellen Marktwachstum der additiven Fertigung in den nächsten 10 Jahren aus, dieses wird allerdings global gesehen und erfordert auch globales Handeln und internationale Aktivitäten. Aufgrund der Breite der additiven Fertigung wird prognostiziert, dass die additive Fertigung sich in allen bekannten Branchen weiter entwickeln wird. Besonders hervorgehoben wurde, dass sich die additive Fertigung langfristig eher in Anwendungen durchsetzen wird, die dem Hochpreissegment zuzuordnen sind, die Bauteile fertigt, die nicht durch die klassische subtraktive Produktion besser, schneller, kostengünstiger hergestellt werden kann, z.B. auch für komplizierte Bauteile, die in der herkömmlichen Fertigung viele Schritte der Subtraktion und viele Schritte des Zusammenfügens braucht. Additive Fertigung hat ihre Zukunft auch dort, wo hohe Erfordernisse der Produkte hinsichtlich Qualität, Qualifizierung und Zertifizierung notwendig sind und dementsprechend Wertschöpfung erzeugt werden kann. Allgemein wird von der Annahme ausgegangen, dass die additive Fertigung im industriellen Bereiche in den nächsten 25 Jahren eher durch den Kleinserienmarkt bestimmen wird.

Das Marktwachstum gilt nicht nur der produzierenden additiven Fertigung, sondern allen Bereichen der Wertschöpfungskette, so wurde besonderes der Bereiche Werkstoffe und Bau von Anlagen zur additiven Fertigung hervorgehoben. Allgemein wird den technologischen Dienstleistungen von Design bis technologische Beratung oder auch technische Services in Zusammenhang mit der additiven Fertigung eine hohe Marktrelevanz zugeschrieben.

Die heute oft bestehende Anbietersituation, dass Hersteller von additiven Fertigungsanlagen gleichzeitig als Materialanbieter auftreten, sollte sich in den nächsten 3-5 Jahren ändern, sodass eine Liberalisierung an Materialzulieferern am Markt eintritt und neue entwickelte Werkstoffe rascher und breiter angeboten werden können. Grundsätzlich werden neue Produktgenerationen in größerem Umfang erst nach 2022 erwartet, die die Möglichkeiten der additiven Fertigung hinsichtlich neuartiger Produktgestaltung oder auch Funktionalitäten voll ausschöpfen.

Marktentwicklung in einzelnen Branchen

Die Marktentwicklung in einzelnen Branchen wurde wie folgt eingeschätzt.

Markt zu Mobilität

Die Marktaussichten für den Einsatz von additiver Fertigung in den Mobilitätbranchen, wie Automobil, Raumfahrt und Luftfahrt, werden generell als gut eingestuft. Entscheidend für die Anwendung von additiver Fertigung werden die geforderte Stückzahl und die Preisgestaltung der Endprodukte gesehen. So wird generell die Anwendung von additiver Fertigung in der Luftfahrt oder Raumfahrt positiver eingeschätzt, als in die Serienproduktion Automobil. Für diesen Bereich wird die additive Fertigung voraussichtlich eher Formen- oder Vorrichtungsbau, bzw. zur Ersatzteilmontage zum Einsatz gelangen, so die Einschätzung der Workshopteilnehmer.

Abbildung 24: Marktentwicklung in Bereich Mobilität.



Quelle: Eigene Darstellung der Autoren – konsolidiert aus den vier Workshops.

Marktentwicklung für Prototypenbau, Werkzeug- und Vorrichtungsbau

Die Anwendung von additiver Fertigung zur Herstellung von Gestaltprototypen ist schon lange bekannt. Die Anwendung von additiver Fertigung wird sich in Zukunft in Richtung Funktionsprototypen verschieben, wobei sich der Schwerpunkt in Richtung von Bauteilen für industrielle Anwendungen verschieben wird. In diesen Bereich fällt auch die Fertigung von Einzelstücken oder Kleinserien.

Abbildung 25: Marktentwicklung in Bereich Vorrichtungs- und Werkzeugbau.



Quelle: Eigene Darstellung der Autoren – konsolidiert aus den vier Workshops.

Vorrichtungs- und Werkzeugbau

Die Anwendung von additiver Fertigung oder 3D gedruckten Teilen aus Kunststoffen für Vorrichtungen findet schon Anwendung in den Unternehmen. Wissen besteht auch schon in der additiven Fertigung von Werkzeugen. Durch die additive Fertigung können Spezialwerkzeuge zu günstigeren Produktionskosten realisiert werden, wie bei der konventionellen Werkzeugfertigung. Dadurch gelingt es, die Stückkosten, wie zum Beispiel in der Teileherstellung mit Spritzguss attraktiver zu gestalten. Einhellig wurde von allen Arbeitsgruppen der Workshops diese Marktentwicklung als positiv gesehen.

Vorerst wird die Produktion von Werkzeugen mit annähernder herkömmlicher Gestalt und Funktionalität für die additive Fertigung interessant. Die Marktentwicklung in diese Richtung wird schon als laufend eingeschätzt. Schrittweise finden neue Gestaltung, wie z.B. Werkzeuge mit neuartigem bionischem Kühlsystem Einzug in die additive Produktion von Werkzeugen. Werkzeuge dieser Bauweisen werden ab 2020 erwartet. In einem dritten Marktentwicklungsschritt wird gesehen, dass im Bereich Werkzeuge sowohl neue Gestaltung als auch neue Werkstoffe bzw. Werkstoffkombinationen zum Einsatz kommen werden. Erste Produkte mit Marktreife werden ab 2023 erwartet.

Medizintechnik

Die Medizintechnik ist ein ausgezeichneter Markt für Produkte der additiven Fertigung. Krankenhäuser und Ärzte sowie die Krankenversicherungen bilden dafür einen wichtigen Markt. Auch wenn die Kosten für einen Patienten in Österreich bis auf 6000 EURO belaufen, ist dieser Markt für Zahnregulierungstechnologie bereits gut entwickelt. Darüber hinaus wird der Markt für biokompatible Materialien und weitere Entwicklungen für Implantate und für die Orthopädie hoch eingeschätzt.

Abbildung 26: Markt für Medizintechnik.



Quelle: Eigene Darstellung der Autoren – konsolidiert aus den vier Workshops.

Markt für sonstige Branchen

Weitere Märkte für andere Branchen sind der Sondermaschinen und Sonderanlagenbau, die Reparatur und Instandhaltung und die Bauwirtschaft. In ein paar Jahren, ca. 2022, wird auch der Druck von Elektronik, Sensoren, Aktoren und weiteren elektronischen Devices vermehrt möglich sein und neue Märkte eröffnen.

Abbildung 27: Markt in sonstigen Branchen.



Quelle: Eigene Darstellung der Autoren – konsolidiert aus den vier Workshops.

Produkte und Services

Additive gefertigte Produkte für Ersatzteile

Additive gefertigte Ersatzteilen werden in naher Zukunft an Bedeutung gewinnen (ab sofort). Generell wird auch genannt, dass additive Fertigungsverfahren auch für den Reparaturbereich wichtig wird. Ähnliche Bedeutung hat die Verwendung von additiver Fertigung für den Druck von Komponenten für den Sondermaschinenbau.

Die Produktion für additive gefertigte Ersatzteile für Automotive, für die Luftfahrt, für die Schifffahrt wird zunehmen, wie z.B. VW angekündigt hat³⁰.

Ähnlichen wie im Maschinenbau scheint additive Fertigung auch ein zukünftiges Marktpotenzial für das Bauwesen haben. Je nach Verfahrenstyp der additiven Fertigung wurde auch genannt, dass diese Produktionstechnologien im Bereich der Elektronik im speziellen zur Herstellung von Sondersensoren denkbar sind. Der Markteintritt für diese Anwendungen wird nicht vor dem Jahr 2022 eingeschätzt.

Abbildung 28: Produkte für Ersatzteile.



Quelle: Eigene Darstellung der Autoren – konsolidiert aus den vier Workshops.

Neuartige Produkte

Die Produktion und die Marktreife von gänzlichen neuen Produkten mit neuen Form, Funktionalität und Materialien wird von den Teilnehmern der Workshops erst nach 2022 gesehen. Entsprechend der Workshops werden vorerst Leichtbaulösungen realisiert werden. Mit dem Zugewinn an Wissen im Bereich der Konstruktion z.B. von bionischen gestalteten Teilen werden diese mit 2023 am Markt erwartet. Die Kombination von additiver Fertigung

³⁰ <https://3druck.com/3d-modelle/volkswagen-pilotprojekt-ersatzteile-aus-dem-3d-drucker-1058549/>

mit neuartigen Materialien brachten wieder die Ideen von „selfhealing“ Bauteilen hervor. Diese werden aber erst zum Ende der Betrachtungsperiode dieser Roadmap 2028 erwartet.

Abbildung 29: Neuartige Produkte.



Quelle: Eigene Darstellung der Autoren – konsolidiert aus den vier Workshops.

Materialien als Produkte

Die Verfügbarkeit von Materialien bestimmt die Entwicklung und den Einsatz der additiven Fertigung. Von den Workshopteilnehmern wurde eine zweiphasige Entwicklung gesehen; *Phase 1* ist jene in den heute schon bekannten Ingenieurmaterialien (wie Stähle, Aluminium, Titanlegierungen) angepasst werden, sodass sie über additive Fertigung verarbeitet werden können (ab 2019). In einer *zweiten Phase* sollen Materialien für keramische, Biomaterialien oder Verbundmaterialien bzw. Hybridmaterialien technisch und marktreife realisiert sind (2020). Neu im Hinblick auf die Materialien ist, dass nicht nur der Chemismus oder die physikalischen Eigenschaften von entscheidender Bedeutung sind, wichtig für die Qualität der additiv gefertigten Teile, ist die Form in der die Materialien angeboten sind, wie z.B. Pulververteilung, Form von Pulverteilchen, Maßhaltigkeit der Durchmesser von Kunststofffilamenten oder Steifigkeit von Filamenten. Grundsätzlich besteht einhellige Meinung, dass Materialien der Schlüssel für eine starke Weiterentwicklung in den additiven Fertigungen sind und Österreich im Bereich der Materialien eine Stärke hat.

Abbildung 30: Neue Materialien als Produkte der additiven Fertigung.



Quelle: Eigene Darstellung der Autoren – konsolidiert aus den vier Workshops.

Anlagen und Maschinen als Produkte

Generell wird von den Teilnehmern eingeschätzt, dass im Bereich der Maschinen und Technologieprinzipien sich im Zeitraum der nächsten 10 Jahre noch viele Entwicklungen auf tun werden. Treiber für Entwicklung sind Erhöhung der Produktionseffizienz, Prozessgeschwindigkeit, erhöhte Durchsatzraten, sodass nicht nur Kleinserien realisiert werden können und gleichzeitig die Fertigungskosten reduziert werden können. Parallel dazu wird es Entwicklung geben, die mehr Anlagenflexibilität oder auch die Fertigung von Großteilen im industriellen Maßstab zulassen. Die Weiterentwicklung der additiven Fertigungstechnologie wird gemeinsam mit der Weiterentwicklung der Materialien gesehen. Da die additive Fertigung ein völlig neues Produktionssetup darstellt, können Industrie 4.0 Lösungen leicht implementiert werden, was neue Serviceoptionen z.B. im Bereich der Steuerung, Prozessüberwachung und der Wartung denkbar machen. Generell besteht die Bemühung, dass die Anlagen besser online gesteuert werden können und die Produktqualität besser überwacht wird. Ein wesentlicher Schritt der an die additive Fertigung gebunden ist, ist das Postprocessing. In sehr vielen Fällen wird darunter die Entfernung von Stützstrukturen gesehen, oder die Glättung der Oberflächen nach dem Druck, bzw. die Entfernung von Material aus engen Kanälen und Innenkavitäten. Die standardisierten Technologien und Verfahren werden innerhalb der nächsten 6 Jahre erwartet.

Abbildung 31: Anlagen und Maschinen als Produkte in der additiven Fertigung.



Quelle: Eigene Darstellung der Autoren – konsolidiert aus den vier Workshops.

Additiv gefertigte medizinische Produkte

Im Bereich der Medizin- und biomedizinischen Technik wurde vorrangig die Thematik der „Prothesen, Orthesen aufgezeigt. Patienten angepasste orthopädische Implantate sind heute schon realisierbar. Weiter ist für die Medizintechnik der Druck von möglichst biologischen Modellen als Lernbehelfen zur Vorbereitung von Operationen von hohem Interesse. Der oft zitierte Druck von voll funktionsfähigen Organen, wie Leber, Nieren oder Herzen werden im Zeitraum der Roadmap bis 2028 erwartet.

Abbildung 32: Additiv gefertigte Produkte für die Medizintechnik



Quelle: Eigene Darstellung der Autoren – konsolidiert aus den vier Workshops.

Digitalisierung und Design

Das heutige Verständnis über die additive Fertigung ist, dass sie auf die Produktion von Kleinserien oder auch Einzelteilen abzielt. Der Einsatz von zuverlässigen virtuellen Konstruktions- und Simulationstools und deren Beherrschung gewinnt an Bedeutung. Software Support und Simulationsinstrumente, wird von der Gestaltung, Bauteilauslegung und Konstruktion bis hin zur softwareunterstützten Druckstrategie und Prozessplanung zur Verfügung stehen müssen. Die Softwareentwicklung findet sich heute erst am Anfang ihrer Entwicklung. Heute zu Teil angedachte Singlelösungen für Software werden in Zukunft integralen Softwarelösungen, die in der Lage sind, die gesamte Fertigungskette abzubilden und zu beschreiben, weichen müssen (digitaler Twin von additiver Fertigung). Die softwareunterstützte Steuerungs- und Regeltechnik bildet auch den Einstieg in die erforderliche Automatisierung der additiven Fertigungstechniken. Wächst additive Fertigung über das Stadion der Kleinserien oder Einzelteilerfertigung hinaus, sind diese Prozessmerkmale absolut erforderlich.

Abbildung 33: Software und Services als Produkte.



Quelle: Eigene Darstellung der Autoren – konsolidiert aus den vier Workshops.

Technologien

Technologien umfasst Verfahren, Methoden, die Umwandlung von Rohstoffen in Fertigprodukte, wie z.B. die Technologie der Eisengewinnung bzw. auch Fertigungsverfahren, wie z.B. NC³¹, CNC³², -CAM³³, Extrusionsverfahren,

³¹ Numerische Steuerung (NC) (englisch Numerical Control).

³² Computerized Numerical Control (CNC), übersetzt „rechnergestützte numerische Steuerung“.

³³ Computer-aided manufacturing (CAM, dt. rechnerunterstützte Fertigung) bezeichnet die Verwendung einer von der CNC-Maschine unabhängigen Software zur Erstellung des NC-Codes. Im Unterschied zur Erstellung des

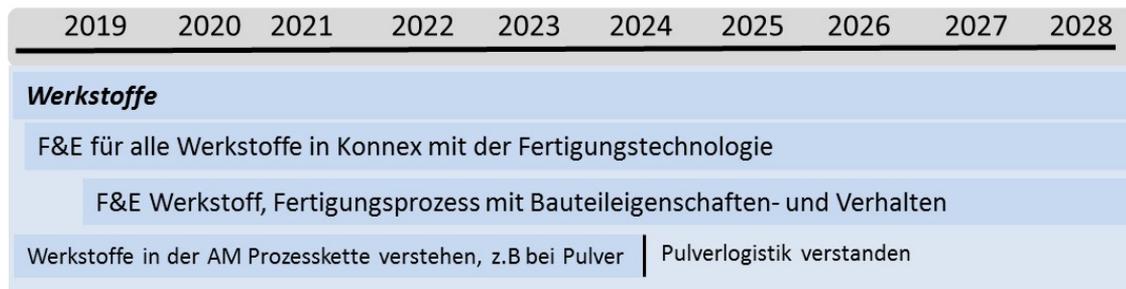
Pulverbettverfahren etc. und sonstige technische Prozesse, wie auch schon unter Begriffen und Definitionen dargelegt.

Produktion ist technologisch, zeitlich und örtlich bestimmtes effizientes Zusammenwirken von Produktionsfaktoren zur Herstellung einer bestimmten Gütermenge in bestimmter Qualität. Ein Produktionsprozess ist die Gesamtheit der Vorgänge in einer technischen Anlage. Diese Arten der Prozesse wurden in dieser Roadmap unter Technologien für Verfahren beschrieben.

Werkstofftechnologien

Forschung und Entwicklung in Zusammenhang mit den additiven Fertigungstechnologien sind bereits voll im Gange. Derzeit ist man in der Lage ca. fünfzehn verschiedene Metalllegierungen zu drucken. Da braucht es noch viel Entwicklung, um mit herkömmlichen Produktionstechnologien hinsichtlich der Materialpalette mithalten zu können. Die Entwicklungen für Werkstoffe gehen einher mit den Entwicklungsprozessen für die Fertigungsprozesse und Fertigungsanlagen. Die Fertigungsprozesse in Zusammenhang mit dem Pulverhandling und der Pulverlogistik braucht noch viel Wissensaufbau.

Abbildung 34: Werkstofftechnologien.



Quelle: Eigene Darstellung der Autoren – konsolidiert aus den vier Workshops.

Produktionsprozesse sind technologisch, zeitlich und örtlich bestimmtes effizientes Zusammenwirken von Produktionsfaktoren zur Herstellung einer bestimmten Gütermenge in bestimmter Qualität. Ein Produktionsprozess ist die Gesamtheit der Vorgänge in einer

NC-Codes in der Werkstatt (WOP), wird mit dem CAM-System das NC-Programm bereits in der Arbeitsvorbereitung erstellt. CAM ist ein wesentlicher Bestandteil der computerintegrierten Produktion CIM (Computer-integrated manufacturing).

technischen Anlage. Diese Arte der Prozesse wurden in dieser Roadmap unter Technologien für Verfahren beschrieben.

Technologien für Verfahren und Maschinen

An der Produktivität in der additiven Fertigung muss noch viel Entwicklung fließen, sodass die Effizienz und die Produktionsprozesse gesteigert werden können. An der Ressourceneffizienz, der Präzision und der Reproduzierbarkeit von Technologien für Verfahren der additiven Fertigung wird noch viel Forschung notwendig sein, damit die gute Stellung österreichischer Organisationen in AM gesichert werden kann. Entwicklung von Technologien und Prozesse für die Nachbehandlung, Prozesse und Verfahren zur Entfernung von Stützstrukturen bzw. Vermeidung dieser verlangen noch viel Wissens- und Kompetenzgenerierung. Darüber hinaus sollen flexible Anlagen und Anlagen zur Erzeugung hybrider Verfahren (Maschinen, die gleichzeitig additiv und subtraktive fertigen können) entwickelt werden.

Abbildung 35: Technologien für Verfahren und Maschinen.



Quelle: Eigene Darstellung der Autoren – konsolidiert aus den vier Workshops.

Prozesse

Es gibt eine Menge von Prozessen in der Geschäfts- und Forschungswelt, so z.B. Prozesse für Marketing, Kundenbetreuung, die Geschäftsprozesse von der Beschaffung, Lagerung, Versand, gesetzliche Regulative, Normen. Für die Roadmap AM Österreich werden speziell Prüfverfahren, Normung, Zertifizierung, Rechtssicherheit, aber auch Themen wie „Circular Economy“ und die Betrachtung von AM in Zusammenhang mit der gesamten

Wertschöpfungskette, angefangen von den Daten zum Design und den Rohstoffen für Pulver bis hin zum Endprodukt betrachtet. In AM sind mehrere Wertschöpfungsketten zu einem Netz verknüpft, wie bereits auch unter dem Kapitel Webbasierte Befragung: Roadmap Standortbestimmung additive Fertigung Österreich dargestellt (Abbildung 22).

Abbildung 37: Technologien für Produktionsprozesse.



Quelle: Eigene Darstellung der Autoren – konsolidiert aus den vier Workshops.

Um Produkte und Verfahren zu qualifizieren, wird in vielen Fällen auf Normen zurückgegriffen. Im Bereich der additiven Fertigung sind die Normen auf internationaler Ebene vielfach erst im Aufbau und in Entwicklung begriffen. Eine Beteiligung von österreichischer Seite an der Gestaltung von internationalen Normen wird daher als kontinuierliche Aktivität während der betrachteten Perioden von 10 Jahren gesehen. Zertifizierungen von neuen Produkten können je nach Branche mehrere Jahre dauern und sind ebenfalls Prozesse, die erst für additiv gefertigte Bauteile durchlaufen werden müssen. Die Anpassung des Schutzes der IPR bzw. die Sicherung des geistigen Eigentums wird von den Workshop Teilnehmenden auch als kritische Größe gesehen, da in vielen Fällen das Wissen, die Gestaltung des Produkts, Auswahl der Druckparameter und Verfahren, Werkstoffauswahl, Fertigungstechnik und Postprocessing das entscheidende Gut ist und nicht die reine Produktionstechnik. Auch hier werden neue Lösungen in Bezug zur Erreichung eine rasche Rechtssicherheit im Bereich Sicherung von Wissen und IPR erwartet.

Abbildung 36: Weitere allgemeine Prozesse in der additiven Fertigung.



Quelle: Eigene Darstellung der Autoren – konsolidiert aus den vier Workshops.

Neue Geschäftsmodelle

Die additive Fertigung ist eine Technologie, die nicht nur im Bereich der eigentlichen Produktionstechnologie neue Optionen eröffnet, sondern im ganz aufgezeigten Wertschöpfungsnetzwerk neue Möglichkeiten bietet. Wichtig für die Weiterentwicklung der additiven Fertigung wird sein, diese Geschäftsmodelle erfolgreich umzusetzen, damit die das gesamte Netzwerk wachsen kann. Getrieben wird dieser Ansatz auch durch das Verständnis über das gesamte Wertschöpfungsnetzwerk holistisch zu denken und so Wertschöpfung zu ermöglichen und nicht nur die Kosten in einzelne Positionen in der Wertschöpfungskette zu minimieren. (Weg vom Kosteneffizienzdenken hin zum Wertschöpfungsdenken). Aufgrund der digitalen Ausrichtung von additiver Fertigung wird prognostiziert, dass vorrangig neue Geschäftsmodelle im Bereich der digitalen Services entstehen werden, denn in der klassischen Produktion. Für den Bereich neue Geschäftsmodell wird ab 2025 auch gesehen, dass die neuen Hybridmateriallösungen bzw. gänzlich neue Materialien in einem Circular Economy Verständnis einer Wiederverwendung oder ein Recycling unterzogen werden können, um Nachhaltigkeit zu erreichen.

Wissen und Awareness

Im Kontext der Roadmap AM Österreich wird das Wissen als die Gesamtheit der Kenntnisse und Fähigkeiten betrachtet, die Individuen zur Lösung von Problemen einsetzen. Wissen basiert auf Daten und Informationen, ist im Gegensatz zu diesen aber immer an eine Person gebunden.

Ein wesentlicher Aspekt in der Erarbeitung der Roadmap bildet die Dimension Wissen. Einerseits bildet die Verfügbarkeit von Wissen innerhalb der nächsten 10 Jahre eine wichtige Ressource für die Entwicklung von AM und andererseits wurden in den Workshops aufgezeigt, welche Wissensdefizite abgebaut werden müssen. Grundsätzlich nahm das Thema Wissen, im Sinne des Wissensaufbaus, im Sinne der Verbreitung in Form von Technologie- und Wissenstransfer und im Sinne der Wissensvermittlung in Form von Ausbildung und Schaffung von Awareness in allen Workshopgruppen die zentrale Schlüsselrolle für die Weiterentwicklung der additiven Fertigung ein. Diese Einschätzung stand in vielen Fällen dafür, dass additive Fertigung eine Technologie im frühen Entwicklungsstadium ist (emergente Technologie) und daher noch viele Fragen unbeantwortet sind.

Abbildung 37: Wissensaufbau in den Grundlagen.



Quelle: Eigene Darstellung der Autoren – konsolidiert aus den vier Workshops.

Konkret wurde Wissensbedarf im allen Bereich im Wertschöpfungsnetzwerk der additiven Fertigung wie z.B. Materialien, der Anlagen- und Verfahrenstechnik, der Zusammenhänge

von Fertigungsprozess und Bauteil, Verhalten und Eigenschaften von Bauteilen, Postprocessing detektiert.

Je nach Detailgebiet wird noch grundlegendes Wissen gefordert, das durch Grundlagenforschung, wie. z.B. im Materialbereich, Prozessverständnis additive Fertigung aufgebaut werden soll. Interessanter Weise wurde von Workshopteilnehmenden nicht nur die experimentelle Herangehensweise für die Erarbeitung der Grundlagenerkenntnisse gesehen, sondern in vielen Fällen das Thema Modellierung und Simulation unterstrichen. Wichtig für die additive Fertigung sind ebenfalls Forschungsfragen, wie kann die additive Fertigung durch die Digitalisierung sich besser weiterentwickeln und gesteigertes Potenzial hervorbringen. Neben den Forschungsgrundlagen, sind natürlich anwendungsnahe Entwicklungen im Bereich der Anwendungen, der Teileproduktion, der Nachbehandlungsstrategien, der Demonstratoren und der Pilotanlagen von hoher Wichtigkeit für die industrielle Etablierung der additiven Fertigung.

Da die additive Fertigung ein sehr dynamisches und sich rasch entwickelndes Feld darstellt, wird die Geschwindigkeit mit denen Grundlagenerkenntnissen gewonnen werden können, diese durch Transfer in die Anwendung gelangen, selbst zum Erfolgsfaktor für die additive Fertigung. Lediglich Anstrengungen im Wissensaufbau zu unternehmen, ist nicht ausreichend für die Weiterentwicklung von AM. Es müssen für Wissenstransfer neue Instrumente geschaffen werden, um das Wissen einer multiplen Anwendung und möglichst vielen Vertretern der additiven Fertigungscommunity vermitteln zu können. Nationale Förderorganisationen und Förderinstrumente sollten sich dieser Herausforderung bewusst sein und in der Programmgestaltung auf diesen Aspekt eingehen.

Ausbildung

Aktuell besteht ein hoher Bedarf an Humanressourcen und Ausbildung im Bereich der additiven Fertigung. In den Workshops konnte gut herausgearbeitet werden, dass diese Ausbildungen nachhaltig aufgebaut und spezialisiert auf AM entwickelt werden müssen. Bedarf für Know-how -Aufbau und Weiterentwicklung in AM findet sich im Bereich der Facharbeiter und der Ingenieurausbildung. Ebenfalls als wichtig erachtet wurde der Aufbau von akademischen Ausbildungen, die alle erforderlichen Kenntnisse innerhalb des Wertschöpfungsnetzwerks vermitteln können und interdisziplinäre Zusammenarbeiten können.

Massiver Handlungsbedarf wird besonders im Bereich des Designs und der Vermittlung der neuen Gestaltungsmöglichkeiten im Bereich der Konstruktion gesehen, ein Aufweiten und

eine breite Vermittlung der Wissensbasis sind unabdingbar, damit AM entsprechend der Roadmapvision reüssieren kann.

Um kurzfristig Wissen zu vermitteln und den Bedarf an Humanressourcen zu decken, ist der Zugang zu berufsbegleitenden auf AM spezialisierten Ausbildungsprogrammen zu stärken.

Aus der Roadmaparbeit geht hervor, dass alle genannten Ausbildungsinitiativen innerhalb der nächsten ein bis zwei Jahr gestartet werden müssen. Zugang zu Wissen muss für alle im Wertschöpfungsnetzwerk agierenden Akteure gewährt werden, besonders Endkunden, die für die Anwendung von Produkten verantwortlich sind, müssen Wissen über die additive Fertigungstechnologie, deren Möglichkeiten und Stärken haben, um Nutzen und Wertschöpfung lukrieren zu können. Um nachhaltige und gut ausgebildete Arbeitskräfte für AM zu haben, muss ein positiv besetztes Berufsbild für im Wertschöpfungsnetzwerk tätige Personen entwickelt werden.

Abbildung 38: Ausbildung und Wissensvermittlung im Bereich additive Fertigung.

2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Ausbildung und Wissensvermittlung									
Ausbildungsangebote entwickeln und anbieten für Facharbeiter, HTL, FH, Uni – Module oder Lehrgänge/Studienrichtungen									
Stärken des technischen Interesses und der Kreativität bei Kindern (Konzeptentwicklung und Umsetzung)									
Berufsbegleitende Weiterbildung: Seminar, Schulungen, Fachtagungen, Workshops									
Themen: Design, Produktentwicklung, Bionic Design, Motivation erhöhen durch Auszeichnungen, Wettbewerbe und Preise ausloben									
Wissenstransfer über AM zu Kunden, Anwendern oder Gesellschaft ausweiten						AM allgemein akzeptierte Technologie			

Quelle: Eigene Darstellung der Autoren – konsolidiert aus den vier Workshops.

Awareness

Die Vision der Roadmap sieht Österreich als global agierenden Markt- und Technologieanbieter in Nischen der additiven Fertigung. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen die additive Fertigung einer breiten Gesellschaft nähergebracht werden, um so die Akzeptanz für diese neue Technologie zu erhöhen und den Einsatz zu stärken. Angedacht wurde dabei,

eine Sammlung von erfolgreichen Use Cases zu erarbeiten, die die Vorteile von AM demonstrieren und die Erfolgsgeschichte von AM rasch vorantreiben. Der globale Aspekt der Vision führt auch darauf hin, dass zur Verbreitung der nationalen AM Expertise Schritte gesetzt werden müssen, die auf eine internationale Verbreitung und Erhöhung der Sichtbarkeit des österreichischen Know-hows abzielen. Ein wesentliches Element in der Gruppe der Awareness bildet auch die nachhaltige Vernetzung innerhalb der AM Community, um durch Kooperation und Zusammenarbeit zu einem breiteren und wahrnehmbaren Anbieter von AM werden zu können.

Abbildung 39: Awareness und internationale Themenstärkung.

2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Awareness und internationale Themenstärkung									
Erfolgsbeispiele und Use Cases aus Österreich sammeln und kommunizieren									
Awareness schaffen in Schulen, FH, Uni, Unternehmen, bei Ingenieuren, öffentlicher Hand, politische Entscheidungsträger, Gesellschaft									
Bilden von überkritischen Einheiten und Vernetzung									
Internationale Sichtbarkeit erhöhen (Forschung und Unternehmen), Eintreten für das Thema bei der Gestaltung von internationalen Forschungsprogrammen									

Quelle: Eigene Darstellung der Autoren – konsolidiert aus den vier Workshops.

Maßnahmen

Durch Initiativen aus dem privaten Sektor (Gründung von Startups, massive Investitionen industrieller Akteure) sowie der öffentlichen Hand (Leitprojekt, CD-Labore, Einrichtung von Professuren an Universitäten, usw.) ist Österreich in den letzten Jahren eine lebhaftere AM-Szene entstanden. Primäres Ziel der Roadmapmaßnahmen sollte es sein, die AM-Community weiter zu stärken, nachhaltig wirkende Strukturen zu schaffen, um exportfähige Produkte und Dienstleistungen zu ermöglichen, die sich langfristig im globalen Wettbewerb behaupten können.

In den Workshops wurden bereits während der Diskussion erforderliche Maßnahmen dazu gesammelt bzw. am Ende einer jeden Workshoprunde im Plenum in Bezug zu den entwickelten Roadmappfaden diskutiert. Im Anschluss wurden die Ergebnisse aus allen Workshops vom Projektteam zusammengefasst und eine Konsistenzanalyse der gemachten Aussagen vor dem Hintergrund aller anderen eingebrachten Entwicklungen durchgeführt. Die Aussagen wurden geclustert und mit dem Beratungsausschuss bzw. im Rahmen der Disseminationsveranstaltung mit den Teilnehmenden abgestimmt.

Gruppen der Handlungsempfehlungen

Aus diesem Prozess gehen grundsätzlich vier große Gruppen an Maßnahmen hervor, die zur nachhaltigen Entwicklung der österreichischen AM Community in Richtung Realisierung der angestrebten Vision in den nächsten 10 Jahren führen sollen.

1. Wissen-, und Technologieaufbau durch Forschung und Entwicklung.
2. Stärkung der Forschungs- und Entwicklungsstruktur gekoppelt mit einem raschen Wissenstransfer (hohe Diffusion des Wissens in die Unternehmen) und Bildung von neuen AM Ausbildungsprogrammen.
3. Vorantreiben übergreifender, vernetzter, nationaler Zentren für additive Fertigung (Innovation Lab) unter Einbindung einer Vielzahl nationaler Akteure, Keimzelle für Unternehmensgründungen.
4. Vernetzung der Akteure und strategische nationale Weiterentwicklung, Internationalisierung und Aufbau von internationalen Kooperationen, Einbindung der Gesellschaft und Schaffung von Awareness dieser neuen Technologien

Im Zuge der Roadmapentwicklung wurden viele strukturelle Anforderungen genannt, die über alle Maßnahmengruppen ausgerollt werden können. Diese sind im Folgenden als Rahmenbedingungen an die FTI Förderung durch die öffentliche Hand zusammengefasst.

1. Finanzielle Mittel

In mehreren Workshops wurde der Finanzbedarf zur Realisierung der Visionsziele mit ca. 150 Mio.€ Fördersumme in den nächsten 10 Jahren abgeschätzt, wobei folgender Schlüssel auf die Schwerpunkte vorgeschlagen wurde.

- Forschungs- und Entwicklungsprojekte (Grundlagen und vor allem anwendungsorientierte Forschung 90-95 Mio. €)
- Infrastrukturförderung und Zentrumsaufbau ca. 40 Mio. €
- Wissenstransfer und Ausbildung: 5 Mio.€
- Internationalisierung und Aufbau von internationalen Kooperationen: 5 Mio.€
Unternehmensgründung: 5 Mio. €

2. Verstetigung und Planungssicherheit der FTI Maßnahmen

Neben der Bereitstellung der finanziellen Mittel für Forschung und Entwicklung zur Umsetzung der Maßnahmen, muss eine Kontinuität der Programme und Maßnahmen für zumindest einen Zeitraum von 7 bis 10 Jahren durchgehend gegeben sein. Punktuelle oder nur zeitlich begrenzte FTI Maßnahmen würden den gewünschten Effekt der Entwicklung des Feldes additive Fertigung nicht in vollem Umfang gewährleisten. Eine reine Fokussierung auf Projekte mit maximal 3 Jahren Laufzeit erschwert eine langfristige, thematisch fokussierte Entwicklung und provoziert eher „inhaltliche Sprunghaftigkeit“ und nicht strategisches Vorgehen. Organisatorische Modelle, die eine längerfristige Forschungsstrategie fördern, sind auf österreichischer Ebene umzusetzen, sollten in die Entwicklung eines nationalen Förderprogramms für additive Fertigung miteinbezogen werden (CD-Labors). Internationale erfolgreiche Beispiele, wie z.B. die DFG Exzellenzcluster (Deutschland) geben Best Practices für das Zusammenarbeiten von mehreren Forschungsgruppen und Institutionen in einem Programm. Die österreichische Nanoinitiative gilt sicherlich auch als gutes Vorreiterprogramm.

3. Stärkung der Grundlagenforschungen

Durch eine starke Fokussierung der grundlagenorientierten Forschungsförderung (FWF, ÖAW) auf Life-Science-Themen wurden in den letzten Jahren zahlreiche

ingenieurwissenschaftliche Forschungsgruppen in die angewandte Forschung abgedrängt. Durch diesen Trend finden in Bereichen des Maschinenbaus und der Werkstoffwissenschaften, die elementare Gebiete für AM darstellen, eindeutig zu wenig Grundlagenforschung statt. AM besitzt allerdings mit seinem starken Konnex zu grundlagenorientierten Themen (z.B. in den Feldern Materialwissenschaft, Mechanik der Strukturen, Modellbildung und Simulation) einen idealen Ankerpunkt für innovative Grundlagenprojekte (z.B. FWF) an. Solche Projekte sind erforderliche Instrument, um Nachwuchsgruppen zu fördern bzw. zu installieren und eine bessere Genderbalance im Bereich der Ingenieurwissenschaften zu erreichen. Aus heutiger Sicht bedarf es Förderprogramme, die österreichischen Forschergruppen interdisziplinäre und themenübergreifende Zusammenarbeit in Grundlagen erlauben, als auch starke Kooperation mit österreichischen Unternehmen verlangen.

Grundlagen sind dort erforderlich, wo Technologien und Produkte, die in der Roadmap für die späteren Jahre im Rahmen dieser Roadmap identifiziert wurden wie z.B. neue Leichtbaulösungen, oder Bionic Shape Products, selfhealing Components, Prothesen mit neuen Funktionen, aktive Implantate (Zelldruck), neuartige Produkte mit neuartigen Funktionen und Geometrien, oder auch Prozesskettenautomatisierung (siehe dazu die Kapitel von Seite 64 bis 76). Themen, die die gesamte Wertschöpfungskette betreffen und alle Bereiche dieser adressieren, sind Themen für die Grundlagenforschung. Die Verknüpfung von additiver Fertigung mit Digitalisierung ist inhärent. Um erfolgreich zu sein, wird man sich intensive damit auseinandersetzen müssen. Folgende Themen werden exemplarisch genannt:

- der Werkstoffentwicklung wie neue Generation von AM Werkstoffen (metallische, keramischen, intermetallische und polymere Werkstoffe) geschneidert für den AM Prozess;
- der Interaktionen Material – Prozessmodell Energiequelle (Laser, Plasma, Licht) und additiv gefertigter Bauteil;
- Materialverhalten: kinetische Mechanismen in der Ausbildung der Struktur und Eigenschaften, Degradation, Umwandlung, Eigenspannungen, Ausbildung der Mikrostruktur;
- über Material,- Prozessmodelle, Simulation der Vorgänge und Prozessen und Grundlagen für die Entwicklung Softwaresysteme „Digitaler Zwilling“.

4. Kooperative Forschung

Die industriellen AM-Akteure haben erkannt, dass für einen langfristigen wirtschaftlichen Erfolg im Bereich der Additiven Fertigung eine möglichst breite Abdeckung der gesamten

Prozesskette erforderlich ist. Einzelanbieter (z.B. reine Materialanbieter bzw. reine Geräteanbieter) werden tendenziell von Komplettanbietern ausgesperrt und sind hinsichtlich der erzielbaren Margen stark limitiert. Kooperative Forschung muss also das Ziel haben, den österreichischen industriellen Akteuren (Startups, KMUs, Industrie) ein möglichst breites Standing in ihren Marktsegmenten zu ermöglichen. Förderprogramme im Bereich der kooperativen Forschung sollten zum Nutzen der Entwicklung in AM einen starken Fokus darauf haben, dass Projekte, die Relevanz für mehr als eine Themenstellung in der Wertschöpfungskette haben, zur Förderung gelangen.

5. Zentrumsaufbau und Infrastruktur

Neue Technologien müssen von Unternehmen aufgegriffen und eingesetzt werden. Daher brauchen Unternehmen einen Zugang zu diesen. Darüber hinaus ist Forschung und Entwicklung auf international vergleichbarem Niveau nur möglich, wenn adäquate Forschungs- und Entwicklungsinfrastruktur verfügbar ist. Die Besuche der internationalen Zentren haben gezeigt, dass die nationalen Aktivitäten in den anderen Ländern mit der Bildung von Zentren und Schwerpunktclustern zur Erhöhung der internationalen Sichtbarkeit einhergehen. Durch die Bündelung der Aktivitäten und vernetzte Zusammenarbeit der Akteure entstehen in der Außenwirkung große Gruppen, die wiederum international agierende Unternehmenspartner anziehen. Um in den nächsten 10 Jahren Forschung und Entwicklung auf einem sich so rasch entwickelnden Technologiefeld, wie additive Fertigung zu betreiben, ist eine kontinuierliche Investition in neue Anlagen und Infrastruktur vorzusehen, um den Forschungsstandort Österreich international zu positionieren.

6. Internationale Ausrichtung

Die österreichischen Akteure kooperieren heute schon nachweislich stark mit internationalen Partnern im Feld AM. Um die der Roadmap vorangestellte Vision zu realisieren, ist es erforderlich, bei den zu setzenden Maßnahmen auch immer internationale Aspekte im Blickwinkel zu haben. Dort wo nachweislich Nutzen für die österreichische Volkswirtschaft durch Einbindung von internationalen Partner entsteht, müssen bestehende Förderinstrumente adaptiert werden bzw. Instrumente geschaffen werden, um diesen Prozess zu realisieren. Ein Abfluss von nationalen Ressourcen und Know-how ohne Erhöhung der Wertschöpfung in Österreich ist durch entsprechendes Reglement zu unterbinden.

7. Sicherung und Aufbau von nachhaltigen Humanressourcen

Der Nachwuchsmangel in den Ingenieurwissenschaften wird sich in naher Zukunft weiter verschärfen, für additive Fertigung umso mehr, da heute erst wenige attraktiven Ausbildungsangebote bestehen. In Österreich ist eine der Ursachen für den akademisch-technischen Nachwuchsmangel die Ausgrenzung von technisch-naturwissenschaftlichen Themen in der AHS-Ausbildung. Nur eine Minderheit von AHS-MaturantInnen beginnt ein ingenieurwissenschaftliches Studium. Hier liegt auch eine der Hauptursachen für die Schieflage hinsichtlich Frauenanteil in ingenieurwissenschaftlichen Studien (Maschinenbau, Werkstoffwissenschaften, Informatik, Mechatronik, ...). In diesem Zusammenhang müssen ansprechende Ausbildungsangebote entstehen, die jungen Menschen einen professionellen Zugang zur digitalen Welt von morgen ermöglichen. AM ist grundsätzlich ein Thema, das großes Interesse bei Jugendlichen hervorruft, entsprechende Programme, Aktualisieren von Lehrplänen und Aktivitäten müssen diese Interessen fördern. Positive Anreize stärken sowohl das Potenzial für qualifizierte Mitarbeiter im Bereich der Forschung als auch bei den Unternehmen.

Die Kernbereiche für die Maßnahmen in einem Bild zusammengefasst zeigt Abbildung 40, gestaltet im Sinne von FTI Instrumenten (siehe Kapitel: FTI-politischen Handelns). Die detaillierte Ausarbeitung der Konzepte für die einzelnen FTI-Instrumente sprengt den Rahmen dieses Projekts, wäre aber ein wichtiger nächster Schritt.

Abbildung 40: Kernaussagen für Maßnahmen aus der Roadmap.



Quelle: Eigene Darstellung der Autoren.

Detailaspekte der Maßnahmen Wissen-, und Technologieaufbau durch Forschung und Entwicklung

Die additive Fertigung stellt wie schon eingangs dargestellt nicht eine Technologie dar, sondern ein Bündel von Technologien, die zur Verarbeitung der unterschiedlichsten Materialien geeignet sind, mit dem Ziel der Schaffung von ganz neuartigen Produkten und neuen Funktionalitäten. Selbst wenn einige Technologien schon länger bekannt sind, ist der heute Wissenstand über Prozesstechnologien, Anwendungen oder auch Materialien gering im Vergleich mit dem Wissenstand, der heute im Bereich der subtraktiven Produktionstechnologien besteht. Das Wissenszuwachs im Bereich der additiven Fertigungstechnologien steigt aktuell an, allerdings sind noch viele Aspekte dieser im „Early Stage“ Stadium befindlichen Technologien. Je nach Themenausrichtung gibt es noch Fragestellungen, die den Aufbau von Grundlagen erfordern oder anwendungsnahe Lösungen erfordern. Nähere Inhalte zum Forschungsbedarf sind unter den Dimensionen Technologie, Produkte und Wissen angeführt, bzw. hinsichtlich der Strukturanforderungen auf Seite 79ff ausgeführt.

Abbildung 41: Maßnahmen zu Forschung und Entwicklung.

2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Forschung und Entwicklung									
Grundlagenforschung stärken, Ressourcen bereitstellen, Programm auflegen Themen Werkstoffe, Maschinen und Prozessentwicklung, Produktion mit AF, Nachhaltige Forschung möglich (10 Jahre)									
Anwendungsbezogene kooperative Forschung unterstützen, Kooperationen Forschungseinrichtungen – Unternehmen stärken, Wissenstransfer initiieren									
Entwicklung von neuen AM Verfahren und Anlagen unterstützen Vorwettbewerbliche Kooperationsprojekte mit jeweils 3 Jahren Laufzeit									
Entwicklung von Geschäftsmodellen – Fähigkeiten dazu entwickeln									
Wertschöpfungsprozess in AM in Netzwerken verstehen und zielgerichtet unterstützen									

Quelle: Eigene Darstellung der Autoren – konsolidiert aus den vier Workshops.

Typischerweise sind für die ein zusetzten Materialien (Metalle, Polymer, Verbunde) noch Grundlagenfragen, im Bereich der Mikrostruktur-Eigenschaftsbeziehungen zu erarbeiten bzw. Modelle zu entwickeln, ehe deren Verhalten bei der Verarbeitung mit additiven Verfahren und den produzierten Bauteilen verstanden werden. Im Hinblick auf das Verfahrensverständnis besteht auch Bedarf an grundlegenden Erkenntnissen, so z.B. sind die Prozessprinzipien der eingesetzten Verfahren nicht voll verstanden noch durch holistische Modelle beschrieben., so z.B. ist heute noch die Wechselwirkung von Strahlung mit höchsten Energiedichten mit dem Pulverbett nicht geklärt, noch die Entwicklung der Produkteigenschaften in Abhängigkeit von den Prozessparametern. Heute wird vorwiegend mit statischer Versuchsplanung gearbeitet, denn mit einem wissensbasierten Prozessmodell.

Eine große Herausforderung für die additive Fertigung bilden die Möglichkeiten der Digitalisierung. Wie sich die Verschiebung der Werteallokation (von physischen Produkten in die Designdaten verschiebt; wie kann gesichert werden, dass selbst bei gleichen Daten und Prozessparameter Produkte an unterschiedlichen Fertigungsanlagen und Orten gleiche Qualität erreichen, seien exemplarisch für die Forschungsherausforderungen der Zukunft genannt. Im Bereich der Produktionstechnik bestehen eine Reihe Anforderungen an die AM Produktionsanlagen (siehe Technologien), die eine Vielzahl von neuen Fragestellung aufwerfen. Auch Produktseitig besteht noch Entwicklungsbedarf, über methodisches AM-Konstruieren, Erreichen von neuen Funktionen oder Sicherung der Nachhaltigkeit von Produkten und Prozessen.

Alle diese Fragestellungen müssen von der entsprechenden strukturellen Entwicklung im Forschungsförderungsbereich begleitet werden. Je nach Einschätzung, ob ein Thema eher im Grundlagenbereich liegt oder im Anwendungsbereich müssen die Förderinstrumente und die entsprechenden Mittel zur Verfügung stehen. Schwachpunkt der heutigen kooperativen Projektförderung ist darin zu sehen, dass das entstandene Wissen meist nur bei wenigen Unternehmen verankert ist. Mit den heutigen Instrumenten ist die Wissensdiffusion zu Dritten einerseits zu gering (kleiner Verbreitungskreis, kaum Querdiffusion) und andererseits zu langsam (Zeitachse Patente). Instrumente, wie ein Leitprojekt tragen dazu bei dem Verbreitungskreis von Wissen deutlich zu erhöhen, da mehr Institutionen an der Zielerarbeitung mitwirken. Der Impact, der durch größere Projekte und Konsortien erreicht wird, ist auch deutlich höher (siehe addmanu). Für die Weiterentwicklung der österreichischen Unternehmen im dynamischen Umfeld der additiven Fertigung ist allerdings der rasche Zugang zu Wissen essentiell. Zu langsames Handeln in der Schaffung von Programmen und Ressourcen fördert das Abwandern von österreichischen Unternehmen zu internationalen Forschungspartnern, was mittelfristig mit einer Schwächung des Innovationsstandortes Österreich verbunden ist.

AM Potenzial in neuen Unternehmensgründungen

Die Innovationskraft muss ebenfalls unternehmensseitig gesteigert werden. Bereitschaft gewonnenes Wissen in neue Produkte und Geschäftsmodelle zu implementieren, braucht unternehmerische und vorwärts gerichtete Entscheidung. Besonders für die KMUs die in der additiven Fertigung führend sind, erfordert es FTI Maßnahmen und Anreize zur Unterstützung dieser Prozesse (Gründungsprogramme, Investition - und Exportförderung, direkte Förderung der betrieblichen Forschungs - und Entwicklungsleistungen)

Abbildung 42: Wissenstransfer, Ausbildung und Entrepreneurship

2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Wissenstransfer, Ausbildung und Entrepreneurship									
Maßnahmen zur Stärkung der Unternehmensgründung im Bereich AM									
Nationales Programm zur Investitionsförderung in AM (Fokus auf KMU)									
Schaffung von Ausbildungsprogrammen, die unter Wissensaufbau genannt wurden									

Quelle: Eigene Darstellung der Autoren – konsolidiert aus den vier Workshops.

Aus den Ergebnissen des Fragebogens konnte das Wertschöpfungsnetzwerk der additiven Fertigung erstellt werden und in den Workshops wurden die Markteinschätzung hinsichtlich Prozess, Maschine und Material gezeigt. Besonders im Bereich der neuartigen Materialien, da wiederum der Polymer basierten Materialien, im Bereich der neuartigen oder verbesserten Verfahren bzw. Anlagen, bzw. im Gebiet des AM gerechten Designs, der technischen Service entsteht ein großer Raum an neuen Ideen, die sich für die Gründung, von wissensintensiven Unternehmen anbieten. Bereits in der Vergangenheit konnte von Seiten der TU Wien erfolgreich gezeigt werden, wie es gelingt, aus Exzellenz-Forschung neue global agierende Unternehmen hervorzubringen. Prominente Beispiele sind das Unternehmen Lithoz und das Unternehmen Cubicure. Beide Unternehmen vermarkten spezielle Materialien für die von ihnen entwickelten Prozesse und Anlagen. Lithoz nimmt aktuell im Segment der lithographischen Verfahren für keramisch Bauteile die erste Marktposition ein.

Als wichtig wurde von diesen Unternehmen erachtet, dass für die Forschenden ein unternehmensförderndes Umfeld geboten wird, um sich zu entwickeln und global agieren zu können. Die Innovationsleistung von beiden Unternehmen fußt auf der Forschungsarbeit mit hohen Risikopotenzial gepaart mit unternehmerischer Entscheidungskraft. Ähnlich Beispiele finden sich an der Universität Innsbruck bzw. an der New Design University St. Pölten, wo Unternehmen entstanden, die sich mit gedruckten Betonobjekten beschäftigen. Im Bereich der FFF Verfahren tritt seit kurzer Zeit das Unternehmen Evotec als erfolgreiches Start-up auf.

Um vermehrt akademische Gründungen zu fördern, erfordert dies Maßnahmen und neue strukturelle Modelle, die durchgängige Karrieren z.B. beim Wechsel von Universitäts- zu Unternehmenskarriere und vice versa zulassen.

Ausbildung

Ein zentrales Thema im Rahmen der Workshops war die Nachfragen nach Ausbildung von gut ausgebildeten Nachwuchskräften im AM. Die Nachfrage besteht sowohl im Facharbeiterbereich, im Bereich der höher technischen Ausbildung (HTL) als auch im Bereich der akademischen Ausbildung. In der Tiefe konnten im Rahmen der Workshops die erforderlichen Programme nicht diskutiert werden, das Thema im Hinblick auf die Ausgestaltung der Programme steht aktuell auch auf der Agenda der Mitglieder der Technologieplattform AMA. Da aber von Seiten maßgeblicher nationaler Industrievertreter der Bedarf geäußert wurde, besteht keine Zweifel an der erforderlichen Schaffung von neuen Ausbildungsmöglichkeiten.

Maßnahmen Berufsbild additive Fertigung

Elementar für alle Ausbildungsarten und die entsprechenden Berufsbilder ist, dass die Absolventen und Absolventinnen in der Lage sind, die Chancen und Möglichkeiten der additiven Fertigung klar zu erkennen, die Vorgänge und Zusammenhänge in der additiven Fertigung zu verstehen und so zu agieren, dass Wertschöpfung erzeugt wird. Grundsätzlich wird ein technisches Berufsbild skizziert, sehr oft wurde auch gesagt, dass additive Fertigung die Fähigkeit erfordert, sich interdisziplinär auszutauschen. Weiters zeigt sich ganz klar, dass additive Fertigung eine Disziplin ist, die hohe Dynamik beinhaltet bzw. sehr wissensintensiv ist. Im Berufsbild sind daher die Bereitschaft zum kontinuierlichen Lernen, zu hoher Flexibilität, gepaart mit Kreativität, dem starkem Innovationswillen vor dem Hintergrund eines globalen Marktes zu verankern. Wie die individuellen Berufsbilder zu entwickeln sind, obliegt den jeweiligen Zuständigen in den Kammern, den Verantwortlichen im schulischen Bereich bzw. den Verantwortlichen der Ausbildung im akademischen Bereich gemeinsam mit den Unternehmen. In einem ersten Ansatz versucht die Technologieplattform Additive Manufacturing Austria, den Prozess der Entwicklung von neuen Berufsbildern und die Initiierung von neuen Ausbildungen anzustoßen.

Zentrumsbildung und Infrastruktur

Von den Unternehmen wurde sehr oft der Bedarf nach einem Zentrum geäußert, dass als Anlaufstelle für Technologiefragen und strategische kooperative Forschung steht. International bilden derartige Innovationslabs mit hoher Finanzkraft große Anziehungspunkte für internationale Unternehmen (z.B. Aachen, Singapur). Von einem gut ausgestatteten Innovationlab könnte die österreichische Industrie profitieren, da als wertvoller Nebeneffekt zur Forschungsleistung ausländische Partner angezogen und neue Kooperation- und Businessoptionen geboten werden. Grundsätzlich wurde die Schaffung eines derartigen Zentrums begrüßt, allerdings wurde vorangestellt, dass alle nationalen Akteure die Möglichkeit haben sollen, sich einzubringen, ohne Einbußen der eigenen Ressourcen zu erfahren. Bei der Anschaffung von Großinvestitionen könnte ein derartiges Zentrum einen positiven und effektiven Prozess in der Beschaffung garantieren. Die Strukturierung eines derartigen Zentrums, möglicherweise nach internationalen Vorbildern fordert vorrangig eine Profilbildung, eine strategische Ausarbeitung der Zentrumsthemen und eine nachhaltige Betreiberperspektive für die nächsten 10 Jahre.

Abbildung 43: Maßnahmen zur Zentrumsbildung und Infrastruktur.

2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Zentrumsbildung und Infrastruktur									
Aufbau eines (virtuellen/physischen) Zentrums zur Erforschung von AM relevanten Fragen und Ausprobieren von AF Ideen: Vernetzung der österreichischen Akteure und Integration transdisziplinärer Aspekte wie Ökonomie, Digitalisierung, ...									
Ressourcen für die Erneuerung der Forschungsinfrastruktur, Erhalt der internationalen Wettbewerbsfähigkeit der Forschung									

Quelle: Eigene Darstellung der Autoren – konsolidiert aus den vier Workshops.

Maßnahmen Awareness, Vernetzung und Internationalisierung

Österreich hat sicherlich schon eine gute Position im Bereich der additiven Fertigung international erreicht, allerdings kann die Sichtbarkeit und die Schlagkraft durch Bündelung der Akteure deutlich gesteigert werden. Angesprochen wurden im Rahmen der Workshops ein Maßnahmenbündel zu schnüren, dass die internationale Sichtbarkeit stärkt und den Aktionsradius von österreichischen Akteuren erhöht, wie z.B. Vertretung in internationalen Normungsausschüssen, die Mitwirkung in europäischen Plattformen zur Entwicklung des zukünftigen Forschungsprogramms oder in der Schaffung von Zugängen von österreichischen Unternehmen zu internationalen Märkten. Mit der Gründung der Technologieplattform additive Manufacturing wurde sicherlich ein erster wesentlicher Schritt in diese Richtung gesetzt, wie die rasch steigenden Mitgliederzahlen belegen. Um diese doch im Vorfeld der wirtschaftlichen Tätigkeiten gelagerten Aktivitäten zu stärken, braucht es eine entsprechende Unterstützung von Seiten der öffentlichen Hand.

Abbildung 44: Maßnahmen zu Awareness und Vernetzung

2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Awareness und Vernetzung									
Kontinuierliche Weiterentwicklung im Netzwerk und Verbreitung von AM mit der Zielgruppe KMU unter Führung einer überparteilichen Plattformen wie die Technologieplattform AMA Sichtbarmachen der österreichischen Akteure in Österreich zur gemeinsamen Kompetenzstärkung									
Awareness in der Gesellschaft und Einbindung von Meinungsbildner									
Bewusstsein bei Pädagogen , Grundschul- und Unterstufenlehrer, Schaffen eines technikfreundlichen Klimas, Förderung der Kreativität bei Schülern (Konzept, Umsetzungsplan, Umsetzten) – spielerisches Lehren, ausprobieren									
Vernetzung und Austausch national und global stärken , Stärken der internationaler Kooperation mit internationalen in AM (Firmen und Forschungseinrichtungen), AF Positionierung im EU Rahmenprogramm, Marketing und Exportunterstützung									
Mitwirkung in internationalen Normungs- und Standardisierungsgremien									

Quelle: Eigene Darstellung der Autoren – konsolidiert aus den vier Workshops.

Doch nicht nur die internationale Wahrnehmung ist aufzubauen, sondern auch national ist ein Dialog mit der Gesellschaft über die Möglichkeiten und Barrieren zu führen. Besonders der Dialog mit Pädagogen und anderen wesentlichen Meinungsbildern ist erforderlich, um ein allgemeines Verständnis zu erzeugen und für additive Fertigung Interesse zu wecken. Eine direkte Wechselwirkung mit der Schaffung von attraktiver Ingenieursausbildung wurde ebenfalls gesehen. Die Diffusion von Wissen über additive Fertigung in die Gesellschaft unterstützt das Nachfrageverhalten nach AM relevanten Produkten und hilft wiederum neue Geschäftsmodelle zu stärken, z.B. im Consumer Bereich oder der Medizintechnik. Nachdem die Möglichkeiten der additiven Fertigung bei einer großen Anzahl von produzierenden Unternehmen in Österreich noch nicht angekommen sind, muss auch in dieser Richtung Awareness für die Technologien betrieben werden. Besonders bei Unternehmen ist es entscheidend fundiertes Wissen zu vermitteln, damit diese ein genaues Bild über die Optionen von AM erhalten.

Anhang

Referenzliste Studien

Bonneau, Vincent; IDATE, Hao Yi; Probst, Laurent; Pedersen, Bertrand; Lonkeu, Olivia-Kelly (PwC) for the European Commission. (2017). Digital Transformation Monitor. The disruptive nature of 3D printing. (<https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/dem/monitor/content/disruptive-nature-3d-printing>)

Botthof, Alfons (Hrsg.³⁴). (2016). Additive Fertigungsmethoden – Entwicklungsstand, Marktperspektiven für den industriellen Einsatz und IKT-spezifische Herausforderungen bei Forschung und Entwicklung. Begleitforschung AUTONOMIK für Industrie 4.0. iit-Institut für Innovation und Technik in der VDI / VDE Innovation + Technik GmbH.

Deloitte. (2017). Chemie 4.0. Wachstum durch Innovation in einer Welt im Umbruch. (<https://www.vci.de/services/publikationen/broschueren-faltblaetter/vci-deloitte-stuiede-chemie-4-punkt-0-langfassung.jsp>).

Dispan, Jürgen. (2017). Entwicklungstrends im Werkzeugmaschinenbau 2017. Kurzstudie zu Branchentrends auf Basis einer Literaturrecherche. 2017 Hans-Böckler-Stiftung. ISSN 2509-2359.

Ehrenberg-Silies, Simone; Kind, Sonja; Jetzke, Tobias; Bovenschulte, Marc. (2015). Additive Fertigungsverfahren / 3D-Druck. Anwendungen und Potenziale. VDI/VDE-IT. (<https://vdivde-it.de/sites/default/files/document/additive-fertigungsverfahren-3d-druck-2017.pdf>).

EUROPEAN COMMISSION. EXECUTIVE AGENCY FOR SMALL AND MEDIUM-SIZED ENTERPRISES³⁵ (2016). Identifying current and future application areas, existing industrial value chains and missing competences in the EU, in the area of additive manufacturing (3D-

³⁴ Autoren: Stephan Richter und Steffen Wischmann.

³⁵ Authors: Dr. Vincent Duchêne (IDEA Consult), Dr. Pierre Padilla (IDEA Consult), Dr. Els Van de Velde (IDEA Consult), Dr. Annelies Wastyn (IDEA Consult), Dr. Lidia Nuñez (IDEA Consult), Steven Knotter (IDEA Consult), Giorgio Magistrelli (CECIMO), Dr. Mika Nieminen (VTT), Pasi Puukko (VTT), Pentti Eklund (VTT), Nina Rilla (VTT), Matthias Deschyvere (VTT), Maria Mäntylä (VTT), Andrea Kasztler, (AIT), Karl-Heinz Leitner (AIT), Edgar Schiebel (AIT), Beatrix Wepner (AIT).

printing) (https://ec.europa.eu/growth/content/report-3d-printing-current-and-future-application-areas-existing-industrial-value-chains-0_en).

Fink, Matthias; Gartner, Johannes; Maresch, Daniela. (2017). Additive Fertigung: Potenziale für den Standort Österreich. (<https://www.rat-fte.at/search-261.html?keywords=additive+Fertigung>)

Fink, Matthias; Gartner, Johannes; Maresch, Daniela. (2016). "Future of 3D-Printing and Additive Manufacturing in Medicine". 1st International Conference on 3D-Printing in Medicine.

Gartner, Johannes; Fink, Matthias. (2018). "The Magic Cube: Towards a Theoretical Framework to Explain the Disruptive Potential of Additive Manufacturing". IN Translational Materials Research, Vol. 5, Nummer 2, Seite(n) 1-6, 6-2018.

Gartner, Johannes; Maresch, Daniela; Fink, Matthias. (2015). "The Potential of Additive Manufacturing - An Integrative Technology Assessment". IN Creativity and Innovation Management, Vol. 24, Seite(n) 585-600.

Leichtbau BW GmbH. (2018). Additive Manufacturing im Leichtbau – strategische und betriebswirtschaftliche Herausforderungen und Perspektiven. (<https://www.leichtbau-bw.de/service/publikationen.html>).

Maresch, Daniela; Gartner, Johannes. (2018). "Make disruptive technological change happen - The case of additive manufacturing". IN Technological Forecasting and Social Change, North-Holland.

Peters, Sascha. (2015). Additive Fertigung. Der Weg zur individuellen Produktion. Für das Hessische Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung. (http://www.haute-innovation.com/cms/upload/PDF/Additive_Fertigung_final_screen.pdf).

Renda, Vincenzo (ed.). (2017). European Additive Manufacturing Strategy. cecimo. (http://www.cecimo.eu/site/fileadmin/Additive_manufacturing/AM_European_Strategy_2017_LQ.pdf).

Verein Deutscher Ingenieure e.V. (VDI, Dr. Erik Marquardt) (2014). Additive Fertigungsverfahren. Fachbereich Produktionstechnik und Fertigungsverfahren (https://m.vdi.de/fileadmin/vdi_de/redakteur_dateien/gpl_dateien/VDI_Statusreport_AM_2014_WEB.pdf).

Wohler's Report 2017. (auch <http://wohlersassociates.com/roadmap2009.html>).

Weitere Links, die für die Roadmap bedeutend sind:

- <http://www.rm-platform.com/index.php/rm-article/36-info/99-additive-manufacturing-roadmap>
- <http://wohlersassociates.com/roadmap2009.html>
- <http://www.rm-platform.com/downloads2/newest-downloads>
- <http://www.rm-platform.com/component/jdownloads/summary/52-associated-projects/605-am-roadmap-2016>
- <http://www.rm-platform.com/component/jdownloads/send/1-root/643-list-of-european-am-related-projects-fofam-2016?Itemid=0>
- <https://www.smarteureka.com/mediafiles/2/1517507429-20180201-smart-cluster-technology-roadmap-en.pdf>



Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Straße 1, 1010 Wien

+43 1 123 45-0

email@bmvit.gv.at

bmvit.gv.at