

StrategieWerkstatt
Industrie der ZUKUNFT.



SCHLAGLICHT

**Leichtbau und Additive Fertigung –
Technologien für Sachsens
Industrie der Zukunft**

StrategieWerkstatt: Industrie der ZUKUNFT.
des Sächsischen Staatsministeriums
für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr

Tel. 0351 486 797 40
strategiewerkstatt@smwa.sachsen.de
industrie.sachsen.de/strategiewerkstatt.html

in Zusammenarbeit mit



Carbon Composites e.V.
Abteilung CC Ost
Dr.-Ing. Thomas Heber



Technische Universität Dresden
Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik
Dr.-Ing. Michael Krahl



Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik
und Angewandte Materialforschung
Institutsteil Dresden
Dr.-Ing. Olaf Andersen

Inhalt

Inhalt	3
1 Einleitung	4
2 Leichtbau.....	5
2.1 Was ist Leichtbau?	5
2.2 Wo gibt es Leichtbau in Sachsen?.....	6
2.3 Welches Potenzial hat der Leichtbau für die sächsische Industrie?.....	8
2.4 Wo liegen die Herausforderungen für den Leichtbau?	8
2.5 Worin besteht der aktuelle Handlungsbedarf?.....	9
3 Additive Fertigung.....	11
3.1 Was ist Additive Fertigung?	11
3.2 Wo gibt es Additive Fertigung in Sachsen?	13
3.3 Welches Potenzial hat die Additive Fertigung für die sächsische Industrie?.....	15
3.4 Wo liegen die Herausforderungen für die Additive Fertigung?	18
3.5 Worin besteht der aktuelle Handlungsbedarf?.....	19
Literaturverzeichnis	21

1 Einleitung

Viele der industriellen Wandlungsprozesse, die sich vor unseren Augen vollziehen, sind nicht vordergründig technologischer Natur, sondern betreffen gerade im Falle der am tiefsten greifenden Veränderungen die Organisationsformen und die Geschäftsmodelle der Unternehmen und wirken sich auf ihre Stellung in den Wertschöpfungsketten aus. In aller Regel beruhen die Umwälzungen aber auf technologischen Innovationen oder werden von solchen begleitet. Dabei richtet sich der Blick in erster Linie auf digitale Technologien, die – manchmal in spektakulärer Weise – herkömmliche Industrien von Grund auf verändern. Bei alledem sollte aber nicht übersehen werden, dass industrielle Produktion per definitionem die Herstellung stofflicher Produkte umfasst und ihre Entwicklung nicht denkbar ist ohne Innovationen im materiellen Kern der Fertigungsverfahren und Erzeugnisse.

Dieser Sachverhalt spiegelt sich auch in der erfolgreichen Entwicklung der sächsischen Industrie wieder. Viele der Erfolgsgeschichten von Unternehmen im Freistaat handeln von der geschickten Verknüpfung modernster Produktionstechnologien und neuartiger Produkteigenschaften mit den Möglichkeiten der digitalen Welt. Eine der Besonderheiten des industriellen Fortschritts in Sachsen besteht darin, dass die Innovationen häufig von Forschungsinstituten ausgehen, von denen es ein vergleichsweise dichtes Netz exzellenter Einrichtungen im universitären und außeruniversitären, aber auch im industrienahen Bereich gibt. In diesem Zusammenhang ist noch ein großes Potenzial für den Transfer und für die Anwendung von Forschungsergebnissen in der industriellen Praxis zu verzeichnen.

Dies trifft in besonderem Maße auf die beiden technologischen Gebiete zu, auf die die Aufmerksamkeit mit dem vorliegenden Schlaglicht gelenkt werden soll. Wie im Folgenden gezeigt wird, haben sich in den Bereichen Leichtbau und Additive Fertigung sächsische Kompetenzen entwickelt, die im deutschlandweiten und internationalen Vergleich hervorragend abschneiden. Noch bleibt die industrielle Nutzung hinter dem vorhandenen Potenzial zurück, auch wenn bereits Beispiele für die Anwendung existieren, die die damit verbundenen Möglichkeiten eindrucksvoll demonstrieren. Ein weiterer Aspekt macht die beiden betrachteten Technologiebereiche besonders interessant, wenn von der Industrie der Zukunft gesprochen wird: Sie stehen in einzigartiger Weise für die Verknüpfung stofflicher Produktion mit digitalen Technologien und versprechen dadurch Entwicklungspotenziale, von denen anzunehmen ist, dass ihre Realisierung bisher nur in Teilen angegangen wird.

Mit dem vorliegenden Schlaglicht soll ein Beitrag dazu geleistet werden, das Bewusstsein für die Chancen zu schärfen, die mit der Anwendung von Leichtbau und Additiver Fertigung für die Entwicklung der sächsischen Industrie verbunden sind. Zu diesem Zweck soll ein Überblick über die im Freistaat vorhandenen Kompetenzen gegeben werden und die Potenziale, aber auch die Herausforderungen eines Transfers in die industrielle Produktion skizziert werden. Schließlich soll der Handlungsbedarf benannt werden, dem sich die verschiedenen Akteure in Sachsen gegenüber sehen, wenn die Möglichkeiten für die Entwicklung der hiesigen Industrie genutzt werden sollen.

2 Leichtbau

2.1 Was ist Leichtbau?

Leichtbau ist eine Schlüsseltechnologie in vielen für Deutschland und Europa wichtigen Industriebranchen und ist als ein wesentlicher Teil in der aktuellen Hightech-Strategie der Bundesregierung verankert. In der Luft- und Raumfahrt, im Automobilbau und im Transportwesen spielt der Leichtbau eine große Rolle für die Entwicklung ressourcenschonender und energieeffizienter Produkte. Neben diesen traditionellen Innovationstreibern finden Leichtbaukomponenten jedoch zunehmend auch in weiteren Branchen, wie etwa dem Bauwesen, dem Schiffs- und Maschinenbau, aber auch in der Energie- oder Medizintechnik Verwendung. Dabei geht es neben einer reinen Gewichts- und Materialeinsparung durch den Ersatz herkömmlicher Werkstoffe auch um die Verbesserung der Funktionalität von Bauteilen durch die geschickte Kombination unterschiedlicher Werkstoffe. Beispielsweise streben mittlerweile die Ingenieure im automobilen Karosseriebau nicht mehr unbedingt den vollständigen Ersatz von Stahl durch Carbonfasern an, sondern es gilt vielmehr die Kombination aus herkömmlichen Stahl- oder Aluminiumblechen mit carbonfaserverstärktem Kunststoff als zukunftsweisender Weg, die jeweiligen Vorteile der verschiedenen Werkstoffe gezielt einzusetzen.

Generell kann man feststellen, dass der breite Einsatz von Leichtbaukomponenten in immer mehr Anwendungsfeldern eine Betrachtung und Anpassung der vollständigen jeweiligen Prozesskette notwendig macht, um die funktionalen Vorteile auch wirtschaftlich und nachhaltig umzusetzen. An der Wertschöpfung ist eine große Zahl von Unternehmen aus unterschiedlichen Industriezweigen beteiligt, die im Rahmen der Produktentwicklung berücksichtigt werden muss. Die Wertschöpfungskette beginnt bei der Rohstoffgewinnung und Herstellung von Metall-, Leichtmetall-, Polymer-, Keramik- oder Faserhalbzeugen. Sie führt über die anschließende Weiterverarbeitung zu Blechen, Profilen, Verbundwerkstoffen oder Verstärkungstextilien und deren mechanische Bearbeitung durch Drehen, Stanzen oder Fräsen. Weitere Schritte sind die Oberflächenbeschichtung und die Automatisierung der Montage, aber auch das Recycling am Ende der Produktlebensdauer muss in die Betrachtung im Sinne einer ganzheitlichen und nachhaltigen Technologie einbezogen werden. Für all diese Produktionsschritte müssen Methoden und Arbeitsweisen teilweise grundlegend neu entwickelt und aufeinander abgestimmt werden. Nicht zuletzt werden auch verstärkt Dienstleistungen im Entwicklungsprozess benötigt, etwa von spezialisierten Ingenieurbüros zur leichtbaugerechten Konstruktion und simulationsgestützten Auslegung der Bauteilstrukturen und Fertigungsprozesse.

Der Leichtbau ist letztlich eine übergreifende Konstruktionsphilosophie und somit auch als eine Querschnittstechnologie zu verstehen, die gekennzeichnet ist durch eine enge Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Fachrichtungen im Umgang mit neuen Materialien, Bauweisen und Fertigungstechniken. Dies erklärt auch die im Leichtbau auffällig starke Verzahnung von Wissenschaft und Industrie entlang nahezu der gesamten Wertschöpfungskette. Zum einen ist die Ausbildung hochqualifizierter Fachkräfte erforderlich, zum anderen werden Innovationen auch stark durch neue Forschungsergebnisse getrieben.

„Den“ Leichtbauwerkstoff gibt es nicht, es werden je nach Anwendungsfeld viele unterschiedliche Leichtmetalle, Polymere, Keramiken oder auch Verbundwerkstoffe verwendet. Im Folgenden wird jedoch der Einsatz sogenannter Carbon-Verbundwerkstoffe als ein guter Indikator für die Entwicklung des weltweiten Leichtbaumarktes näher beleuchtet. Diese, im Vergleich zu anderen Werkstoffen noch vergleichsweise junge Materialklasse stellt einen maßgeblichen Wachstumstreiber dar. Der jährliche globale Bedarf an Carbon-Verbundwerkstoffen lag 2016 bei ca. 126.700 Tonnen. Das ist im Vergleich zu 1,7 Milliarden Tonnen Stahl wenig, es sind jedoch mittlere jährliche Wachstumsraten von 10 bis 13 % zu verzeichnen. Die Hauptanwenderbranche ist die Luft- und Raumfahrt mit etwa 30 % des Materialvolumens und 60 % des Umsatzvolumens. Die Innovation wird hier vor dem Hintergrund höchster Qualitäts- und Funktionalitätsanforderungen hauptsächlich von den aktuellen Entwicklungsprogrammen bei Airbus und Boeing getrieben, allerdings gibt es zunehmend auch asiatische Konkurrenz, wie etwa die chinesische Comac.

Die Automobilbranche ist der am stärksten wachsende Markt für Carbon-Verbundwerkstoffe. Hier wird die Verwendung von Leichtbaumaterialien zunehmend zu einer technischen Notwendigkeit, um die Anforderungen an einen immer effizienteren Treibstoffverbrauch noch mit der unweigerlichen Gewichtszunahme durch immer mehr Komfort- und Sicherheitsfunktionen vereinbaren zu können. Dies gilt in verstärktem Maße auch für den Bereich Elektromobilität und autonomes Fahren, da hier die noch begrenzte Reichweite einem zusätzlichen Gewicht durch die große Anzahl an notwendigen Elektronikkomponenten gegenübersteht. Neben der bereits erwähnten Metall-Carbonfaser-Mischbauweise im Karosseriebau gibt es auch bei weiteren funktionellen Komponenten großes Potenzial für die Verwendung von Leichtbaumaterialien. So wird beispielsweise Volvo in mehreren Modellen glasfaserverstärkte Komposit-Querblattfedern einsetzen, die weit über 50 % Gewichtseinsparung gegenüber einer konventionellen Stahlblattfeder erreichen. Weiterhin gibt es großes Wachstumspotenzial in der Baubranche, beispielsweise durch die Verwendung von kohlenstoffarmiertem Beton anstelle von Stahlbeton. Hier sind bei gleicher Tragfähigkeit signifikante Materialeinsparungen beim Beton erreichbar, wie bereits in ersten Pilotanwendungen gezeigt werden konnte. Schon allein aufgrund des großen benötigten Materialvolumens könnte die Nachfrage nach Carbonfasern im Bauwesen schnell die derzeit weltweit verfügbare Menge überschreiten und somit zum Hauptinnovations-treiber werden.

2.2 *Wo gibt es Leichtbau in Sachsen?*

In Deutschland ist der Leichtbau sehr weit entwickelt. Deutschland genießt als innovatives Hochtechnologieland einen international exzellenten Ruf. Ein ausgeprägter Ingenieursgeist und eine hervorragende Forschungslandschaft ermöglichen es, deutschen Unternehmen und Forschungseinrichtungen im Bereich des Leichtbaus eine führende Rolle einzunehmen. Wie bereits erwähnt, ist die Verzahnung von Unternehmen und Forschungseinrichtungen gerade für den Leichtbau eine wichtige Voraussetzung für erfolgreiche Innovationen. So hat sich mittlerweile eine weltweit einzigartige Leichtbau-landschaft in Deutschland entwickelt, wie sich an einer Vielzahl von Netzwerken, Forschungsclustern sowie Technologiezentren deutlich machen lässt. Die inhaltliche Ausrichtung wird dabei in der Regel durch die jeweiligen regional ansässigen Unternehmen geprägt. So werden beispielsweise in Stuttgart (Forschungscampus Arena 2036) und Wolfsburg (Forschungscampus Open Hybrid LabFactory) die Themenschwerpunkte wesentlich durch die ansässigen Automobilbauer (Daimler, Volkswagen) und die angeschlossene Zulieferindustrie definiert. Die Metropolregion Hamburg und die Hansestadt Stade sind traditionell durch die Luftfahrtbranche (Airbus) geprägt. Dementsprechend agiert das Netzwerk CFK-Valley hier mit seinem Themenschwerpunkt zur Verarbeitung von kohlenstofffaserverstärkten Halbzeugen. Die größte Gemeinschaft im Bereich der Hochleistungs-Faserverbundwerkstoffe wird durch den Carbon Composites e.V. (CCeV) vertreten. Mit ca. 300 Unternehmen und Forschungseinrichtungen ist der CCeV auch über die Landesgrenzen hinaus in Österreich und der Schweiz aktiv.

Die Situation in Sachsen lässt sich ebenfalls anhand der vorhandenen Netzwerkstrukturen einordnen. Überregionale Cluster mit starker sächsischer Beteiligung sind die Forschungsplattform FOREL und das Bundesexzellenzcluster MERGE, die jeweils werkstoffunabhängig im Sinne eines effizienten Multi-Material-Designs ausgerichtet sind. Daneben sind insbesondere die regional sächsisch ausgerichteten Cluster Allianz Textiler Leichtbau (ATL, Chemnitz), Leichtbauallianz Sachsen (Dresden, Freiberg, Chemnitz) zu erwähnen. Regional aktive Netzwerke, wie etwa die Regionalabteilung CC Ost des Carbon Composites e.V., vernetzen die regionalen Unternehmen mit dem Gesamtverein und starten Initiativen und Arbeitsgruppen. So konnten durch den CC Ost beispielsweise die Arbeitsgruppen "Additive Fertigung", "Multi-Material-Design", "Werkzeug- und Formenbau" und "Faser-Matrix-Haftung" sowie die BMBF-Innovationsforen "Hochleistungsfaserverbund - Etablierung wettbewerbsfähiger Fertigungsketten" und "MultiForm - Werkzeugsystemplattform für Faserverbund-Mischbauweisen", aber etwa auch das sächsische Projekt „MM3D - Generative Fertigung von Multi-Material-Leichtbaustrukturen und -Werkzeugsystemen“ ins Leben gerufen werden. Kern der Aktivitäten ist dabei die gezielte Vernetzung der regionalen und überregionalen Industrie und Wissenschaft sowie die kooperative Technologieentwicklung mit dem gemeinsamen Fokus des industriellen Durchbruchs von Faserverbund-Leichtbau-Technologien. Auf diese Weise wird eine nachhaltige Quelle für Wachstum und Hightech-

Arbeitsplätze erschlossen, die regionale Unternehmen entlang der gesamten Wertschöpfungskette einbindet und branchenübergreifende Strahlkraft besitzt.

Darüber hinaus wird der Zusammenhalt innerhalb der einzelnen Branchen über aktive und gut funktionierende Netzwerke gefördert. Hier sind etwa zu nennen das Kompetenzzentrum Luft- und Raumfahrttechnik Sachsen/Thüringen e.V., BTS Bahntechnik Sachsen e.V., das Netzwerk der Automobilzulieferer Sachsen in Verknüpfung mit dem Automotive Cluster Ostdeutschland e.V., der Innovationsverbund Maschinenbau Sachsen VEMASinnovativ sowie der C3 – Carbon Concrete Composite e.V. für den Leichtbau im Bauwesen. Das Engagement in diesen Vernetzungsplattformen hat nicht zuletzt dazu geführt, dass sich in Sachsen mittlerweile eine Leichtbaulandschaft mit Vorreiterrolle entwickelt. Diese ist im Unterschied zu vielen anderen Regionen weniger durch eine starke Leitindustrie in Form weniger ansässiger Großunternehmen geprägt. Vielmehr besteht die sächsische Leichtbaulandschaft aus einer Vielzahl leistungsstarker kleiner und mittlerer Unternehmen in Verbindung mit führenden universitären und außeruniversitären Forschungseinrichtungen. Insbesondere im wissenschaftlichen Bereich ist Sachsen hervorragend aufgestellt. Im bundesweiten Vergleich ist keine andere Region zu finden, die im Materialforschungsbereich derart stark aufgestellt ist. Allein schon die Region Dresden verfügt im Bereich der Materialwissenschaften über eine Forschungsinfrastruktur, die neben der Technischen Universität Dresden auch zahlreiche namhafte Fraunhofer-, Leibniz- und Max-Planck-Institute sowie ein Helmholtz-Institut aufweist und im sogenannten DRESDEN-concept bündelt. Bei Erweiterung der Region Dresden um die Regionen Chemnitz und Freiberg im Rahmen der „Leichtbauallianz Sachsen“ mit ihren jeweiligen ebenfalls herausragenden Forschungseinrichtungen ergibt sich ein ganzheitliches Portfolio rund um die anwendungsrelevante werkstoffübergreifende Leichtbauforschung, die international Maßstäbe setzt.

Kern der Leichtbauallianz ist die gegenseitige Unterstützung bei komplexen Innovationsvorhaben durch Bündelung von technologischer Kompetenz, Infrastruktur, Ressourcen und Zugängen zu relevanten Märkten. Im Einzelnen bedeutet dies etwa eine exzellente Forschungsinfrastruktur für die Technologieentwicklung im produktionsnahen Maßstab und besondere Innovationspotenziale durch die enge Verknüpfung von Werkstoff- und Produktionsforschung. Da in Sachsen insgesamt acht Hochschulen mit Forschungsschwerpunkten im Leichtbau und der Produktionstechnik lehren und forschen, ist von einem weiteren Wachstum der Leichtbauallianz Sachsen auszugehen. Darüber hinaus ist die Einbindung von außeruniversitären Forschungseinrichtungen, Verbänden und Unternehmen mit Kompetenzen im Bereich Leichtbau vorgesehen, sodass ein grundsätzlich regionaler Verbund mit Anbindung an nationale und internationale Netzwerke entsteht.

Auf Basis dieser herausragenden Forschungsinfrastruktur wurden und werden eine Vielzahl von Projekten rund um den Leichtbau initiiert. Diese reichen von der Grundlagenforschung bis zur anwendungsgetriebenen Forschung in direkter Zusammenarbeit mit der regionalen und überregionalen Industrie, wobei neben kleinen und mittleren Unternehmen oft auch international bekannte Großunternehmen vertreten sind. Exemplarisch sind das Bundesexzellenzcluster MERGE und die Technologieplattform FOREL als zwei der größten und bekanntesten deutschen Leichtbau-Projekte zu nennen.

Das Chemnitzer Großprojekt „MERGE: Technologiefusion für multifunktionale Leichtbaustrukturen“ stellt das deutschlandweit einzige Bundesexzellenzcluster auf dem Gebiet der Leichtbauforschung dar. Über 100 Wissenschaftler arbeiten hier daran, großserientaugliche Basistechnologien aus den Bereichen Kunststoff, Metall, Textil und Smart Systems zur Entwicklung ressourceneffizienter Produkte und Produktionsprozesse zusammenzuführen. Gefördert wird MERGE mit ca. 40 Millionen Euro durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft über einen Zeitraum von 6 Jahren seit November 2012. Die vom BMBF geförderte Forschungsplattform „FOREL – Forschungs- und Technologiezentrum für ressourceneffiziente Leichtbaustrukturen der Elektromobilität“ stellt eine national übergreifende, offene Plattform zur Entwicklung von Hightech-Leichtbausystemlösungen in Multi-Material-Design, insbesondere für zukünftige Elektrofahrzeuge, dar. Das deutschlandweit anerkannte, von Dresden gelenkte Forschungsnetzwerk FOREL beinhaltet aktuell zehn Technologieprojekte und weitere zehn Satellitenprojekte. Bundesweit sind derzeit fünf koordinierende Forschungseinrichtungen und über 80 Industriepartner, die sich technologisch und finanziell an den Projekten beteiligen, im FOREL vereint. Darüber

hinaus zeichnet sich das FOREL-Konsortium inhaltlich verantwortlich für die Leichtbau-Roadmap der Nationalen Plattform Elektromobilität der Bundesregierung.

2.3 Welches Potenzial hat der Leichtbau für die sächsische Industrie?

Aus dem vorangegangenen Abschnitt wird klar, dass der Leichtbau in Sachsen vor allem im wissenschaftlichen Bereich eine herausragende Rolle spielt. Hinzu kommt die außergewöhnlich hohe Innovationskraft der Sachsen. Im EU-Vergleich zählt Sachsen zu den Innovationsführern, was neben dem hohen Bildungsstand etwa auch an der Höhe der Investitionen und der Zahl der Beschäftigten in Forschung und Entwicklung, der guten Vernetzung von Wirtschaft und Wissenschaft sowie der Zahl an Patentanmeldungen festgemacht wird. In den letzten Jahren ist positiv zu beobachten, dass genau diese Rahmensituation der ausgezeichneten Forschungslandschaft zunehmend als Nährboden für den Aufbau eines industriellen Umfeldes wirkt, dass nicht nur den vorhandenen Mittelstand stärkt, sondern auch neue Hochtechnologie-Unternehmen hervorbringt und auch dazu führt, dass sich namhafte nationale und internationale Unternehmen in Sachsen ansiedeln. Beispielhafte Ausgründungen aus der sächsischen Forschungslandschaft auf dem Gebiet des Leichtbaus sind etwa die Firmen AM Metals GmbH, CarboLife technologies GmbH & Co. KG., EAST-4D Carbon Technology GmbH, Hightex Verstärkungsstrukturen GmbH, Leichtbau-Zentrum Sachsen GmbH, Leichtbau-Systemtechnologien KORROPOL GmbH, LSE – Lightweight Structures Engineering GmbH, SCABA GmbH, Symate GmbH, SURAGUS GmbH und die Qpoint Composite GmbH. Beispiele für Unternehmensansiedlungen rund um den Leichtbau sind die Diehl Aviation Gilching GmbH, das BMW Werk Leipzig, die ThyssenKrupp Carbon Components GmbH.

Weitere sich im sächsischen Umfeld erfolgreich entwickelnde Mittelständler mit heute beeindruckender Größe und Performance sind z. B. die Bharat Forge Aluminiumtechnik GmbH, die COTESA GmbH, die Elbe Flugzeugwerke GmbH sowie die IMA Materialforschung und Anwendungstechnik GmbH mit einer bis in die 1950er Jahre zurückreichenden Leichtbau-Historie. Nicht zu vergessen sind die zahlreichen leistungsstarken sächsischen KMU, die in vielfältiger Form an den Wertschöpfungsketten des modernen Leichtbaus beteiligt sind. Darüber hinaus erkennen zunehmend auch ausländische, global agierende Unternehmen das hohe Potenzial des Leichtbau-Standorts Sachsen. Dies wird etwa durch die in Dresden gegründete CG Rail GmbH als chinesisch-deutsches Entwicklungszentrum für Leichtbau in der Bahntechnik deutlich, bei dem der Hauptinvestor CRRC Corporation Limited als größter Schienenfahrzeughersteller der Welt gezielt auf das sächsische Know-how setzt. Auch die jüngste Ansiedlung des Schweizer Unternehmens Connova ist darauf zurückzuführen.

Die Gesamtheit der sächsischen Leichtbaulandschaft in ihrer Symbiose aus Wissenschaft und Industrie trägt somit nachhaltig zum Aufbau bzw. zur Stärkung der sächsischen Wirtschaft und der Schaffung und Sicherung von Hightech-Arbeitsplätzen bei, was Sachsen zu einem international wettbewerbsfähigen Standort für Leichtbau-Technologien macht.

2.4 Wo liegen die Herausforderungen für den Leichtbau?

Die sächsischen Unternehmen in der Leichtbau-Wertschöpfungskette zeichnen sich insbesondere durch ein hohes Maß an Spezialisierung und große technologische Expertise aus. Andererseits begrenzt die Kleinteiligkeit der sächsischen Industrie häufig ihre Wettbewerbsfähigkeit, etwa im Zuliefergeschäft mit großen Automobilherstellern. Kleine Firmen haben es meist schwer, sich ausreichend Akzeptanz bei großen Kunden zu verschaffen. Im ungleichen Verhältnis befürchten Kleinunternehmen, ihr Technologiewissen komplett an den Kunden übertragen zu müssen, um einen Auftrag zu erhalten und sehen ihr Know-how nicht immer angemessen geschützt. Weiterhin führt das vergleichsweise geringe Eigenkapital der Unternehmen oft zu einer verminderten Risikobereitschaft bzgl. der Erschließung neuer Produktfelder oder der Veränderung der Marktausrichtung. Auch die Möglichkeiten, sich international auszurichten, sind für kleine Unternehmen oftmals begrenzt, jedoch angesichts der fortschreitenden Globalisierung der Märkte dringend notwendig. Die Herausforderung besteht im Spannungsfeld zwischen einem schwierigen Tagesgeschäft zur Sicherung der Existenz und einer langfristig auszurichtenden, strategischen Geschäftsentwicklung hin zu einer Stärkung der

Marktposition durch Innovation und Alleinstellungsmerkmale, um sich auf dem weltweiten Markt gegenüber starken Wettbewerbern aus Europa, Amerika und besonders aus Asien langfristig behaupten können.

Ein innovativer Lösungsansatz, um kleine Unternehmen sowohl eine bessere Vernetzung und Einbindung in die Wertschöpfungskette, als auch einen besseren Zugang zu Zukunftstechnologien für eine strategische Geschäftsfelderschließung zu ermöglichen, ist eine unternehmensübergreifende Zusammenarbeit auch auf operativer Ebene, etwa im Rahmen einer „Shared Factory“. Durch gezielte Teilung von Ressourcen und die Partizipation am Werkstoff- und Technologie-Know-how führender Forschungseinrichtungen können beteiligte Unternehmen vom Komponenten- zum Systemanbieter aufsteigen und ihre individuelle Wettbewerbsfähigkeit signifikant steigern. Dieser Ansatz soll somit die Rahmenbedingungen für eine Etablierung von wettbewerbsfähigen, unternehmensübergreifenden Fertigungsvereinigungen schaffen, die deutlich größere Teile der Wertschöpfungskette erschließen können, als es das einzelne Unternehmen alleine vermag. So arbeitet etwa das Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik der TU Dresden gerade daran, Unternehmen aus dem Bereich des Faserverbund-Leichtbaus ein derartiges Konzept im Rahmen der „Universellen Werke“ anzubieten. In Anlehnung an das Genossenschaftsprinzip soll als technologische Keimzelle des faserverbundintensiven Leichtbaus eine Plattform für die gemeinsame Nutzung von Fertigungsanlagen, Betriebsflächen, Software und spezialisiertem Personal entstehen, die zu einer Steigerung der individuellen und gemeinsamen Kapazität, Produktivität und Wirtschaftsleistung führen soll. Letztlich kann durch eine Vernetzung bestehender kleiner und mittlerer Unternehmen auch auf operativer Ebene das Fehlen von großen, als Wirtschaftsmotor fungierenden Leitunternehmen im sächsischen Leichtbau kompensiert und so das in Sachsen vorhandene Potenzial für einen industriellen Durchbruch des Faserverbundleichtbaus besser ausgeschöpft werden. Darüber hinaus kann eine derartige unternehmensübergreifende Zusammenarbeit unter einer gemeinsamen Marke die überregionale Sichtbarkeit enorm verbessern. Allerdings ist dafür auch die Schaffung einer Organisationsstruktur erforderlich, die es einerseits dem Konsortium erlaubt, als ein Unternehmen zu denken, die aber andererseits den einzelnen beteiligten Partnerunternehmen dennoch die notwendigen Freiräume für eine eigenständige Geschäftsentwicklung lässt.

Generell ist für den weiteren Ausbau und die Stärkung des Leichtbaus in Sachsen die Intensivierung der Zusammenarbeit zwischen Herstellern und Zulieferern über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg erforderlich. Hier ist nicht zuletzt auch die stärkere Einbeziehung der exzellenten Forschungsinstitute und Entwicklungsdienstleister empfehlenswert. Das Wissen um neue Hochleistungswerkstoffe und deren Verarbeitung ist an den sächsischen Hochschulen und Forschungsstätten in hohem Maße vorhanden. Den Standortvorteil, der sich durch die Nähe zu den wissenschaftlichen Einrichtungen für sächsische Unternehmen ergibt, gilt es jedoch auch gezielt zu nutzen. Das Potenzial, gute Forschungsergebnisse durch Technologietransfer auch wirtschaftlich zu nutzen, wird von den ansässigen Unternehmen bisher jedoch noch nicht voll ausgeschöpft.

2.5 Worin besteht der aktuelle Handlungsbedarf?

Angesichts des in den vorangegangenen Abschnitten dargestellten großen Potenzials, aber auch der deutlichen bestehenden Herausforderungen für die sächsischen Leichtbauunternehmen, ist Handlungsbedarf erkennbar. So diskutierten etwa auf dem Forum „Leichtbauwerkstoffe für die Industrie der Zukunft“ im Rahmen der Werkstoffwoche 2017 in Dresden Vertreter der sächsischen Industrie und führender Forschungsinstitute unter anderem auch Handlungsmöglichkeiten zur nachhaltigen Stärkung der sächsischen Leichtbaulandschaft.

Zum einen bestehen Verbesserungsmöglichkeiten im Bereich der Förderpolitik. Der Leichtbau ist als ein wesentliches Element in der Hightech-Strategie der Bundesregierung verankert und wird in verschiedenen Fördermaßnahmen sowohl auf Bundes- als auch auf Landesebene thematisch aufgegriffen. Seitens der Industrie und der Forschungsinstitute besteht die Empfehlung, dass eine bessere Abstimmung und Bündelung der Maßnahmen auf Basis einer gemeinsamen Strategie zu einer größeren Hebelwirkung führen würde. Hierfür bildet die Etablierung einer guten Kommunikation zwischen

Politik, Industrie und Forschungsinstituten eine entscheidende Grundlage, um frühzeitig die Förderinstrumente am realen Bedarf ausrichten zu können. Erstrebenswert sollte dabei ein systemischer Lösungsansatz sein, der die unterschiedlichen Kompetenzen und Forschungsergebnisse der beteiligten Unternehmen und Forschungseinrichtungen gezielt zusammenführt, um Synergien zu erzeugen und bestmöglich auszuschöpfen.

Weiterhin bestehen Verbesserungsmöglichkeiten in der Nutzung der vorhandenen Förderinstrumente durch die Unternehmen im Leichtbau. Während Forschungseinrichtungen in der Regel sehr gut über die jeweils aktuellen Maßnahmen informiert sind und über viele Jahre Erfahrung und Routine bei der Beantragung und Durchführung von öffentlich geförderten Projekten gesammelt haben, fehlt insbesondere bei kleinen Unternehmen oftmals das entsprechende Know-how für eine effektive Nutzung der Fördermöglichkeiten. Dies führt häufig dazu, dass Verbundprojekte in Kooperation zwischen Forschungseinrichtungen und Unternehmen vorwiegend auf Initiativen der Forschungseinrichtungen beruhen und sich weniger am tatsächlichen Forschungsbedarf in den Unternehmen orientieren. Ein gutes Beispiel, wie hier von der Politik bereits entsprechende Verbesserungsansätze aufgegriffen wurden, ist die kontinuierliche Fördermaßnahme KMU-innovativ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung, die auf zahlreichen Technologiefeldern seit einigen Jahren erfolgreich kleine und mittlere Unternehmen in die Forschungsförderung einbindet. Ausgehend von solchen Ansätzen gilt es einerseits für die Förderpolitik, die bestehenden Informations- und Beratungsangebote noch gezielter zu verbreiten, andererseits aber auch für die Unternehmen, diese entsprechend anzunehmen und zu nutzen. Auch seitens der Universitäten und Forschungseinrichtungen besteht noch Verbesserungspotenzial hinsichtlich einer transparenteren Information über die vorhandenen Forschungskompetenzen. So könnten Aktivitäten im Rahmen der „Third Mission“ gezielter auch dahin gelenkt werden, neueste Forschungsergebnisse regional ansässigen Unternehmen zugänglich und verständlich zu machen, um mögliche Anknüpfungspunkte für eine Zusammenarbeit zu finden. Auch hier ist letztlich eine bessere Kommunikation und ein konstruktiver Austausch unter den beteiligten Akteuren Grundvoraussetzung für den Erfolg solcher Maßnahmen.

Ein Ansatz zur Verbesserung der strategischen Abstimmung und der transparenten Informationsverbreitung wären die stärkere Nutzung der vorhandenen Leichtbaunetzwerke, insbesondere durch die beteiligten Unternehmen. Wie bereits erwähnt, existieren zahlreiche Netzwerkiniciativen sowohl auf bundesweiter als auch auf regionaler Ebene. Eine stärkere Abstimmung in der gemeinsamen Ausrichtung oder auch eine Verbindung dieser Netzwerke untereinander könnte dabei helfen, die kritische Masse zu erreichen.

In diesem Zusammenhang ist auch eine verstärkte Förderung des Technologietransfers aus den Universitäten und Forschungseinrichtungen in die Industrie zu prüfen. Die Begünstigung von Unternehmensgründungen, insbesondere in Form von Start-ups aus dem Universitätsbetrieb, ist dabei eine Möglichkeit, die bereits zunehmend in den Fördermaßnahmen aufgegriffen und vorangetrieben wird. Neben staatlichen Investitionsfonds oder anderen Formen der finanziellen Unterstützung in den verschiedenen Gründungs- und Wachstumsphasen werden auch neue Veranstaltungsformen, wie Innovationsforen oder „Speed-Datings“ etabliert, etwa um Start-ups und Kleinunternehmen schnell mit geeigneten Projektpartnern zusammenzubringen und Unterstützung für die Initiierung von Förderprojekten bereitzustellen. Hier können vor allem die etablierten Netzwerke zukünftig noch mehr unterstützen, um den Schulterschluss leistungsstarker sächsischer Konsortien auf dem Zukunftsfeld des innovativen Leichtbaus mit weltweiter Ausstrahlung zu realisieren.

3 Additive Fertigung

3.1 Was ist Additive Fertigung?

Die VDI-Richtlinie 3405 definiert Additive Fertigungsverfahren, welche auch als (engl.) „Additive Manufacturing (AM)“ oder Generative Fertigungsverfahren bezeichnet werden, wie folgt: „Additive Fertigungsverfahren sind Fertigungsverfahren, bei denen das Werkstück element- oder schichtweise aufgebaut wird.“

Eine Unterteilung der AM-Verfahren kann nach verschiedenen Gesichtspunkten erfolgen und bleibt in gewissem Sinne willkürlich. Die DIN 8580 ordnet die AM-Verfahren den Urformenden Fertigungsverfahren zu und unterscheidet danach, ob der eigentliche Druckprozess aus dem flüssigen, pastösen oder körnigen-festen Zustand heraus erfolgt. Die gemeinsamen Normungsbemühungen von ASTM und ISO unterteilen in unterschiedliche verfahrenstechnologische Prozesskategorien. Tabelle 1 zeigt die Prozesskategorien aus der DIN EN ISO/ASTM 52900, um die wichtigsten Verfahren kurz vorzustellen.

Tabelle 1: Übersicht zu den Prozesskategorien der Additiven Fertigung nach DIN EN ISO/ASTM 52900 und Benennung wichtiger Anbieter entsprechender Maschinen und Werkstoffe. Deutsche Vertreter sind fett markiert.

Prozesskategorie	Funktionsweise	Anbieter
Binder Jegging	Gezielter Auftrag eines flüssigen Bindemittels auf Pulverwerkstoffe, damit sich diese verbinden.	Voxeljet AG (Deutschland) , HP (USA), ExOne (USA), Digital Metal (Schweden), Desktop Metal (USA)
Directed Energy Deposition	Verwendung fokussierter Wärmeenergie (z. B. Laser, Elektronenstrahl, Plasmabogen), um Werkstoffe schichtweise zu verschmelzen.	Sciaky Inc. (USA), InssTek Inc. (Korea)
Material Extrusion	Gezieltes Dosieren von Werkstoffen mit Hilfe einer Düse oder Öffnung	Stratasys (USA), Ultimaker (Niederlande), German RepRap (Deutschland) , EKRA / Exentis AG (Schweiz), Markforged (USA), Desktop Metal (USA), BASF (Deutschland)
Material Jetting, MJ	Gezieltes Absetzen von Tropfen des Aufbauwerkstoffs	XJet (Israel), Stratasys (USA), Vader Systems (USA)
Powder Bed Fusion	Wärmeenergie schmilzt gezielt Bereiche eines Pulverbetts.	EOS (Deutschland) , GE Arcam (Schweden), 3D Systems (USA)
Sheet Lamination	Verbindung von Werkstoffschichten, um ein Bauteil zu formen.	Fabrisonic (USA)
Vat Photopolymerization	Ein flüssiges Photopolymer wird in einer Wanne gezielt durch lichtaktivierte Polymerisation ausgehärtet.	Lithoz (Österreich), 3D Systems (USA), Formlabs (USA)

Die Auswahl eines geeigneten AM-Verfahrens erfolgt immer bauteilindividuell und richtet sich nach den jeweiligen Anforderungen, vor allem hinsichtlich Werkstoff, Geometrie und Stückzahl. Die zum Einsatz gelangenden AM-Verfahren bedienen zumeist mehrere Werkstoffklassen und sind demnach weitgehend unabhängig vom verarbeiteten Werkstoff. In der wirtschaftlichen Bedeutung der Werkstoffklassen rangieren die Polymere derzeit noch vor den Metallen. Keramiken und Biomaterialien befinden sich noch so gut wie gar nicht in der industriellen Anwendung, werden aber intensiv beforscht. „Das“ AM-Verfahren, welches sich universell zur Lösung aller Aufgaben eignen würde, gibt es nicht. Die grundlegenden Prozessschritte bei der AM sind: (i) computerunterstütztes Design (CAD), (ii) Konvertierung in Maschinensprache, (iii) Einstellung der Maschinenparameter, (iv) Schichtweise Ferti-

gung, (v) Bauteilentnahme und (vi) ggf. Nachbearbeitung. Im Folgenden wird auf die derzeit wichtigsten Materialgruppen und deren Additive Fertigung näher eingegangen.

Polymerwerkstoffe

Der polymere 3D-Druck hat sich zu den wichtigsten Fertigungsverfahren für den Prototypenbau entwickelt. Mit dessen Hilfe wird die Dauer der Produktentwicklung durch eine schnelle Produktgestaltung und Prototypenfertigung erheblich verkürzt. Darüber hinaus wird der 3D-Druck heute auch bei der Herstellung von Werkzeugen sowie in der Serien- und Ersatzteilproduktion eingesetzt. Die Vorteile, wie die Gewichtsersparnis durch Hohlbauten und komplexe Geometrien sowie die Eliminierung der Montagevorgänge durch Fertigung hochkomplexer Bauteile, stellen für die Industrieunternehmen Potenziale hinsichtlich der Produktionsoptimierung dar. Zu den wichtigsten AM-Fertigungsverfahren, mit denen Kunststoffe verarbeitet werden können, gehören die Stereolithographie (SLA), das Multi Jet Modeling (MJM), das 3D Printing (3DP), das Selektive Laser Sintering (SLS) und die Fused Filament Fabrication (FFF). Etablierte Anlagenhersteller auf diesem Gebiet sind u. a. 3D Systems (USA), Formlabs (USA), Keyence (Japan), Voxeljet (Deutschland), HP (USA), ExOne (USA), Farsoon (China), EOS (Deutschland), Stratasys (USA) und German RepRap GmbH (Deutschland).

Derzeitige Märkte zum Einsatz von additiv gefertigten Kunststoffbauteilen sind vorrangig in der Luft- und Raumfahrt, Prototyping im Bereich Automobilbau und Handelsgüter, Medizintechnik, Architektur, Werkzeugbau, Sondermaschinenbau, Gießereiwesen und Schmuckindustrie zu finden.

Metallische Werkstoffe

Auf dem Gebiet der Herstellung metallischer Bauteile ist das Laserstrahlschmelzen (Laser Beam Melting, LBM) derzeit das dominierende Verfahren. Das Verfahren arbeitet aus dem Pulverbett und nutzt die Strahlenergie, um Metallpulver Schicht für Schicht selektiv zu schmelzen und somit metallische Bauteile zu erzeugen, deren Gefügedichte praktisch dem Halbzeug/Vollmaterial entspricht und damit einsatzfähige, hoch belastbare und komplexe Metallbauteile generiert.

Es ist die am universellsten einsetzbare metallische additive Fertigungstechnologie. Sie ist ein einstufiger Prozess, mit dem praktisch jede technisch relevante Legierungsgruppe verarbeitet werden kann. Zudem ist es möglich, unterschiedlichste Geometrien, Komplexitäten und Bauteilgrößen zu fertigen.

Relevante LBM-Anlagenhersteller stammen aus Deutschland und Europa. Drei der weltweit bedeutendsten LBM-Anlagenanbieter sind die EOS GmbH mit Sitz in Krailing bei München (Weltmarktanteil: 37 %), Concept Laser aus Lichtenfels (Weltmarktanteil: 26 %) und das Lübecker Unternehmen SLM Solutions (Weltmarktanteil: 8 %). Hinzu kommt mit Trumpf (Ditzingen) ein Pionier der Laserstrahlschmelztechnologie, der diese Technologie nun wieder vermarktet und mit hoher Entwicklungsgeschwindigkeit seine Marktposition ausbaut.

Seitens der Technologienutzer sind international operierende Konzerne wie General Electric, Siemens, Oerlikon und Airbus Vorreiter in der Anwendung der LBM-Technologie. Zudem kommen kleinere industrielle Fertigungsdienstleister, wie z. B. Poly-Shape (Frankreich), FIT (Deutschland), citim (Deutschland), Toolcraft (Deutschland) und Proto Labs (USA/Deutschland) hinzu. Diese großen, branchenübergreifend agierenden Großunternehmen werden durch branchenspezifisch agierende Vertreter aus der Luft- und Raumfahrt (z. B. MTU), Energie-, Medizin- (z. B. Stryker) und Automobiltechnik (z. B. BMW) sowie im Werkzeug- und Formenbau (z. B. Hofmann Werkzeugbau, Listemann Technology) ergänzt. Es gibt hier bereits eine Serienproduktion von mittels LBM hergestellten Bauteilen, wie z. B. die Kraftstoffeinspritzdüse des LEAP-Triebwerks von GE Aviation, das Boroskop-Auge von MTU, zahlreiche Implantate von Stryker oder ein Aluminium-Interieurhalter für den BMW i8 Roadster.

Neben dem LBM gibt es das Elektronenstrahlschmelzen (Electron Beam Melting, EBM) als weiteres pulverbettbasiertes Strahlschmelzverfahren, welches zu den etablierten Technologien im Bereich metallische Werkstoffe gehört. Darüber hinaus existiert eine Reihe weiterer strahlbasierter Verfahren ohne Pulverbett, die sich bereits ebenfalls in der industriellen Anwendung befinden, sogenannte Frei-

raumverfahren. Dabei wird das Material in Pulver- oder Drahtform in den Energiestrahle eingeführt, geschmolzen und gezielt deponiert. Mit diesen Verfahren ist es möglich, deutlich größere Bauteile herzustellen (bis zu 5,8 m Länge), da anders als bei LBM und EBM die Bauplatzform oder die Strahlleinheit bewegt wird. Die dafür notwendige Anlagentechnik basiert auf Komponenten aus dem Auftragschweißen und kann somit gut mit subtraktiven Verfahren wie Drehen, Fräsen und Bohren kombiniert werden.

Generell finden additiv gefertigte Bauteile aus Metall Anwendung in der Luftfahrt- (z. B. Triebwerke), Energie- (z. B. Turbinenschaufeln) und Medizintechnik (z. B. Knochenersatz) sowie in der Automobilindustrie (z. B. Antriebe und Karosserie) und dem Werkzeug- und Formenbau (z. B. Kühlsysteme für Spritzgießwerkzeuge). Hinzu kommen die Konsumgüter- und Elektronikindustrie (z. B. Handy- und Radarantennen).

Keramische Werkstoffe und biologische Materialien

Die Additive Fertigung keramischer Bauteile ist bislang deutlich weniger entwickelt als diejenige für polymere oder metallische Bauteile. Die Ursache dafür liegt hauptsächlich in der Beschränkung auf die pulvertechnologische Fertigungsroute. Dabei werden additiv gefertigte Keramikbauteile stets im Grünzustand (nicht gesinterter Zustand) hergestellt und müssen nachfolgend einer Wärmebehandlung zum Entfernen des Lösungs- bzw. Bindemittels und Sinterung (Aushärten) unterzogen werden. Hinzu kommt, dass die gegenwärtigen AM-Methoden in den erzielbaren Toleranzen und in der Reproduzierbarkeit noch nicht an konventionelle Formgebungsverfahren heranreichen und spezielle Materialkenntnis erforderlich ist, um für jede technische Keramikart das geeignete additive Fertigungsverfahren auszuwählen. Die bekanntesten additiven Verfahren für keramische Materialien sind der 3D-Pulverdruck (3DP) und das Selektive Lasersintern (SLS). Darüber hinaus existieren Technologien auf Grundlage von Tinten, Pasten, Schlickern, Filamenten oder thermoplastischen Massen (z. B. Lithographiebasierte Fertigung, Thermoplastischer Druck, Fused Filament Fabrication). Für alle Verfahren besteht noch ein erheblicher Forschungs- und Entwicklungsbedarf.

Mögliche Anwendungen additiv gefertigter keramischer Bauteile werden in der chemischen Industrie (z. B. Lab-on-a-chip-Systeme, Mikroreaktoren, Sensoren/Aktoren), im Werkzeugbau, in der Elektronik (3D-gedruckte Elektronik), in der Medizin (z. B. Instrumente für die minimalinvasive Chirurgie), in der Luft- und Raumfahrt (z. B. Satellitentechnologie) sowie in Schmuck und Design erwartet.

Die Verarbeitung biologischer Materialien mit AM-Verfahren befindet sich derzeit noch in einem frühen Entwicklungsstadium. Wesentliche Aktivitäten umfassen das sogenannte Bioprinting (Verdrucken von lebenden Zellen) von künstlichen Organen, Gefäßen und Geweben für die medizinische Versorgung des Menschen, Gewebesubstraten für Toxikologie, Medikamententests und biologische Wirkstoffproduktion, künstlichem Fleisch zur Substitution der industriellen Massentierhaltung sowie künstlicher Lebensformen in der synthetischen Biologie. Dabei kommen Technologien wie z. B. Material Jetting mit Tintenstrahl und 3D-Siebdruck zum Einsatz. Verdruckt werden in der Regel Polymere wie Alginate, Kollagene, Polyethylenglykol und Polylactide mit eingeschlossenen lebenden Zellen. Das geschätzte Marktvolumen für die additive Herstellung von menschlichem Gewebe und ganzen Organen liegt bei 14 Mrd. US-Dollar. Die deutsche Firma EnvisionTec GmbH aus Gladbeck bietet mit dem 3D-Biplotter bereits Anlagentechnik zur AM-Verarbeitung von biologischen Materialien an. Jedoch ist auch hier noch ein erheblicher Forschungs- und Entwicklungsaufwand für marktreife Lösungen und Produkte aufzubringen.

3.2 Wo gibt es Additive Fertigung in Sachsen?

Im Vergleich zu führenden bundesdeutschen Standorten, wie z. B. Baden-Württemberg oder Bayern erscheint die industrielle Umsetzung der AM in Sachsen bislang eher verhalten. Es gibt nur wenige Fertigungsdienstleister, wobei es sich in der Regel um KMU handelt. Ein nennenswertes Engagement großer Unternehmen oder Weltkonzerne bezüglich Additiver Fertigung in Sachsen ist bis auf den Kauf der ACTech GmbH aus Freiberg durch Materialise (Belgien) und die Firma AM Metals in Freiberg, die der EOS GmbH (München) zugehörig ist, nicht zu verzeichnen.

Mehrheitlich dominieren kleinere mittelständische Unternehmen im Bereich Rapid Prototyping und AM-Fertigungsdienstleistungen. Die örtliche Verteilung entspricht weitgehend den wirtschaftlichen Zentren Dresden, Chemnitz und Leipzig. Einige wenige Firmen, ebenfalls ausschließlich KMU, bieten auch weitere AM-relevante Dienstleistungen oder Komponenten der AM-Anlagentechnik an. Bei den meisten Fertigungsdienstleistern ist die AM-Technologie jedoch nur ein Baustein im Gesamtportfolio. Sie bieten auch sonstige Fertigungsdienstleistungen an und verfügen neben den Anlagen zur Additiven Fertigung beispielsweise auch über CNC-Maschinen, mit denen die spanende Nach- und Endbearbeitung der häufig durch Laserstrahlschmelzen gefertigten Bauteile erfolgen kann. Die folgende Auflistung zeigt eine für Sachsen repräsentative Auflistung entsprechender Firmen:

- Die 3D MicroPrint GmbH aus Chemnitz ist der einzige sächsische AM-Anlagenhersteller (Mikro-AM-Verfahren). Das Unternehmen ging aus einer Kooperation der EOS GmbH (München) und der 3D-Micromac AG hervor.
- Das Start-up 3D-Metall Theobald e.K. aus Leipzig fertigt Prototypen-, Ersatzteil- und Kleinserien.
- Die ACTech GmbH Freiberg ist seit 2017 zugehörig zu Materialise aus Belgien und bietet Metallguss-Prototypenbau an.
- Die AM Metals GmbH aus Halsbrücke ist ein Applikationsentwickler für Laserstrahlschmelzen (Laser Beam Melting, LBM) und besitzt den größten LBM-Anlagenpark in Sachsen. Sie ist zur EOS GmbH zugehörig.
- Die in Leipzig ansässige Dick & Dick GmbH ist ein AM Fertigungsdienstleister und spezialisiert auf Polymere.
- Die Unternehmen H&E Produktentwicklung aus Moritzburg und Laser, Schneid und Gerätebau GmbH aus Dresden bieten AM Fertigungsdienstleistungen für den Bereich Metall an.
- Die Laservorm GmbH, ansässig in Altmittweida, ist ein Spezialmaschinenhersteller für Laserpulverauftragsschweißen.
- Der Fertigungsdienstleister für Kunststoffe, NRU GmbH, hat seinen Sitz in Neukirchen.
- Das aus Dresden stammende Unternehmen PTZ Prototypenzentrum Dresden GmbH bietet AM Fertigungsdienstleistungen für Kunststoffe und Metalle an.
- Die Rapidobject GmbH, Leipzig, ist als AM-Dienstleister vorwiegend im Prototypenbau mit innovativem webbasierten Geschäftsmodell tätig.
- Die ULT AG, Löbau, liefert Gebläsesysteme für die Laserstrahlschmelztechnologie.

In einigen sächsischen Unternehmen in Zusammenarbeit mit Forschungseinrichtungen findet vorwiegend die Entwicklung polymerer Materialien für den 3D-Druck statt. Hierbei werden Standard- sowie Spezialkunststoffe auch auf Basis von nachwachsenden Rohstoffen für die Additive Fertigung optimiert. Beispielsweise wurden von der Fa. GS-Pro GmbH aus Chemnitz Aufbereitungskonzepte, geschlossene Materialkreisläufe sowie neue Werkstoffsysteme für den ressourceneffizienten Umgang mit Kunststoffpulvern für den Lasersinterprozess entwickelt.

Im Bereich der Medizintechnik werden in Sachsen seit über 20 Jahren Forschungsarbeiten zur Nutzung von additiven Verfahren zur Operationsvorbereitung (Kiefer-Modell-OP, 1997), zur Patientenversorgung (digitale Epithesen 2005, individuelle Atemmasken, 2007) bis hin zur Fertigung individueller Kieferimplantate mittels Laserstrahlschmelzen (2012) befördert. Diese wurden federführend von den Einrichtungen der TU Dresden (Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik, Kieferchirurgie und der Fakultät Maschinenwesen) unter Beteiligung kleinerer Labore der Region und mittelständischer Unternehmen geleitet. Weitere Forschung im medizinischen Bereich widmet sich der Herstellung von Scaffolds mittels Additiver Fertigung. Scaffolds sind knochenähnliche Gerüste, die bei der Ausheilung von Knochen- und Weichgewebefekten im Körper unterstützen können. Diese Arbeiten laufen unter Beteiligung der Fakultät Maschinenwesen und des Zentrums für Translationale Knochen-, Gelenk- und

Weichgewebeforschung. Darüber hinaus existiert in Sachsen eine ausgeprägte AM-Forschungslandschaft für metallische und keramische Werkstoffe sowie im Bereich der Polymere und Biomaterialien. Die dadurch entstandene Verfahrens- und Werkstoffvielfalt ist im Bundesvergleich einzigartig. Es ist jedoch anzumerken, dass die Kunden der industrienahen Forschungseinrichtungen vorwiegend nicht in Sachsen sitzen.

Darüber hinaus steht Sachsen im Zentrum des Zwanzig20-Konsortiums „AGENT-3D“. Es ist aktuell europaweit das größte Forschungsvorhaben zur Additiven Fertigung, wobei das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) darin 45 Mio. € Fördermittel investiert. Das Forschungsprojekt bietet gute Ausgangsbedingungen für die avisierte Etablierung eines „AM Valley“ in Sachsen bzw. Mitteldeutschland. Die Beteiligung sächsischer Unternehmen ist allerdings eher verhalten. Die Koordination des Vorhabens findet unter der Führung von Prof. Christoph Leyens, Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik (IWS)/TU Dresden, statt.

Weitere Schwerpunkte sächsischer Forschungseinrichtungen liegen auf der werkstoff- und bauteilbezogenen (Weiter-)Entwicklung bereits bestehender AM-Verfahren. Der 3D-Siebdruck für Metalle wurde dabei als neues Verfahren am Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung (IFAM) erarbeitet und etabliert. Neben den bereits erwähnten forschenden Institutionen, Fraunhofer IFAM und TU Dresden, gibt es eine Reihe weiterer Forschungseinrichtungen, die sich beispielsweise mit AM-Verfahrenstechnik, aber auch peripheren Themen wie Konstruktionslehre und Datenmanagement beschäftigen. Dazu gehören die Fraunhofer-Institute für Keramische Technologien und Systeme (IKTS, Dresden), für Werkstoff- und Strahltechnik (IWS, Dresden) und für Werkstoffumformung (IWU, Standorte Dresden und Zittau) sowie die Institute für Maschinenlehre und -konstruktion und für Werkstoffwissenschaft der TU Dresden. Letzteres war zusammen mit dem Fraunhofer IWS an der Gründung des Zentrums für Additive Fertigung (AMCD) beteiligt.

Derzeit finden noch keine der großen AM-Messen oder industrierelevanten Konferenzen mit deutlich überregionaler Ausstrahlung in Sachsen statt. Die angebotenen Fortbildungsformate sind eher allgemeiner Natur, zertifizierte Ausbildungen werden in Sachsen nicht angeboten. Seit 2017 führt das Fraunhofer IFAM die „AM Training Week“ in Zusammenarbeit mit der European Powder Metallurgy Association (EPMA) durch. Dabei handelt es sich um eine einwöchige Einführungsveranstaltung in das Thema AM mit europäischen Teilnehmenden. Des Weiteren werden einige wenige überregionale Aktivitäten aus sächsischen Einrichtungen heraus koordiniert, beispielsweise das Netzwerk zum Strahlschmelzen durch das Fraunhofer IWU. Das Institut ist ebenfalls Sprecher der Fraunhofer-Allianz „Generative Fertigung“ mit 17 Mitgliedsinstituten, die alle zwei Jahre die Fraunhofer Direct Digital Manufacturing Conference in Berlin ausrichtet. Ferner wird der Expertenkreis AM des Ausschusses für Pulvermetallurgie (Gemeinschaftsausschuss von VDI Materials Engineering, der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde, der Deutschen Keramischen Gesellschaft, des Stahlinstituts VDEh und des Fachverbandes Pulvermetallurgie e.V.) von der Leitung des Institutsteils Fraunhofer IFAM Dresden gelenkt.

3.3 Welches Potenzial hat die Additive Fertigung für die sächsische Industrie?

Generell zeichnen sich hinsichtlich AM verschiedene Themen ab, zu denen ein hohes Forschungs- und Entwicklungspotenzial auch in Sachsen existiert. Dazu gehören:

- **Steigerung der Prozessgeschwindigkeit:** Heute braucht beispielsweise ein 3D-gedrucktes Bauteil bis zur Fertigstellung je nach Größe bis zu 12 Stunden oder mehr. Damit weisen die heutigen 3D-Drucker eine hohe Durchlaufzeit auf und bilden schnell einen Engpass, wenn die Produktionsmenge steigt.
- **Senkung der Kosten:** Die teilweise hohen Investitionssummen in tatsächliche AM-Produktionsanlagen erschweren für einige Unternehmen den Übergang zum 3D-Druck. Neben den hohen Investitionen können diese Anlagen hohe Energiekosten verursachen, denn oftmals muss z. B. der gesamte Arbeitsraum des Druckers stark aufgeheizt werden.

- **Steigerung der Verfahrens- und Variantenvielfalt:** In der Zukunft können Druckköpfe z. B. an Robotern befestigt werden. Die Kombination der Freiheitsgrade eines Roboters und der Technologie des 3D-Drucks wird neue Anwendungsdimensionen ermöglichen. Hierzu gibt es bereits einige aktuelle Forschungsprojekte. Weiterhin können Werkzeugmaschinen mit Großportalen dazu dienen, Großstrukturen in hoher Präzision zu drucken. Es sind auch Kombinationen aus 3D-Druck und Fräsnachbearbeitung auf einer Maschine möglich.
- **Größere Materialpalette:** Während die ersten 3D-Drucker mit Spezialwerkstoffen arbeiteten, liegt die Zukunft des 3D-Drucks in der Verarbeitung von bereits in der Industrie genutzten und standardisierten Materialien. Ein weiterer Trend stellt der Einsatz von Verbundwerkstoffen dar (z. B. kohlenstofffaserverstärkte Kunststoffe).
- **Verteilte Produktion:** Bereits heute finden die 3D-Drucker sowohl im Alltag von Privatkunden als auch in der Industrie Einsatz. In Zukunft könnten Produkte viel mehr dort produziert werden, wo sie gebraucht werden. Viele Produkte werden demzufolge nicht mehr zum Kunden geschickt, sondern nur Daten, mit denen der Kunde das Produkt selber druckt.

In diesem Zusammenhang besitzt die Additive Fertigung direkte Anknüpfungspunkte mit den sächsischen Hochtechnologien. Durch das aktive Vorantreiben des Zukunftsthemas AM sind hier Synergien in folgenden Branchen zu erwarten:

Maschinen- und Anlagenbau

Derzeit besteht bezüglich Anlagentechnik für AM-Technologien eine interessante Situation, da es hier weltweit nur sehr wenige etablierte Hersteller gibt. Beispielsweise bietet die Fa. GE ARCAM aus Schweden als einziger Anlagenbauer Equipment für das Elektronenstrahlschmelzen (EBM) an. Für dieses Beispiel gibt es in Sachsen verschiedene Akteure (Manfred-von-Ardenne, Fraunhofer FEP, Fraunhofer IFAM, diverse vakuumtechnische Anlagenbauer im Großraum Dresden), die eine für die EBM-Technologie relevante Kompetenz aufweisen, sodass der strategische Aufbau eines EBM-Anlagenherstellers in Sachsen ein hohes Potenzial darstellt. Es sind ebenso Synergien bei der Werkstoffentwicklung, die in Sachsen vor allem durch universitäre und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen weit vorangetrieben werden, möglich.

Hybride AM-Verfahren besitzen neben dem großen Potenzial im Bereich der Luft- und Raumfahrt, der Medizin- und der Energietechnik auch hervorragende Chancen im Maschinen-, Anlagen- und Werkzeugbau. Der Wirtschaftsstandort Sachsen ist durch zahlreiche Firmen des Anlagenbaus (z. B. Metrom, Sitec, EMAG) sowie eine sehr breite Wissenschaftsbasis für derartige Fertigungslösungen (Fraunhofer, TU Dresden) charakterisiert. Daraus ergeben sich hervorragende Anknüpfungspunkte für weiterführende hybride Systemlösungen, die durch die beteiligten Anlagenbauer vermarktet werden können.

Darüber hinaus bietet die Entwicklung von Technologien für die vor- und nachgelagerten Prozessschritte der 3D-Druckverfahren eine große Chance für den sächsischen Sondermaschinenbau. Von besonderer Bedeutung sind hier die pulverbasierten Verfahren, die für einen industriellen Einsatz z. B. automatisierte Entpack- und Strahlanlagen benötigen. Die Entwicklung automatisierter Anlagen für die Entfernung von Stützstrukturen sowie die Prüfung und Qualitätskontrolle von AM-Serienbauteilen kann ebenfalls sehr gut von den sächsischen Maschinenbauunternehmen bedient werden.

Werkstoffentwicklung und -technik

Im Bereich der polymeren Werkstoffe kann die Variation der Gestalt, des Materials aber auch die Integration unterschiedlicher Elemente zu neuen innovativen Produkten bei sächsischen Herstellern führen. Es ist beispielsweise möglich, gedruckte Formeinsätze für Werkzeuge von Kleinserien, verlorene Modelle für das Gießereiwesen, transparente Strukturen für Designer, Messen und Werbung sowie Funktionselemente für Anlagen und Maschinen zu fertigen. Darüber hinaus können unterschiedliche Sensoren, Aktoren oder andere elektronische und optische Elemente in einem 3D-

Druckbauteil integriert werden. Somit ergeben sich hier auch Synergien zum sächsischen Maschinenbau und zur Mikroelektronikbranche.

Metallische AM-Bauteile können vor allem in der sächsischen Automobil- und Maschinenbauindustrie zur Thematik des Leichtbaus und der Funktions- und Sensorintegration eingesetzt werden. Darüber hinaus existieren viele Unternehmen der Gießereitechnologie und des Formen- und Werkzeugbaus, zu denen es Anknüpfungspunkte vor allem bei der Herstellung konturnaher Werkzeuge und Formen gibt. Hier sind jedoch verstärkte Maßnahmen für den Wissenstransfer erforderlich. Ein weiterer Sektor in der sächsischen Industrielandschaft, in der metallische AM-Bauteile ein hohes Potenzial besitzen, ist die Luftfahrt- und Luftfahrtzulieferbranche. Insbesondere die Strahlschmelztechnologie spielt dabei eine herausragende Rolle.

Darüber hinaus bietet Sachsen für die Entwicklung der Additiven Fertigung auf dem Gebiet der Keramik optimale Bedingungen. Einerseits sind über die Forschungslandschaft ideale Voraussetzungen für eine Technologievorreiterrolle gegeben. Es kann sowohl Grundlagenforschung (z. B. an der TU Dresden) als auch industriennahe Forschung und Entwicklung (z. B. am Fraunhofer IKTS) vorangetrieben werden. Über große Netzwerke (z. B. Expertenkreis „Additive Fertigung“, Szene Additiv in der DKG, Materialforschungsverbund Dresden) sowie die breit gefächerte Industrie im Freistaat können diese Ergebnisse schnell und zielorientiert verwertet werden. Gerade das Gebiet der Medizintechnik bietet für die Additive Fertigung von Keramik in Sachsen durch eine Vielzahl an gut vernetzten KMU ein hohes Entwicklungspotenzial.

Im Bereich der Life Sciences wird ein enormes Potenzial für die Zukunft des 3D-Drucks gesehen, da es in Sachsen bereits mittelständische Firmen gibt, die sich auf den 3D-Druck von knochenähnlichen Gerüsten zur Heilung von Knochen- oder Weichgewebdefekten spezialisiert haben (GeSiM - Gesellschaft für Silizium-Mikrosysteme mbH, Radeberg und INNOTERE GmbH, Radebeul).

Elektronik- und Messtechnik

Die Prozessüberwachung stellt einen wichtigen Aspekt der Überführung von neuen AM-Verfahren in die industrielle Anwendung dar, wofür erhebliche Entwicklungsleistungen erforderlich sind. Hier sind z. B. berührungslose Messverfahren gefragt sowie Möglichkeiten zur Vermessung und dauerhaften Dokumentation der schichtweisen Bearbeitung des Bauteils. Beispiele sind Wärmebildkameras, Zeilenscanner sowie Ultraschall- oder Lasermessverfahren. Es fallen sehr große Datenmengen an, die verarbeitet, ausgewertet und gespeichert werden müssen. Das Fraunhofer IKTS entwickelt dazu weitere Messverfahren wie die optische Kohärenztomographie. Es gibt in Sachsen sowohl eine Reihe von Firmen, die sich mit Messtechnik verschiedenster Couleur beschäftigen als auch Firmen aus der Mikroelektronik, die im Verbund gute Voraussetzungen besitzen, um hier erfolgreiche Entwicklungen durchzuführen und auf den Markt zu bringen.

Darüber hinaus wird auch der intelligente Einsatz von Industrierobotern zum 3D-Drucken in verschiedenen Forschungsvorhaben von sächsischen Unternehmen vorangetrieben. Mit einem bis zu 6-achsigen Bewegungsverhalten kann der 3D-Druck auf eine neue Stufe gehoben werden, wobei hier jedoch noch ein erheblicher Entwicklungsaufwand für Hard- und Software notwendig ist.

3.4 Wo liegen die Herausforderungen für die Additive Fertigung?

Die Additive Fertigung steht trotz ihres großen Potenzials im Allgemeinen in Konkurrenz zu allen etablierten Fertigungsverfahren und kann ohne zusätzliche Funktionalitäten nur sehr selten preislich mithalten. Dies resultiert im Wesentlichen aus der immer noch sehr geringen Produktivität von AM-Maschinen. Eine vom Verband deutscher Werkzeugmaschinenhersteller (VDW) in Auftrag gegebene Studie kam daher auch zum Schluss, dass sich selbst bei optimistischer Betrachtung des Produktivitätszuwachses bis etwa 2022 keine signifikante Bedrohung des traditionellen Produktportfolios der deutschen Werkzeugmaschinenhersteller durch die Additive Fertigung ergibt.

In den neuen Bundesländern herrscht generell eine größere Zurückhaltung bei der strategischen Erschließung unreifer Technologien. Hier besteht im Vergleich zu prosperierenden Wirtschaftsregionen wie Baden-Württemberg und Bayern eine verstärkte Neigung zum Einsatz bereits „schlüsselfertiger“, serienreifer Technologien („Turnkey-Solution“), noch bevor die Spezifika und das unternehmensbezogene Einsatzpotenzial des Verfahrens ergründet werden. Es bleibt ferner festzuhalten, dass wichtige Teile der additiven Wertschöpfungskette in Sachsen industrieseitig kaum oder gar nicht vertreten sind, die aber dennoch wichtige Bausteine für eine erfolgreiche Umsetzung von AM darstellen. Dies umfasst die Herstellung von Ausgangsstoffen (z. B. Metallpulver), die Entwicklung von spezifischen Software-Produkten, das Angebot von Konstruktions- und Optimierungsdienstleistungen speziell für die AM, Fertigungseinrichtungen zur Serienproduktion im größeren Maßstab („AM-Fabs“), die Expertise für nachgelagerte Prozesse bei der AM-Bauteilfertigung sowie Endanwender von AM-Bauteilen in komplexen, innovativen Produkten, besonders in marktrelevanten Branchen wie die Luftfahrt und Medizintechnik.

Als wesentliche Hürden für den Einsatz von AM-Technologien in der Fertigung lässt sich Folgendes benennen:

- **Kosten:** AM ist keine Technologie, die per se günstiger ist als konventionelle Technologien. Der wirtschaftliche Benefit erfordert (i) ein Umdenken in der Produktentwicklung, (ii) den Willen zur Investition in eine Zukunftstechnologie, (iii) eine komplette Life-Cycle-Cost-Betrachtung jenseits der reinen Herstellkosten sowie (iv) spezielle Konstruktions-, Verfahrens- und Werkstoffkenntnisse. Für die sächsische Industrie stellt dies eine besondere Herausforderung dar, da sie sich vordergründig aus vielen KMU mit geringer Eigenkapitalausstattung und nur mäßigen F&E-Ausgaben zusammensetzt und zudem ein hoher Kostendruck durch die geografische Nähe zu Niedriglohnländern besteht.
- **Falsche Erwartungen:** Die Besonderheiten der AM-Verfahren und die überzogene, verzerrte Darstellung von AM im Allgemeinen und von Laserstrahlschmelzen im Besonderen führt zu unrealistischen und falschen Erwartungshaltungen in der Industrie. Dadurch ergibt sich auch bei sächsischen Unternehmen viel schneller eine Ernüchterung bei interessierten Industrieentscheidern, wenn diese Erwartungen nicht unmittelbar erfüllbar sind und nicht sofort zu unmittelbaren Kosteneinsparungen ohne finanzielle Mehraufwendungen führen.
- **Unzureichende Technologiereife:** Der aktuelle Technologiereifegrad vieler AM-Verfahren ist für industrielle Anforderungen zum großen Teil noch zu gering. Dies gilt insbesondere hinsichtlich (i) erzielbarer Oberflächengüte und Maßgenauigkeit im Vergleich zu konventioneller Fertigung, wie z. B. Zerspanung; (ii) erzielbare Skaleneffekte bei der Herstellung größerer Stückzahlen; (iii) verfügbares Werkstoff- und Legierungsportfolio; (iv) Reproduzierbarkeit der Prozesseigenschaften und Bauteilqualität; (v) Integrationsfähigkeit in existierende Fertigungs- und Automatisierungsprozessketten; (vi) Ausbildungs- und Qualifizierungsniveau des Ingenieur-, Techniker- und Werkspersonals hinsichtlich additiver Fertigungsmethoden.

Darüber hinaus können verfahrensspezifisch umfangreiche Nacharbeiten (z. B. Entfernung von Stützstrukturen, Oberflächenglättung, Wärmebehandlung) erforderlich sein, die heute noch weitgehend manuell ausgeführt werden und teuer sind. Weitere Kostentreiber sind häufig die eingesetzten Vormaterialien wie Pulver oder Filamente, die zum Teil proprietär sind und im Geschäftsmodell der Anlagen-

hersteller vielfach eine zentrale Rolle spielen. So betrug beispielsweise der Umsatz an Photopolymeren in 2014 rund 300 Mio. US\$, was einen Anteil von rund 30 % am Gesamtumsatz der AM-Branche (Maschinen, Bauteile, Materialien) in diesem Jahr ausmachte. Der Umsatzanteil der Fertigungsdienstleistungen am Branchenumsatz nimmt jedoch zu.

Durch den Wegfall einiger Grundpatente ist in den letzten Jahren sehr viel Bewegung in das Gebiet der Anlagenhersteller gekommen und eine Reihe neuer Player sind in den Markt eingestiegen. Ein starker Patentschutz behindert jedoch immer noch die industrielle Adaption und Weiterentwicklung bestimmter AM-Technologien. Gleichzeitig ist eine Konsolidierung im Bereich der Anlagenhersteller zu beobachten, bei der kleinere Firmen von größeren aufgekauft werden oder Firmen fusionieren. So hat z. B. die 3D Systems (USA) in den letzten Jahren mehr als 10 Firmen aufgekauft, erwirtschaftete aber trotz hoher Umsätze von über 600 Mio. US\$ in 2017 deutliche Verluste. Ein weiteres Beispiel ist die EOS Holding AG aus Krailing bei München - ein führender Hersteller von Laserschmelzanlagen (550 Mitarbeiter, 178 Mio. € Umsatz in 2016). Sie hat 2017 die AM Metals aus Halsbrücke in Sachsen vollständig übernommen und bietet damit auch vermehrt Druckdienstleistungen an. Der AM-Dienstleister Materialise aus Belgien beschäftigt derzeit weltweit 1.300 Mitarbeiter, erwirtschaftet rund 100 Mio. € Jahresumsatz und erweitert die Zahl seiner Standorte kontinuierlich. So wurde 2017 die ACTech GmbH aus Freiberg für 36,3 Mio. € übernommen.

Ein weiteres Risiko wird im Fehlen eines breit aufgelegten Programms zur Integration der sächsischen Industrielandschaft in die globale Welt der Additiven Fertigung gesehen. Konkrete strategische Landesprogramme sind aus Nordrhein-Westfalen und Bayern bekannt und haben bereits jetzt zu einem wahrnehmbaren Standortvorteil der dortigen Industrie und Forschung geführt.

Setzt sich die dargestellte Entwicklung fort, läuft Sachsen Gefahr, den Anschluss an die Spitzenstandorte bzw. die Möglichkeit zu verlieren, zukünftig selbst Taktgeber in der Additiven Fertigung zu werden, wofür derzeit noch gute Voraussetzungen bestehen.

3.5 Worin besteht der aktuelle Handlungsbedarf?

Die industrielle und forschungsseitige Basis der AM-Branche in Sachsen ist in den letzten Jahren stark gewachsen. Dies spiegelt sich u. a. auch in dem durch das BMBF geförderten Projekt AGENT-3D im Rahmen der Zwanzig20-Initiative wider. Derzeit sind Informationen bezüglich der sächsischen Forschungslandschaft auf dem Gebiet der Additiven Fertigung jedoch sehr inhomogen. Damit die sächsischen Bestrebungen auf dem Gebiet der Additiven Fertigung für Investoren und Firmen mit Ansiedlungsabsichten sichtbar werden, sollten alle Informationen darüber gebündelt und öffentlich zur Verfügung gestellt werden. Dies kann beispielsweise in Form einer unabhängigen AM-Informationsplattform gestaltet werden. Ein solches Portal könnte darüber hinaus die Funktion einer interdisziplinären Kommunikationsplattform haben. Sie erlaubt verschiedenen Branchen, über den eigenen Horizont hinauszuschauen und auf diese Weise Ideen aus anderen Anwendungs- oder Forschungsbereichen aufzugreifen und in neue Produktentwicklungen einfließen zu lassen. Es können sich dadurch fruchtbare Synergien zu den sächsischen Hochtechnologiebranchen, wie z. B. dem Maschinen- und Anlagenbau, der Automobilindustrie, der Luft- und Raumfahrt sowie den Life Sciences ergeben.

Insbesondere die Automobilindustrie und die dazugehörigen Zulieferbranchen können diesbezüglich eine Vorreiterrolle spielen: So hat VW unlängst Sachsen zu seinem zentralen Standort für die Produktion von Elektrofahrzeugen erklärt, was auch zu deutlichen Verschiebungen im Teilespektrum der sächsischen Automobilzulieferer führen wird. Mit der AM-Technologie wird es möglich, beispielsweise Leichtbauteile oder Elektromotoren individuell zu fertigen und mit besonderen Eigenschaften auszustatten. So können mit einigen Verfahren elektrisch leitfähige mit nicht-leitenden Werkstoffen bzw. magnetische mit nicht-magnetischen Werkstoffen in bisher nicht möglicher Weise kombiniert werden. Erste Forschungsprojekte (z. B. zwischen Fraunhofer IFAM und der Fa. Siemens) wurden bereits gestartet.

Die gezielte Wissensverbreitung, Aus- und Weiterbildung von z. B. Technikern, Ingenieuren hinsichtlich AM-Technologien stellt einen Schlüsselfaktor im Wettbewerb der Regionen dar. Die Schaffung von entsprechenden Voraussetzungen für einen effizienten Wissenstransfer kann dazu beitragen, dass

- eine fundierte Expertise aufgebaut und nachhaltig verankert werden kann (Stichwort: Fachkräfte),
- sächsische Unternehmen mehr in das Technologiefeld Additive Fertigung investieren,
- sich neue Unternehmen mit Bezug zur Additiven Fertigung ansiedeln,
- die Gründung von Start-ups erleichtert wird und
- die Forschungslandschaft an den Forschungseinrichtungen und Hochschulen nachhaltig gestärkt wird.

Neben dem Angebot von Fertigungsdienstleistungen bestehen ebenfalls sehr gute Chancen, über Ausgründungen oder Tochterfirmen Anlagentechnik „Made in Saxony“ für die Additive Fertigung anzubieten. Zur Schaffung eines entsprechenden Anreizes könnte die Gründung von Start-ups und anderen Kleinunternehmen noch gezielter gefördert werden. Eine erste Zusammenarbeit besteht bereits zwischen der Firma Metrom GmbH aus Hartmannsdorf und dem Fraunhofer IWU in Zittau. Dabei werden Werkzeugmaschinen und Umformtechnik in Kombination mit einer Kunststoffextrusionseinheit zu einem effizienten High-Speed-Drucker entwickelt.

Es ist weltweit zu beobachten, dass sich das Gros der AM-Entwicklungen vor allem mit den Druckverfahren beschäftigt und sehr große Defizite in der Werkstoffentwicklung bestehen. Die starke Werkstoffposition Sachsens sollte anwendungsbezogen ausgebaut werden, um gezielt verbesserte oder neue Werkstoffe für AM-Verfahren bzw. entsprechende Technologien der Additiven Fertigung zu entwickeln und zu vermarkten. Hier existiert ein großes Potenzial für neue Anwendungsmöglichkeiten. Anwender und Hersteller von Hochleistungswerkstoffen sind jedoch meist außerhalb Sachsens zu finden, sodass eine gezielte Stärkung der industriellen Basis sowie der Forschungslandschaft auf diesem Gebiet erfolgen muss, um auch hier eine Wertschöpfung in Sachsen zu generieren. Dabei sollte ein besonderes Augenmerk auf keramische Materialien und deren Verarbeitung in der Additiven Fertigung gelegt werden. Während bei Metallen und Polymeren teilweise Produktionsniveau erreicht ist, befindet sich die Additive Fertigung der Keramik noch in einem sehr frühen Entwicklungsstadium und benötigt teilweise noch geförderte Grundlagenforschung.

Im Allgemeinen lässt sich der Innovationsgrad der in Sachsen ansässigen zahlreichen und relativ kleinen KMU beträchtlich steigern, indem additive Fertigungstechnologien sinnvoll implementiert werden. Produkte können durch den Einsatz von AM-Verfahren signifikante Mehrwerte und Marktvorteile erzielen. Zu nennen sind hier die gesteigerte Effizienz in der Fertigung oder im Produkteinsatz, Ressourcenschonung in Herstellung und Einsatz, gesteigerte Leistungsfähigkeit von Prozessen und/oder Produkten sowie durch vollkommen neue, einzigartige Produktmerkmale. In diesem Zusammenhang sind auch Aktivitäten zu stimulieren, die in besonderer Weise die Additive Fertigung mit den Themen Digitalisierung, Big Data und Industrie 4.0 zu neuen Geschäftsmodellen verbinden.

Literaturverzeichnis

- Bundesministerium für Bildung und Forschung. (2017). *Fortschritt durch Forschung und Innovation - Bericht zur Umsetzung der Hightech-Strategie*. Zugriff am 20.08.2018. Verfügbar unter https://www.bmbf.de/pub/Fortschritt_durch_Forschung_und_Innovation.pdf.
- Sauer, Michael, Kühnel, Michael und Witten, Elmar. (2017). *Composites-Marktbericht 2017 - Marktentwicklungen, Trends, Ausblicke und Herausforderungen*. (Carbon Composites e.V. und Industrievereinigung Verstärkte Kunststoffe e.V.). Zugriff am 20.08.2018. Verfügbar unter https://www.avk-tv.de/files/20171026_avkceev__marktbericht_2017.pdf
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. (2018). *Leichtbauatlas*. Zugriff am 20.08.2018. Verfügbar unter <https://leichtbauatlas.de>.
- Marketingagentur Reichel. (2017). *Kompetenzatlas Leichtbau*. Zugriff am 20.08.2018. Verfügbar unter <https://standort-sachsen.de/sixcms/media.php/78/kompetenzatlas-leichtbau-2018.pdf>.
- Technische Universität Chemnitz. Exzellenzcluster MERGE. Zugriff am 20.08.2018. Verfügbar unter <https://www.tu-chemnitz.de/MERGE/>.
- Technische Universität Dresden. Forschungs- und Technologiezentrum für ressourceneffiziente Leichtbaustrukturen der Elektromobilität. Zugriff am 20.08.2018. Verfügbar unter <https://plattformforel.de/>.
- Europäische Kommission. Regional Innovation Scoreboard. Zugriff am 20.08.2018, Verfügbar unter http://ec.europa.eu/growth/industry/innovation/facts-figures/regional_de.
- Landeshauptstadt Dresden. (27.03.2017). *Universelle Werke: Neues Innovationszentrum für Leichtbau und Werkstoffforschung in Dresden*. Zugriff am 20.08.2018, Verfügbar unter http://www.dresden.de/de/rathaus/aktuelles/pressemitteilungen/archiv/2017/03/pm_078.php.
- Bundesministerium für Bildung und Forschung. (2016). *KMU-innovativ - Vorfahrt für Spitzenforschung im Mittelstand*. Zugriff am 20.08.2018. Verfügbar unter https://www.bmbf.de/pub/KMU_innovativ_Spitzenforschung.pdf.
- Gibson I., Rosen D., Stucker B. (2010). *Generalized Additive Manufacturing Process Chain*. In: *Additive Manufacturing Technologies*. (Springer, Boston, MA, Hrsg.).
- Roland Berger Strategy Consultants: *Additive Manufacturing – next generation AMnx*. Zugriff am 20.08.2018. Verfügbar unter https://www.roland-berger.com/de/Publications/pub_additive_manufacturing.html.
- Mdl. Kommunikation vom Dez. 2017 mit Ralf Brammer, Exentis AG, vgl. auch http://www.exentis-group.com/german/%C3%9Cbersicht_der_Kernbranchen. Zugriff am 20.08.2018.
- Technische Universität München. (21.02.2017). *TU München und Oerlikon vereinbaren Forschungs-kooperation - Institut für Additive Fertigung in Garching geplant*. Zugriff am 20.08.2018. Verfügbar unter <https://www.tum.de/global/standorte-weltweit/san-francisco-news/news-detail/article/33748/>.
- breitband agentur. GLANZPUNKTE Exklusives Sachsen. (Ausgabe 2-2017). *Die neue Generation 3D-Druck - Fraunhofer IWU und metrom-Bearbeitungsmaschine machens möglich*. Zugriff am 20.08.2018. Verfügbar unter https://login.mailingwork.de/public/a_15816_TB28d/file/data/107_web_Glanzpunkte_2017_02.pdf.
- AGENT-3D – Neue Welten drucken. Zugriff am 20.08.2018. Verfügbar unter www.agent3d.de.
- StrategieWerkstatt: Industrie der ZUKUNFT. (2016). *SWOT-Analyse. Rahmenbedingungen, Herausforderungen und Perspektiven für die sächsische Industrie*. (StrategieWerkstatt: Industrie der ZUKUNFT, c/o VDI/VDE Innovation + Technik GmbH, Hrsg.).
- Verein Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken e.V. (2016). *Marktbericht 2015*. Zugriff am 20.08.2018. Verfügbar unter https://vdw.de/wp-content/uploads/2018/04/VDW_Marktbericht-2015_web.pdf.

Wohlers Associates, Inc. (2015). *Wohlers Report 2015*. Verfügbar unter <https://wohlersassociates.com/state-of-the-industry-reports.html>.

StrategieWerkstatt Industrie der ZUKUNFT.



ein Projekt von

STAATSMINISTERIUM
FÜR WIRTSCHAFT
ARBEIT UND VERKEHR



Freistaat
SACHSEN

durchgeführt von

VDI | VDE | IT

industrie.sachsen.de/strategiewerkstatt.html