

Analytisches Highlight

Berufliche Handlungskompetenzen in der europäischen Werkzeugmaschinenindustrie

Schwerpunkt Additive Fertigung

Diese Publikation fokussiert auf die Handlungskompetenzen, die voraussichtlich für die Facharbeit an Technologien der additiven Fertigung in den nächsten 10 Jahren erforderlich sind. Erhoben wurden die Daten im Projekt metals, gefördert durch das Erasmus+ Programm der Europäischen Kommission. Handlungskompetenzen der Facharbeiter in der additiven Fertigung werden durch **hybride Anforderungen** charakterisiert werden:

Zukünftige Facharbeiter werden neben charakteristischen Handlungskompetenzen der subtraktiven Fertigung zusätzliche neue Handlungskompetenzen speziell für das additive Fertigen sowie erweiterte Schlüsselkompetenzen, insbesondere in den Bereichen Kommunikation und Präsentation, benötigen.

Die europäische Werkzeugmaschinenbranche verzeichnete im Jahre 2016, nach der Wirtschafts- und Finanzkrise von 2009, eine kräftige Erholung, die vor allem auf den Anstieg der Exporte zurückzuführen ist. Durch die Fokussierung auf hochentwickelte und anspruchsvolle Produkte belief sich 2016 die Produktion der führenden europäischen Länder¹ im Sektor auf 24,2 Milliarden Euro. Für 2017 wird ein Wert oberhalb dieses Niveaus prognostiziert. Der Werkzeugmaschinen-sektor ist in eine neue Ära eingetreten, die durch das Aufkommen neuer industrieller Technologien gekennzeichnet ist. Eine der wichtigsten dieser neuen

Technologien ist die **additive Fertigung, auch bekannt als 3D-Druck**.

Für das wachsende Engagement der Werkzeugmaschinenhersteller in der additiven Fertigung sind mehrere Gründe zu nennen: Additive Fertigung eröffnet die Optionen, Endprodukte besser auf Kundenbedürfnisse abzustimmen, Herstellungsprozesse zu dezentralisieren, die Ausschussquote in der Produktion zu minimieren und die Lagerhaltungskosten zu senken.

Diese Technologie befindet sich zwar noch nicht auf dem Niveau der etablierten industriellen Fertigungsverfahren, wächst jedoch stetig. Voraussichtlich wird sich der globale Wert des Marktes der additiven Fertigung zwischen 2004 und 2018 verdreifachen und bis zum Jahr 2021 21 Milliarden US-Dollar² erreichen.

Dieser Trend verdeutlicht die Notwendigkeit, mögliche Konsequenzen dieser Technologie auf die berufliche Bildung zu eruieren; insbesondere in den wichtigen **Anwendungsbereichen der additiven Fertigung wie z.B. in der Flugzeugindustrie, in der Fertigung von Medizinprodukten oder in der Automobilindustrie**. Ausgebildete Facharbeiter auf Weltklasse-Niveau stellen einen der Eckpfeiler der führenden Position Europas in der Hochtechnologie-Fertigung dar. Die im metals-Projekt durchgeführte Analyse der Qualifikationsanforderungen an

Facharbeiter, die mit additiven Technologien arbeiten, ergab klare Tendenzen: Da die additive Fertigung im Zeitraum bis 2025 annähernd in der Serienproduktion Anwendung finden wird, gewinnen auch die Handlungskompetenzen der Facharbeiter in der additiven Fertigung im europäischen Werkzeugmaschinenbau zunehmende Relevanz. Dabei entwickeln sich schrittweise hybride Anforderungen, deren Bewältigung sowohl konventionelle Handlungskompetenzen der subtraktiven Fertigung, aber auch neue Handlungskompetenzen, die spezifisch auf den additiven Fertigungsprozess zugeschnitten sind, erfordern.

Diese neuen Kompetenzen werden insbesondere in Handlungsphasen wie dem Design, der Stereolithographie-(STL)-Konvertierung und Dateibearbeitung, der Nachbearbeitung, der Werkstückprüfung und der Wartung benötigt. Darüber hinaus bedarf es einer Stärkung der Schlüsselkompetenzen, insbesondere der Kommunikation und der Präsentation, um diesen neuen Anforderungen gerecht zu werden. Letztere Entwicklung wird erwartet, da der wachsende Wettbewerb im verarbeitenden Gewerbe den Einsatz innovativer Vermarktungsmethoden immer stärker in den Vordergrund rücken lässt.

Neue Kompetenzen für die Gestaltungsoptionen der additiven Fertigung

Produktionsprozesse beginnen mit dem virtuellen **Design**. Derzeitige Praxis in dieser Phase des Prozesses ist die Erstellung einer optimierten Konstruktion des 3D-Modells unter Verwendung herkömmlicher Computer-Aided-Design-(CAD)-Tools und Software zur Topologieoptimierung. Der Anwender der Software definiert Spezifikationen und Randbedingungen zur Erstellung eines ersten Konstruktionsraumes. Die Topologie dieses Ausgangsmodells wird anschließend optimiert. Dieses ermöglicht die Identifikation von überschüssigem Material des zu fertigenden Bauteils, so dass eine optimierte Materialverteilung im Konstruktionsraum erreicht wird. Die Erhöhung der Qualität des Bauteils durch topologische Optimierung ist der wesentliche Schritt vor der finalen Bauteilgestaltung; die die Übersetzung der Optimierungsergebnisse in mathematische, CAD-kompatible Gleichungen erfordert.

Die Möglichkeiten, die sich durch die Gestaltungsoptionen in der additiven Fertigung eröffnen, sind vielfältig. Bauteile komplexer Geometrie können durch herkömmliche, subtraktive Maschinen nicht in einem Arbeitsprozess hergestellt werden. Obwohl sich die Softwaretechnologie der additiven Fertigung noch in der Entwicklung befindet, sind die Vorteile der Reduzierung der Geometrie-einschränkungen eindeutig. Aus diesen Gründen werden Kompetenzen im **Design von Werkstücken mit niedrigen Symmetriegraden** zunehmend gefragt sein. Hier bedarf es **spezialisierten Designer (Fachkonstruktoren)**, deren Rolle in der additiven Fertigung an Bedeutung gewinnen wird. Sie müssen über **Kenntnisse der spezifischen**

Materialien und Prozesse verfügen und Kompetenzen in den Bereichen **Freiflächenmodellierung, Berechnung von Strukturen, Topologieoptimierung und numerische Strömungsmechanik** besitzen. Ebenfalls erhöhte Anforderungen werden an Fähigkeiten wie das Verstehen von Kundenbedürfnissen, das Identifizieren der Anforderungen an das zu entwerfende Bauteil oder auch das Auswählen des geeigneten Materials für die Produktion gestellt werden.

Neue Phase des Fertigungsprozesses: Stereolithographie- (STL)-Konvertierung und Dateibearbeitung

Nicht nur der Tätigkeitsumfang des Fachkonstruktors, auch der des **Facharbeiters in der Anwendungstechnik** wird zunehmen; diese Prozesse verlaufen im Einklang. Die Hauptaufgaben Letzterer konzentrieren sich auf die Phasen der STL-Konvertierung und Dateibearbeitung. Dazu wird das CAD-Modell mittels Triangulation in das STL-Dateiformat exportiert. Anschließend erfolgt die Bauteilpositionierung und -orientierung sowie die Parametrierung. Bei Bedarf werden Stützkonstruktionen auf der Bauplatte generiert und hinzugefügt. Abschließend konvertiert die „Slicing“- (Schneide)-Software die Datei in einen spezifischen Code mit Befehlen zum Lesen und Ausführen durch den 3D-Drucker.

Der Facharbeiter in der Anwendungstechnik wird dann ein Beruf sein, der Kenntnisse über Materialien der additiven Fertigung und das **Verständnis der Eigenschaften von Computer-Aided-Manufacturing (CAM)-Software** erfordert. Dieses Berufsprofil beinhaltet ebenfalls weitreichende Schlüsselkompetenzen, insbesondere bei der Entscheidungsfindung und der Problemlösung. Erfolgreiche, qualifizierte Facharbeit in dieser

Phase des Fertigungsprozesses erfordert zudem ausreichende **praktische Erfahrung, um den gesamten Produktionsprozess zu überwachen**.

Arbeitssicherheit wird in der betrieblichen Berufsausbildung von entscheidender Bedeutung sein

Wesentliche Arbeitsaufgaben sind die Software- und Hardwareeinrichtung, die Überwachung der Prozessparameter und die Entnahme sowie Nachbearbeitung des Werkstücks, wobei der Arbeitsprozess durch **erhöhte Sicherheitsstandards** gekennzeichnet sein wird, die jedoch denen der subtraktiven Fertigung in den Grundzügen ähneln. Die Sicherheitsvorschriften beim Bestücken und Abrüsten sind strikt einzuhalten. Der Maschinenbediener ist ein **sicherheitsbewusster Facharbeiter mit grundlegenden Materialkenntnissen, kompetent im Notfallmanagement und in der Lage, kleine Abweichungen der Prozessparameter zu handhaben**. Die Automatisierung könnte bestimmte Kompetenzen überflüssig machen: Durch die Einbindung der Software in die Maschinen könnten die Programmierkenntnisse der Maschinenbediener zukünftig von geringerer Relevanz sein. 3D-Drucker arbeiten in der Produktion selbständig und benötigen keine Überwachung oder Nachsteuerung des Fertigungsprozesses.

Neue Anforderungen an die Handlungskompetenzen bei der Nachbearbeitung

Die Nachbearbeitung des fertiggestellten Bauteils ist ein weiterer Bereich des Herstellungsprozesses, in dem sich die Anforderungen bis 2025 weiterentwickeln werden. Die zusätzlichen Handlungs-

kompetenzen der Facharbeiter werden im Wesentlichen im fachgerechten Entfernen und Recyceln überflüssigen Metallpulvers um das hergestellte Bauteil bestehen. Zerspanung, Oberflächenveredelung, Wärmebehandlung und andere Verfahren, mit denen das hergestellte Bauteil nachbearbeitet wird, werden auch zukünftig relativ häufig mit konventionellen Maschinen durchgeführt werden.

Grundkenntnisse der Materialien in der Entwicklungs- und Erprobungsphase

Die Identifizierung von Mängeln des Herstellungsprozesses in der Phase der Produkt- und Produktionsprüfung wird in den nächsten Jahren an Bedeutung gewinnen. Diese Aufgaben erfordern ein spezifisches Fachwissen der Methoden der additiven Fertigung; so werden z. B. Computertomographien durchgeführt. **Die Kenntnis der spezifischen Materialien und Verfahren ist dabei unerlässlich**. Die zerstörungsfreie Bauteilprüfung hingegen folgt in der Regel dem Vorgehen in der subtraktiven Fertigung. Die Anforderungen an die Messtechniker, die für diese Aufgaben zuständig sind, wird daher bis 2025 von gleicher Relevanz bleiben.

Aufteilung der Instandhaltung auf zwei Kernbereiche

Was die **Wartungsphasen** anbelangt, so wird der durch dieses Projekt analysierte Zeitrahmen lang genug sein, um die Entwicklung der Instandhaltung infolge des schrittweisen Einsatzes der additiven Fertigung auf industrieller Ebene zu erfassen. 3D-Drucker müssen routinemäßig gereinigt und gewartet werden. Außerdem wird der Drucker etwa alle sechs Monate außerordentlichen Diagnosearbeiten unterzogen, um eventuelle

Fehlfunktionen oder Ausfälle zu beheben. All diese Aufgaben erfordern Kenntnisse und Kompetenzen, die auf das spezifische Fertigungsverfahren zugeschnitten sind.

Die Wartung stellt neben dem Betrieb eine weitere Phase des Fertigungsprozesses dar, in der die **Sicherheitsstandards** am Arbeitsplatz eine herausragende Rolle spielen. So birgt die Verwendung von Metallpulvern Risiken wie das Einatmen von Pulverpartikeln oder die Reaktion der Partikel mit Sauerstoff mit der Gefahr der anschließenden Verbrennung. Dies ergänzt die Instandhaltung von 3D-Druckern um eine **neue Dimension**, die eine Reihe von Kompetenzen erfordert. Ein hohes Sicherheitsniveau ist besonders wichtig bei Wartungsaufgaben, wie z.B. dem Austausch von Filtern, die während der Produktion zur Abscheidung von Gasen eingesetzt werden. Die Gase sind gesundheitsschädlich für den Menschen. Unsachgemäß gereinigte Filter können die Effizienz des Prozesses beeinträchtigen. Für den sorgsamsten Umgang mit Rohstoffen und deren Lagerung sowie der Gewährleistung einer sicheren und sauberen Arbeitsumgebung ist die Arbeitssicherheit der wichtigste Faktor. Im Falle einer außerordentlichen Wartung muss sich der Endnutzer der Maschine auf **spezialisiertes Wartungspersonal**, das vom Hersteller an die Produktionsstätte geschickt wird, in der sich die Maschine befindet, verlassen. Bei der normalen Wartung werden die Arbeiten stattdessen direkt von den **spezialisierten Technikern** des Endnutzerunternehmens ausgeführt.

Die Rolle des Anbieters additiver Fertigungssysteme und insbesondere die fachliche Qualifikation seiner Werkstattmitarbeiter in der Instandhaltung wird daher von entscheidender Bedeutung sein.

Erforderliche Schulungen und spezifische Anweisungen zur ordentlichen Wartung der Maschine müssen vom Hersteller der additiven Fertigungssysteme kommen.

Die additive Fertigung erfordert auch die Entwicklung von Schlüsselkompetenzen

Prognosen bezüglich des zunehmenden Wettbewerbs bis 2025 dürften eine stärkere Ausrichtung der Unternehmen auf das Handlungsfeld „Marketing“ auslösen. Die Hersteller werden verstärkt Gelegenheiten nutzen, um ihre neuesten Produkte zu präsentieren und zu demonstrieren. Zu erwarten ist, dass Maschinenvorfürungen durch Facharbeiter auf Messen zur Förderung des Einsatzes additiver Technologien häufiger und anspruchsvoller werden. Daraus ergeben sich erhöhte Anforderungen an die Interaktion mit interessierten potentiellen Nutzern und an die Koordination der Beantwortung von Fragen potenzieller Kunden. Solche Kompetenzen sind auch bei der Nachbepreicherung der Anregungen und Anfragen der Kunden am Ende der Messetätigkeit unverzichtbar.

Zur erfolgreichen Auseinandersetzung mit weiterentwickelten und ausstellungsorientierten Marketingstrategien benötigen zukünftige Facharbeiter in der additiven Fertigung unter anderem **erweiterte Schlüsselkompetenzen in Kommunikation und Präsentation**.

Anmerkungen

1. Zahlen von CECIMO. Daten umfassen Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Italien, Niederlande, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Türkei, Tschechische Republik und das Vereinigte Königreich.
2. Abrechnung von Produkten & Dienstleistungen (alle Materialien). Quelle: Wohlers Report 2015.

Das METALS-Konsortium

The organisations involved in the Erasmus+ METALS project are:

Project leader

CECIMO - European Association of the Machine Tool Industries

www.cecimo.eu



AFM - Advanced Manufacturing Technologies

www.afm.es



Machine Tool, Accessories, Component Parts and Tools Manufacturers' Association of Spain

Afol Metropolitana

www.afolmet.it



Detmold Government Department 45

www.bezreg-detmold.nrw.de

Bezirksregierung
Detmold



ECOLE - Enti COndustriali Lombardi per l'Education

www.myecole.it



Kontakt:

Project coordinator: Maitane Olabarria

maitane.olabarria@cecimo.eu

+32 2 502 70 90

Website: www.metalsalliance.eu

IMH - Machine Tool Institute

www.imh.eus



ITB - Institute of technology and Education of the University of Bremen

www.itb.uni-bremen.de



TKNIKA

www.teknika.eus



UCIMU-SISTEMI PER PRODURRE

www.ucimu.it



UCIMU-SISTEMI PER PRODURRE

Nachwuchsstiftung Maschinenbau gGmbH

www.nachwuchsstiftung-maschinenbau.de



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union