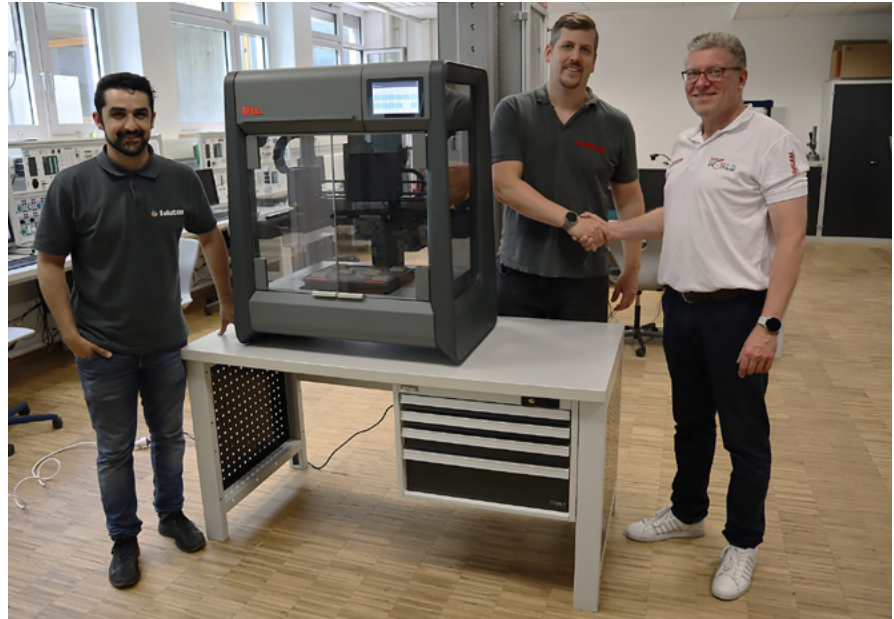


Lehrerfortbildung mit dem Fokus Hybridproduktion

AM trifft CNC: HGS und SolidCAM
Additive kombinieren beide Welten
mit dem Studio System in einer
Fortbildung



Moderner 3D-Druck ist für die Hohentwiel-Gewerbeschule Singen (HGS) in Deutschland kein Neuland mehr. Mit Unterstützung der Metall-3D-Druck-Experten von SolidCAM Additive, einem der bewährten Partner von Desktop Metal in Deutschland, hat die Schule im Jahr 2024 das Studio System von Desktop Metal in ihr umfangreiches Angebot an Lernmitteln aufgenommen. Das unterrichtsfreundliche System ermöglicht den sicheren und hochpräzisen Druck von Metallteilen und ist damit ein wertvolles Werkzeug für Schulprojekte.



Kunden
Hohentwiel-Gewerbeschule Singen (HGS)

Standort
Singen, Deutschland

Industrie
Bildung

Anwendungsbeispiel
Messerkopf

Machine
Studio System™ 2

Material
17-4 PH Edelstahl

Webseite
www.hgs-singen.de

Partner
Solidcam Additive

Standort
Schramberg, Deutschland

Industrie
3D-Druck-Dienstleister

Webseite
www.solidcam-additive.de

Lebenslanges Lernen für Pädagogen

Mit dem Aufkommen neuer Verfahren und Technologien wie der additiven Fertigung (3D-Druck), der hybriden Fertigung, der CNC-Automatisierung und der Industrie 4.0 befindet sich die Fertigung in einem raschen Wandel. Um sicherzustellen, dass Ausbilder in der Fertigung über das erforderliche Wissen und die Fähigkeiten verfügen, um Schülern die neuesten Fortschritte bei den Fertigungsverfahren effektiv zu vermitteln, ist es unerlässlich, dass sie sich durch Weiterbildungen oder Fortbildungen über diese Entwicklungen auf dem Laufenden halten.

Zwei hochmotivierte Lehrer der Hohentwiel-Gewerbeschule Singen (HGS), einer beruflichen technischen Schule in Deutschland, erkannten den Wert einer Fortbildung für Ausbilder im Bereich moderner Fertigungstechniken. Die beiden Lehrer, Pascal Noppenberger und Florian Buschle, entwickelten daraufhin ein Fortbildungsprogramm zur Hybridfertigung, einer Kombination aus additiver Fertigung und CNC-Bearbeitung. Ihrer Meinung nach ist dieser Ansatz den traditionellen Fertigungsverfahren für komplexe Anwendungen in mehrfacher Hinsicht überlegen ist, da er unter anderem komplexere Designs ermöglicht und die Produktionszeit und -kosten reduziert.

Um Theorie und Praxis der Ausbildung in Einklang zu bringen, ist die Schule eine Partnerschaft mit dem renommierten 3D-Druckdienstleister SolidCAM Additive eingegangen. Das Unternehmen unterstützt Maschinenwerkstätten dabei, ihre Abläufe durch additive Fertigung zu rationalisieren. „Die Lernfabrik 4.0 unserer Schule investiert in viele moderne Geräte, wie zum Beispiel 3D-Drucker. Wir haben alles von der Produktionsplanung bis zum

Qualitätsmanagement. Wenn wir ein neues System anschaffen, müssen wir ein Unterrichtskonzept dafür entwickeln, das in der Industrie anwendbar ist. Und das geht am besten mit einem Industriepartner wie SolidCAM Additive, den wir seit vielen Jahren kennen“, sagte Noppenberger, Technischer Oberlehrer für Metalltechnik.

Diese Fortbildung mit dem Titel „Hybrid Manufacturing vom Metalldruck bis zur 5-Achs-Bearbeitung“ wird einmal im Jahr als reine Präsenzveranstaltung mit insgesamt acht Unterrichtseinheiten zu je 90 Minuten angeboten. Das Angebot richtet sich speziell an Lehrkräfte an gewerblich-technischen Schulen in Baden-Württemberg, die die Fächer Metallteilefertigung und Metallproduktionstechnik unterrichten. Auch Fachhochschulstudierende können an der Fortbildung teilnehmen und sich diese anrechnen lassen.

Ziel des Programms ist es, den Ausbildern ein umfassendes Verständnis der Vorteile und Verfahren der Hybridfertigung zu vermitteln. Dies umfasst die Konstruktion von Metallteilen aus der Perspektive der additiven Fertigung, den 3D-Druck, das Sintern sowie die Nachbearbeitung der Teile auf einer 5-Achsen-Fräsmaschine. Neben der Theorie können die Teilnehmer das Gelernte direkt anwenden, indem sie ein echtes Metallteil mit den an der Schule verfügbaren Technologien herstellen.

Lernschwerpunkt: Bound Metal Deposition

Da die additive Fertigung viele Verfahren und Technologien umfasst, fokussiert sich diese Schulung ausschließlich auf die additiven Verfahren, die sicher in einem Klassenzimmer unterrichtet werden können. Dies umfasst Bound Metal Deposition (BMD) und Fused Deposition Modeling (FDM). Im Jahr 2024 hat die Schule einen Desktop Metal Studio System BMD 3D-Drucker für Schulungszwecke erworben.

„Das Studio System zeichnet sich durch seine hohe Sicherheit in der Anwendung im Klassenzimmer aus. Wir brauchen keine Maske, um es zu benutzen. Wir bekommen keine giftigen Dämpfe ab, und wir brauchen keine Absauganlagen. Das Gerät ist klein. Wir können es einfach in unserem Büro aufstellen. Außerdem ist es sehr einfach zu bedienen“, erklärte Noppenberger.

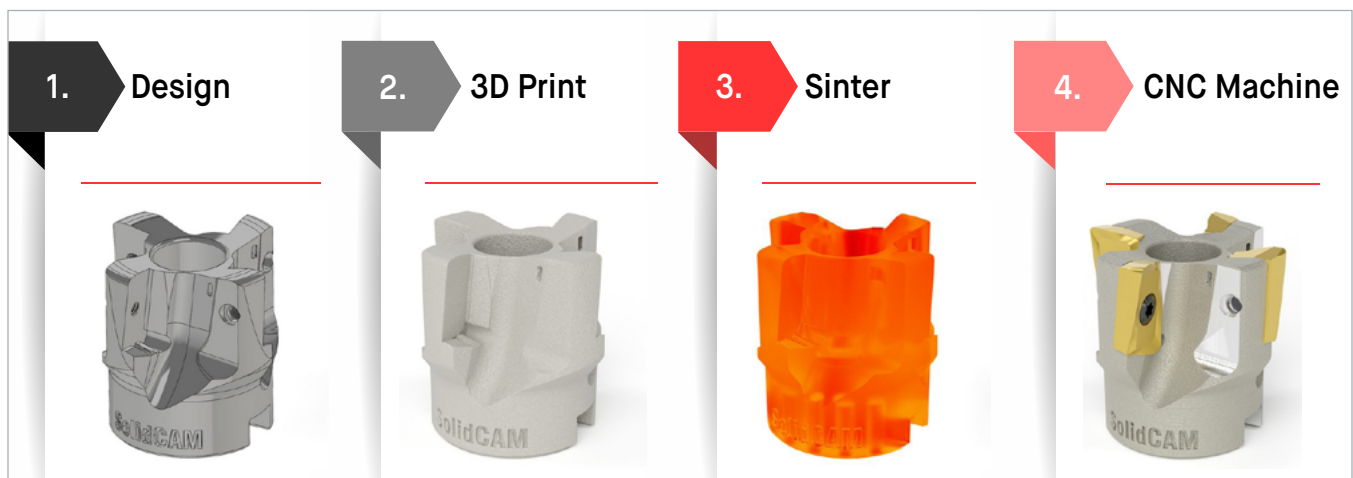
Über das Studio System: Das Studio System nutzt die Bound Metal Deposition™ (BMD)-Technologie, um Metallstäbe schichtweise zu komplexen Formen zu extrudieren, ähnlich dem FDM-Verfahren. Die Stäbe aus vorgebundenem Metallpulver werden in die Maschine geladen, wodurch die Handhabung von losem Pulver im Prozess entfällt. Dadurch entfallen viele der Sicherheitsanforderungen, die häufig mit dem 3D-Metalldruck verbunden sind, und es werden neue Funktionen ermöglicht, wie z. B. die Verwendung einer vollständig geschlossenzelligen Füllung für leichte Festigkeit. Aus diesem Grund eignet sich das Studio System 2 für jedes Klassenzimmer, jedes Büro und jedes Studio. Das Studio System ist ein einfaches Einstiegssystem, das Werkstätten, MIM-Firmen, Dienstleistungsunternehmen und Bildungseinrichtungen einen schnellen Einstieg in den Metalldruck für Werkzeuge, Vorrichtungen, Prototypen und die Serienproduktion ermöglicht.

Erfahren Sie mehr über den benutzerfreundlichen Prozess des Studio System 2: [Studio System™ | Desktop Metal](#)

Jörg Vollmann-Schipper, Business Director von SolidCAM Additive, der die Schulungen zu den Grundlagen des Metall-3D-Drucks und der Verwendung des Studio-Systems durchführt, fügte einen Punkt über die Eignung des Systems zum Lernen hinzu. „Für uns ist es wichtig, ein System zu verwenden, das auf dem Markt wirklich funktioniert. Das ist vor allem in der Ausbildung, bei Schulungen oder Workshops wichtig. Da diskutieren die Teilnehmer nicht nur die Vorzüge von Fertigungssystemen, sondern teilen auch ihre Herausforderungen. Das Studio System funktioniert gut und ist für die Ausbildung einfach prädestiniert.“

Das Lernmodul zur hybriden Fertigung

Die Schulung umfasst sowohl theoretische als auch praktische Aspekte der vier hybriden Fertigungsschritte:

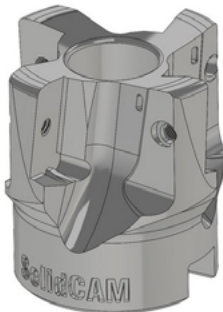


Die Teilnehmer erlernen die Herstellung der für einen Messerkopf erforderlichen Komponenten anhand dieser Schritte. Es handelt sich um ein rotierendes Bauteil, das mit Werkzeugen oder Klingen ausgestattet ist, um Material von einer Oberfläche oder einem Werkstück zu entfernen. Messerköpfe finden in zahlreichen Branchen Anwendung, beispielsweise in der Holzbearbeitung, der Zerspanung und der Metallbearbeitung.

„Nachdem ich mir das [Video](#) von SolidCAM Additive über die hybriden Fertigungsprozesse eines Messerkopfes angesehen hatte, das alle Aspekte von der Teilekonstruktion bis zum Qualitätsmanagement abdeckt, habe ich mich dazu inspiriert gefühlt, es in unser Lehrmodul aufzunehmen“, so Noppenberger. Wie in Abbildung 2 dargestellt, zeigt der Messerkopf ohne gefräste Wendeplattensitze und Befestigungen. Er erklärt, dass diese Anwendung eine hohe Variantenvielfalt erfordert, was auch kleine Stückzahlen für die einzelnen Komponenten bis hin zur Losgröße eins bedeutet. Aufgrund der geringen Stückzahlen ist es zu aufwändig und teuer, die Teile mit herkömmlichen Fertigungsverfahren zu beschaffen. Der effektivste Ansatz ist daher der Einsatz des 3D-Drucks zur Herstellung dieser kundenspezifischen Teile. Bei diesem

Verfahren handelt es sich um einen digitalen Prozess, der keine Werkzeuge erfordert und die Herstellung komplexerer Geometrien ermöglicht.

SolidCAM Additive wies auf weitere Vorteile der hybriden Fertigung des Messerkopfes hin: „Der Messerkopf ist eine besondere Komponente im Produktportfolio von SolidCAM. Die Verwendung einer hybriden Produktionsmethode, die 3D-Druck und CNC-Bearbeitung kombiniert, kann die Produktionskosten und -zeiten erheblich reduzieren, die Präzision verbessern und eine einfache Anpassung der Kleinserienfertigung von Messerköpfen und anderen hochfunktionalen Werkzeugkomponenten ermöglichen“, sagte Vollmann-Schipper von SolidCAM Additive, der deutsche Fertigungsunternehmen bei der Bewältigung ihrer Produktionsherausforderungen durch die Integration von AM und CNC unterstützt.



1. Konstruktion

Im Rahmen der Fortbildung werden die Teilnehmer dazu angehalten, den Messerkopf mithilfe der 3D-CAD-Software SolidWorks zu konstruieren. Ziel ist die Definition der Geometrie, des Schneidwinkels und der Positionen der Schneidplatten. Zudem wird vermittelt, wie die Konstruktion für die additive Fertigung optimiert werden kann und warum dies wichtig ist.

„Wir demonstrieren, dass das 3D-Druckdesign maßgeschneiderte Komponenten ohne den Einsatz von Werkzeugen und komplexe Geometrien ermöglicht, die mit herkömmlichen Fertigungsverfahren nicht realisierbar sind. Wir sind in der Lage, Gitterstrukturen in den Messerkopf zu integrieren, was das Gewicht der Teile reduziert, ohne die Festigkeit zu beeinträchtigen. Wir können auch Kühlkanäle direkt an der Außenwand anbringen, was super ist“, so Noppenberger.

Darüber hinaus bietet das Design für die additive Fertigung noch weitere Vorteile: „Durch die Optimierung der Topologie des Messerkopfes für den 3D-Druck können wir das Teil auf die kleinstmögliche Geometrie reduzieren, so dass weniger Material für die Produktion benötigt wird, ohne die Leistung zu beeinträchtigen. Dies führt zu niedrigeren Produktionskosten, einem leichteren Teil und weniger Materialabfall“, fügt Noppenberger hinzu. Für die Herstellung wurde Edelstahl 17-4 PH verwendet, um die Haltbarkeit und Verschleißfestigkeit des Teils zu gewährleisten.

Die Fortbildung bietet auch einen Einblick in das Rapid Prototyping, das ein weiterer Vorteil des 3D-Drucks mit dem Studio System ist. Das additive System ermöglicht die schnelle und kostengünstige Erstellung erster Prototypen des Messerkopfes, die vor der endgültigen Produktion auf ihre Funktionalität geprüft werden können.



2. 3D-Druck

Im Anschluss an die Konstruktionsphase wird die Fortbildung mit einer Einführung in die additive Fertigung (AM) fortgesetzt. In diesem Abschnitt wird erläutert, worin sich die additive Fertigung von der subtraktiven Fertigung unterscheidet, und es wird ein Überblick über die aktuellen AM-Verfahren zur Herstellung von Metallteilen gegeben. Im nächsten Schritt werden die Teilnehmer aufgefordert, die Stärken und Schwächen dieser Verfahren zu ermitteln und zu entscheiden, welches Verfahren am besten für die Herstellung des Messerkopfes geeignet ist.

Die Teilnehmer erhalten auch Einblicke in die Vorteile der Kombination von AM mit CNC-Bearbeitung. Zudem wird erläutert, wie SolidCAM Additive seine Sonderwerkzeuge typischerweise herstellt, einschließlich:

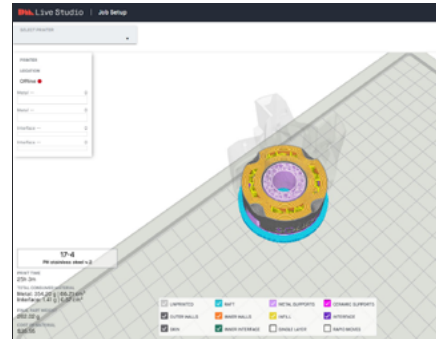
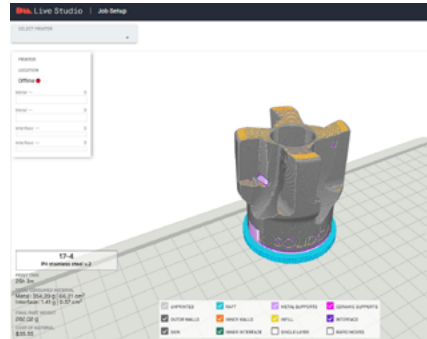
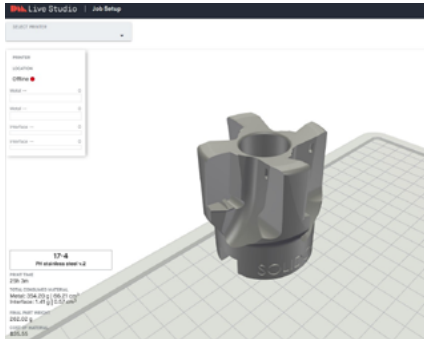
- Funktionaler Prototyp aus Kunststoff (mit der „Digital Light Processing“ 3D-Druck Technologie von ETEC)
- Prototyp oder Kleinserie aus Metall (mit dem Studio System, einem BMD-System von Desktop Metal)
- Serienfertigung in Metall (mit dem Shop System™, einer Binderjet-Plattform von Desktop Metal)

Das Studio System bietet einen rationalisierten Metall-3D-Druck durch seinen einfachen, zweistufigen Druck- und Sinterprozess. Darüber hinaus ist es mit der Separable Supports-Technologie der nächsten Generation ausgestattet und ermöglicht einen softwaregesteuerten Arbeitsablauf durch Live Studio™. Dieses Feature verwaltet die Erstellung von Teilen aus CAD- oder STL-Dateien bis hin zu gesinterten Komponenten. Die Software ist in die Studio System-Drucker und -Sinterofen integriert. So wird die Arbeitsbelastung des Bedieners reduziert, die Prozesseffizienz gewährleistet und die Produktion hochwertiger Metallteile automatisch optimiert.

Die intuitive Schnittstelle der Software ermöglicht einen einfachen Zugang sowohl für Ausbilder als auch für Schulungsteilnehmer. Es ist keine Expertise in den Bereichen Metallurgie oder Bearbeitung erforderlich, um komplexe Metallteile zu erstellen, da die Software sämtliche Aspekte der Teileerstellung automatisiert – vom Druck bis zum Sintern. Das System skaliert das Bauteil automatisch, richtet es aus, damit der Druck und die Sinterung erfolgreich durchgeführt werden können. Zudem generiert es trennbare Halterungen und wendet Metallurgie-Experten an, um die Herstellung zu optimieren. Die Schulungsteilnehmer können ihre Entwürfe einfach hochladen und dem Workflow folgen, der sie Schritt für Schritt anleitet.

Neben dem Erlernen des 3D-Drucks in Kleinserien mit dem Studio System 2 wird auch das für die Großserienproduktion geeignete Metallbinder-Jetting mit dem Shop System von Desktop Metal vermittelt.

Im Anschluss an die Schulung sind die Teilnehmer dazu angehalten, das erworbene Wissen in die Praxis umzusetzen. Hierzu wird die Grundstruktur der Messerköpfe mit dem Studio System und den vorgegebenen Druckparametern 3D-gedruckt.



Der softwaregesteuerte Arbeitsablauf des Studio Systems verwaltet alle Aspekte der Teilerstellung – vom digitalen Modell bis zum gesinterten Teil. Die Software skaliert das Teil automatisch, richtet es für einen erfolgreichen Druck und Sintervorgang aus, erzeugt trennbare Halterungen und wendet eine fachkundige Metallurgie an, um die Herstellung zu optimieren.

3. Sintern

Nach dem Druck der Grundstruktur des Messerkopfes werden detaillierte Informationen über den Sinterprozess mit dem Desktop-Metal-Sinterofen gegeben. Der Ofen heizt die Teile zunächst auf, um alle Bindemittel zu entfernen, und erhöht dann die Temperatur bis nahe an den Schmelzpunkt, um ein industrietaugliches Sintern zu ermöglichen. Eingebaute Temperaturprofile, die auf die jeweilige Konstruktion und das jeweilige Material abgestimmt sind, gewährleisten eine gleichmäßige Erwärmung und Abkühlung ohne die bei laserbasierten Systemen auftretenden Restspannungen.

Der Schwerpunkt der Schulung liegt auf der Bewertung der gedruckten Komponenten vor dem Fräsen und dem Verständnis der verschiedenen Faktoren, die das Ergebnis beeinflussen können. Um eine effiziente Lernerfahrung zu gewährleisten, stellt SolidCAM Additive vorgesinterte Messerköpfe zur Verfügung, so dass die Schulungsteilnehmer die Abbildungsgenauigkeit und das Schwindungsverhalten der Teile anhand der Standardwerte der bereitgestellten Musterteile direkt messen können. „Präzision ist besonders wichtig für technische Anwendungen, bei denen enge Toleranzen erforderlich sind. Die Abbildungsgenauigkeit der auf dem Studio System gedruckten Teile ist perfekt“, so Noppenberger.

4. CNC-Bearbeitung

Im Anschluss an die Informationsveranstaltung zum Sintern der Messerköpfe erlernen die Teilnehmer die Erstellung von CNC-Werkzeugwegen mit der Software SolidCAM. Zudem wird die weitere Bearbeitung des Bauteils auf einer 5-Achs-Fräse vermittelt, um die erforderliche Präzision und Oberflächengüte zu erreichen.



- **Plattensitz:** Der Messerkopf wird auf einer exakt ausgerichteten Vorrichtung positioniert, um der 5-Achs-Fräsmaschine einen optimalen Zugang zu allen funktionsrelevanten Flächen zu ermöglichen.
- **Feinbearbeitung und Toleranzen:** Die 5-Achs-Bearbeitung erlaubt eine hochpräzise Konturierung der Bauteilgeometrie, das gezielte Anarbeiten der Schneidkantensitze sowie die Oberflächenveredelung. Insbesondere die Schneidplattenaufnahmen und Passflächen, die enge Maß- und Formtoleranzen erfordern, werden durch die mehrachsige Fräsbearbeitung mit höchster Genauigkeit gefertigt und angepasst.

Anschauliche Darstellung der Vorzüge der Hybridfertigung im Rahmen der Qualitätskontrolle

Die Fortbildung unterstreicht die Bedeutung der Qualitätskontrolle in jedem Aspekt des hybriden Produktionsprozesses. Die Teilnehmer werden daher aufgefordert, den gesamten Produktionsprozess, die Schnittdaten, die Werkzeugauswahl und die Messergebnisse zu bewerten sowie Produktionszeit und -kosten zu berechnen. Sie erlernen die Optimierung von Produktionsprozessen unter Berücksichtigung von Qualität und Kostenreduzierung. Zudem werden sie dazu befähigt, Lösungen für auftretende Probleme zu finden, Qualitätsregelkarten zu erstellen und die Ergebnisse ihrer Arbeit zu dokumentieren und zu präsentieren.

„Am Ende der Fortbildung hatten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer bewiesen, dass das hybride Fertigungsverfahren ideal ist, um innovative und hochfunktionale Werkzeugkomponenten wie Messerköpfe effizient und genau herzustellen“, so Noppenberger.

Die Teilnehmer fassen die folgenden Vorteile der Kombination von additiver Fertigung und CNC-Bearbeitung zusammen:

- **Komplexität und Präzision:** Der 3D-Druck ermöglicht die Produktion komplexer Formen, die anschließend auf der 5-Achs-Fräse gemäß der gewünschten Toleranzen und Oberflächengüten bearbeitet werden.
- **Optimierte Geometrie:** Durch den Einsatz von Gitterstrukturen oder inneren Kühlkanälen können Messerköpfe leichter und effizienter gestaltet werden.
- **Reduzierung von Zeit- und Kostenaufwand:** Der 3D-Druck reduziert den Materialeinsatz und die Herstellungskosten, während die Fräsmaschine die nötige Präzision garantiert.



“Wir prüfen derzeit die Möglichkeit, eine tiefer gehende Schulung anzubieten, z. B. einen strukturierten Kurs, der über die Grundlagen hinausgeht, oder einen Kurs, der speziell für die Konstruktion von Teilen für den 3D-Druck konzipiert ist.”

Pascal Noppenberger, Technischer Oberlehrer, Hohentwiel-Gewerbeschule Singen

Weitere Schulungskooperationen

Nach dem anfänglichen Erfolg des Lehrerfortbildungsprogramms haben HGS und SolidCAM Additive beschlossen, das gleiche Fortbildungsprogramm jährlich anzubieten. Sie haben jedoch Möglichkeiten zur weiteren Verfeinerung identifiziert. „Wir prüfen derzeit die Möglichkeit, eine tiefer gehende Schulung anzubieten, z. B. einen strukturierten Kurs, der über die Grundlagen hinausgeht, oder einen Kurs, der speziell für die Konstruktion von Teilen für den 3D-Druck konzipiert ist“, so Noppenberger, der auch die Zusammenarbeit mit anderen Bildungseinrichtungen sucht, die einen ähnlichen Kurs anbieten könnten.

SolidCAM Additive plant auch die Zusammenarbeit mit anderen Bildungseinrichtungen in anderen Bundesländern und mit Unternehmen, um ein ähnliches Schulungsprogramm oder Workshops anzubieten.

Dieser kooperative Ansatz in der Weiterbildung gewährleistet, dass die Ausbilder ihre Schüler mit den neuesten Kenntnissen und Fähigkeiten in den Fertigungstechniken ausstatten können, um sie optimal auf die Anforderungen der Industrie vorzubereiten.





Über Hohentwiel-Gewerbeschule Singen (HGS)

Die HGS ist eine deutsche Bildungseinrichtung, die ihren Fokus auf technische und industrielle Fächer legt. Die Schule blickt auf eine 132-jährige Geschichte zurück und verfügt über ein Kollegium von 120 Lehrkräften, die rund 1.700 Schüler in modernen Klassenräumen, Labors und Werkstätten unterrichten. Die HGS bietet ein breit gefächertes Curriculum, das von der High School bis zum Berufskolleg reicht. Die Lernfabrik 4.0 ist mit einem hochmodernen Maschinenpark und vernetzten Bearbeitungszentren ausgestattet, die den Industriestandards entsprechen.

Erfahren Sie mehr: www.hgs-singen.de



Über SolidCAM Additive

SolidCAM Additive ist der Geschäftsbereich für additive Fertigung von SolidCAM, einem weltweit führenden Anbieter innovativer CAM-Software für die CNC-Bearbeitung. Mit umfassendem Fachwissen im Bearbeitungsbereich unterstützt SolidCAM Additive Hersteller dabei, die Vorteile der Kombination aus 3D-Metalldruck und CNC-Bearbeitung bestmöglich zu nutzen.

Erfahren Sie mehr: www.solidcam.com/solutions/solidcam-additive



About Desktop Metal Inc.

Desktop Metal ist ein Vorreiter im Bereich der additiven Fertigung 2.0 – einer neuen Ära der bedarfsgerechten und digitalen Massenproduktion von Industrie-, Medizin- und Verbraucherprodukten. Unsere innovativen 3D-Drucker, Werkstoffe und Softwarelösungen sind in Hinblick auf Geschwindigkeit, Kosten und Teilequalität eine wichtige Voraussetzung für diesen Wandel. Mit Binder Jetting und Digital Light Processing haben wir die branchenführenden 3D-Druckverfahren erfunden und weiterentwickelt, die diese Transformation unserer Meinung nach maßgeblich prägen werden. Heute drucken wir mit unseren Systemen Metalle, Polymere, Sand- und andere Keramikwerkstoffe sowie Schaumstoffe und recyceltes Holz. Hersteller auf der ganzen Welt nutzen unsere Technologie, um Zeit und Geld zu sparen, Abfälle zu reduzieren und Fertigungsprozesse flexibler zu gestalten. So lassen sich zuvor undenkbare Designs und Produkte herstellen, um komplexe Herausforderungen der heutigen Welt zu meistern.

Erfahren Sie mehr über Desktop Metal und unsere Marken von #TeamDM unter www.desktopmetal.com