

SIEMENS

Ingenuity for life



CNC4you

Praxiswissen für die Werkstatt

2/2018

siemens.de/cnc4you

**0100
1001
0110** Digitalisierung

4 Ein digitaler Zwilling kommt selten allein
Für Maschinenanwender und -hersteller muss es unterschiedliche virtuelle Abbilder geben

8 Digitalisierung im Fokus
Sie haben Fragen zur digitalen Zukunft in Ihrem Arbeitsumfeld? Wir geben Ihnen Antworten!

10 Industrial Edge –
Digitalisierungs-Power in der Fertigung
Zur digitalen Fertigungsunterstützung ist Sinumerik Edge als maschinennahe Plattform für Apps verfügbar

💡 CNC-Wissen

11 Zeit sparen bei jeder Nut und Tasche
Trochoidales Fräsen wird heute vergleichsweise selten genutzt, hat aber einige Vorteile

12 Den Fehlern auf der Spur
Das PC-Tool „Analyze MyWorkpiece /Toolpath“ erleichtert die Ursachensuche bei Qualitätsmängeln von Freiformflächen

14 Update für die Kompaktklasse
Mit der Software V4.8 SP3 von Sinumerik 828D sind neue Funktionen verfügbar

16 Winkelköpfe ersparen Umrüsten
Mit Winkelköpfen werden viele Bearbeitungsschritte in nur einer Aufspannung erledigt

🏭 Aus der Praxis

18 Durchgängigkeit garantiert Fachkräfte
Dank moderner Sinumerik-CNCs in der Lehrwerkstatt und in der Fertigung kann Benz seine eigenen Fachkräfte gezielt ausbilden

20 Hoher Musikgenuss dank Präzision
Für die Fertigung hochwertiger Plattenspieler setzt Wirth auf Sinumerik 808D Advanced

22 Auf die Steuerung kommt es an
Pausewang profitiert von der perfekten Kombination aus Steuerung und Werkzeugmaschine

Titelbild: Siemens AG

🎓 Aus- und Weiterbildung

24 Digitalisierung beginnt in der Ausbildung
Wie sich die Ausbildung der Digitalisierung anpassen muss, zeigt das Haidlmair-Ausbildungszentrum

27 Netzwerk erweitert
Die Handelskammer Rheinhessen ist neuer Siemens-Trainingspartner in der Sinumerik-CNC-Ausbildung

28 CAD/CAM-Qualifikation für Zerspaner
Das ebiz Pocking ergänzt sein Ausbildungsprogramm um die Zusatzqualifikation zum CAD/CAM-Planer

30 Sinumerik live – Video-Tutorial: „Dynamische 5-Achs-Bearbeitung direkt programmieren in Sinumerik Operate“ /
Neuer zertifizierter freier Trainer für Sinumerik

🗨️ News

31 Modularer Kugelschreiber /
Termine

Die Wirth Tonmaschinenbau Manufaktur fertigt klassische Plattenspieler für den analogen High-End-Musikgenuss



Wirth Tonmaschinenbau Manufaktur

Der digitale Zwilling – eine Sache der Perspektive

0100
1001
0110

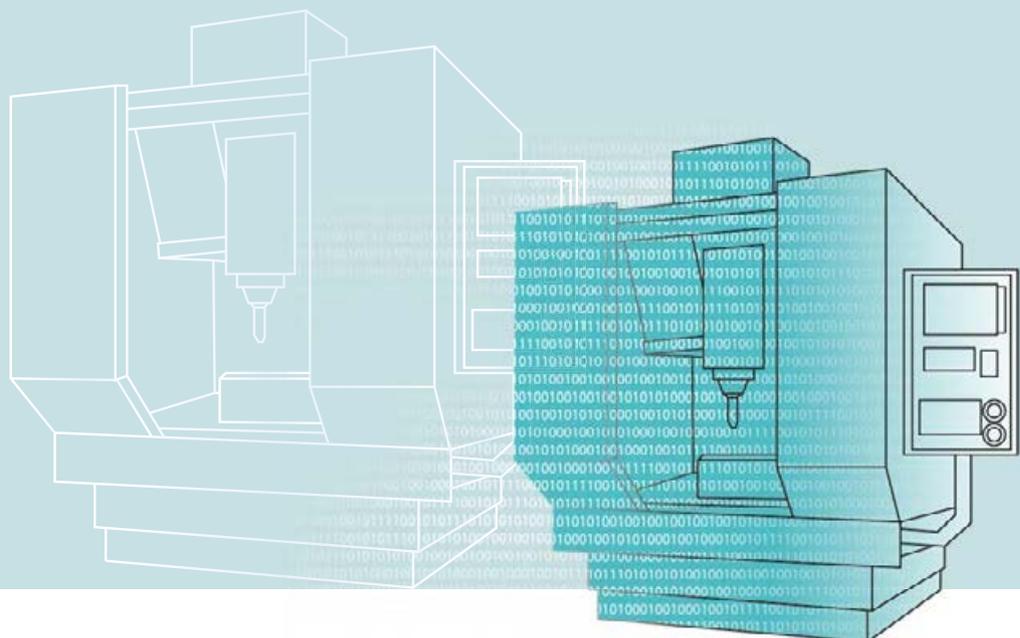
Digitalisierung

Digitale Unterstützung erschließt neue Möglichkeiten, um die Effizienz, Flexibilität und Wirtschaftlichkeit der Fertigung weiter zu steigern. Dabei werden Prozesse und Abläufe in der virtuellen Welt vorweggenommen, getestet und optimiert. Dies geschieht mithilfe digitaler Zwillinge, die Werkzeugmaschinen und ihre Eigenschaften in der Virtualität repräsentieren.

Die Anforderungen an einen digitalen Zwilling sind dabei je nach Blickwinkel ganz verschieden: Ein Maschinenhersteller verwendet ihn bei der Entwicklung der Maschine, ihrer Komponenten sowie ihrer PLC- und CNC-Software – oft bis hin zur virtuellen Inbetriebnahme, noch bevor die Maschine physisch fertiggestellt ist. Er spart dadurch Zeit und minimiert sein Entwicklungsrisiko.

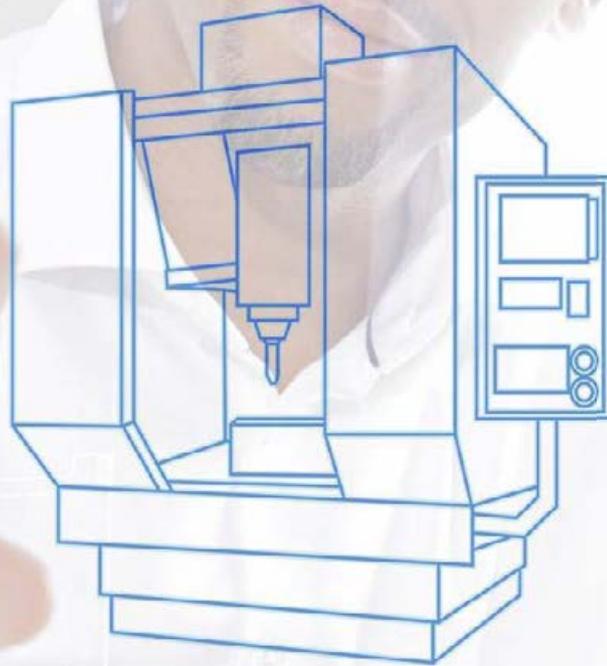
Der Blickwinkel eines Zerspaners auf seinen digitalen Zwilling ist dagegen ein ganz anderer – hier geht es um das Verifizieren und Optimieren von Teileprogrammen. So steht im Fertigungsumfeld ein ganz anderer Funktionsumfang des digitalen Zwillings im Fokus als im Maschinenbau.

Den verschiedenen Blickwinkeln auf den digitalen Zwillingen entsprechen verschiedene Einsatzumgebungen bei Hard- und Software. Diese Unterschiede zu kennen, ist wesentlich für eine erfolgreiche Digitalisierung der Fertigung, weshalb sie auf den folgenden Seiten näher erläutert werden. ■



0100
1001
0110

Digitalisierung



Ein digitaler Zwilling kommt selten allein

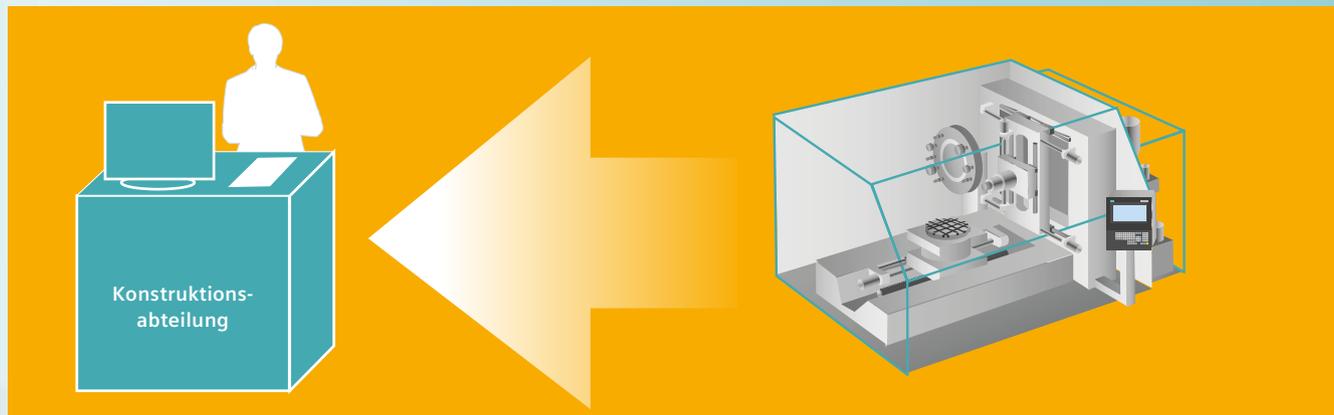
In Zeiten zunehmender Digitalisierung ist es wichtig zu verstehen, dass es nicht nur den einen digitalen Zwilling gibt. Am Beispiel einer Werkzeugmaschine wird klar, dass für Maschinenanwender und -hersteller verschiedene virtuelle Abbilder geschaffen werden müssen, da sie unterschiedliche Anforderungen haben.

Getty Images / Publicisthelpark

Im Lebenszyklus von Werkzeugmaschinen gibt es zwei ganz verschiedene Anwendungsszenarien für digitale Zwillinge: Das eine ist von den Anforderungen des Maschinenherstellers geprägt und betrifft die Anwendung bei Konstruktion, Bau und Inbetriebsetzung sowie Wartung und Service von Maschinen. Das zweite Anwendungsszenario betrifft den

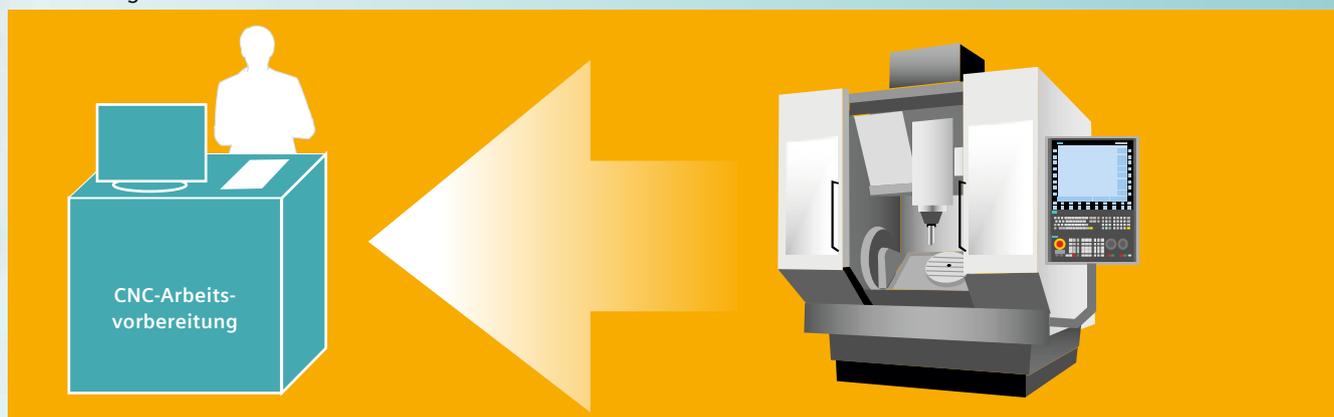
Betrieb der Werkzeugmaschine, vor allem das Erstellen und Verifizieren prozesssicherer CNC-Programme. Bei der Digitalisierung der Fertigung und auch beim Kauf neuer Maschinen gilt es, diese Unterschiede zu kennen und zu verstehen. Dabei ist es hilfreich, sich mit dem grundsätzlichen Aufbau digitaler Zwillinge vertraut zu machen.

Konstruktion und Inbetriebnahme der Maschine



Siemens AG / PublicisPipelark

Anwendung der Maschine

**Digitaler Zwilling als mächtiges Werkzeug**

Da eine Werkzeugmaschine ein sehr komplexes mechanisches Gebilde ist, ist auch der dazugehörige digitale Zwilling entsprechend komplex. Das digitale Abbild muss deshalb analog zur realen Werkzeugmaschine in einzelne Module aufgeteilt werden: in das virtuelle Abbild der CNC-Ausrüstung, in das virtuelle Abbild des Maschinenverhaltens und in das virtuelle Abbild der Maschinenmechanik.

Potenziell deckt das Konzept des digitalen Zwillings alle Phasen des Lebenszyklus einer Maschine ab. Das reicht von Entwicklung, Bau und Inbetriebnahme der Maschine über ihre Nutzung zur Fertigung ganz unterschiedlicher Werkstücke bis hin zu Service und Wartung: All dies wird mit einem digitalen Zwilling auf der virtuellen Ebene begleitet, geplant, geprüft und optimiert.

Meist interessiert nur ein Teil der Möglichkeiten

Je nach Lebensphase der Maschine (Entwicklung, Nutzung, Service) sind die Anforderungen an den digitalen Zwilling sehr verschieden. Der Betreiber einer Maschine will mithilfe eines digitalen Zwillings schon auf virtueller Ebene sicherstellen, dass die CNC-Programme fehlerfrei sind und auf Anhieb das gewünschte Bearbeitungsergebnis liefern.

So spart er die Maschinenzeit für das schrittweise Einfahren des Teileprogramms. Und er kann sich verwissern, dass das neue NC-Programm keine Kollisionen von Werkzeug oder Spannmittel mit Maschine oder Werkstück verursacht. Kurz: In der Fertigung soll der digitale Zwilling dafür sorgen, dass die Maschine prozesssicher läuft und von Prozessschritten entlastet wird, die keine Späne produzieren. Dass die Maschine an sich so funktioniert wie spezifiziert, wird dabei vorausgesetzt und nicht mehr per digitalem Zwilling überprüft.

Elektrokonstruktion, Softwareabteilung und Service des Maschinenherstellers dagegen interessiert genau dies – sie nutzen den digitalen Zwilling für die spezifikationsgerechte Funktion der Maschine. Hier geht es darum, das Zusammenspiel von CNC-Applikation mit Aktoren, Sensoren und Mechanik zu testen. Dabei werden alle denkbaren Betriebssituationen im Voraus durchgespielt und die auftretenden Sonderfälle in der CNC-Applikation berücksichtigt. Nach Abnahme und Lieferung der realen Maschine nutzt der Service diesen digitalen Zwilling, um Störungen nachzuvollziehen und Lösungen anzubieten, ohne zum Kunden fahren zu müssen.

Beim Maschinenhersteller steht also die Verkürzung von Entwicklungs- und Markteinführungszeiten im Fokus. Erreicht wird dies durch das Verlagern von Entwicklungsschritten in die Virtualität, das Einsparen mechanischer Prototypen sowie das Maximieren der Betriebssicherheit und Verfügbarkeit der Maschine. Anders als der Maschinenbetreiber muss der Maschinenhersteller dabei aber keine fehlerfreien CNC-Programme erstellen, sondern kann im Bedarfsfall für Tests auf erprobte und qualitätsgesicherte Teileprogramme von Musterbauteilen zurückgreifen.

Diese beiden grundsätzlich verschiedenen Blickwinkel prägen den Einsatz des digitalen Zwillings, genauer gesagt: seine soft- und hardwaretechnische Einsatzumgebung. Diese unterscheidet sich je nachdem, wie der digitale Zwilling genutzt wird, welche Möglichkeiten er dem Anwender bieten muss und welche nicht.

Digitaler Zwilling und spanende Fertigung

Bei der Teileprogrammierung und in der Arbeitsvorbereitung ist die zentrale Aufgabe des digitalen Zwillings das Gewährleisten fehlerfreier CNC-Programme. Das virtuelle Abbild der CNC-Ausrüstung innerhalb des digitalen Zwillings übernimmt dabei die Aufgabe, das Abarbeiten der CNC-Programme zu simulieren. Dazu gibt es im Markt zwei verschiedene Ansätze: Zum einen wird versucht, die Funktionalität der CNC zu emulieren, also die CNC in der Maschine softwaretechnisch nachzubilden.

Der andere Ansatz nutzt die reale Systemsoftware der CNC. Für Sinumerik leistet dies der sogenannte VNCK (virtueller NC-Kern). Der Sinumerik-VNCK enthält dieselbe Systemsoftware wie eine Sinumerik-CNC. Dadurch verhält sich die virtuelle Sinumerik-CNC eines digitalen Zwillings beim Abarbeiten von Teileprogrammen auch exakt so wie die Sinumerik-CNC in der realen Maschine. Die Sicherheit, dass ein per digitalem Zwilling geprüftes und optimiertes Bauteil auf der realen Maschine genauso wie in der Simulation bearbeitet wird – also mit der gleichen Prozesssicherheit, Geschwindigkeit und Bearbeitungsqualität –, ist bei VNCK-betriebenen digitalen Zwillingen von Werkzeug-

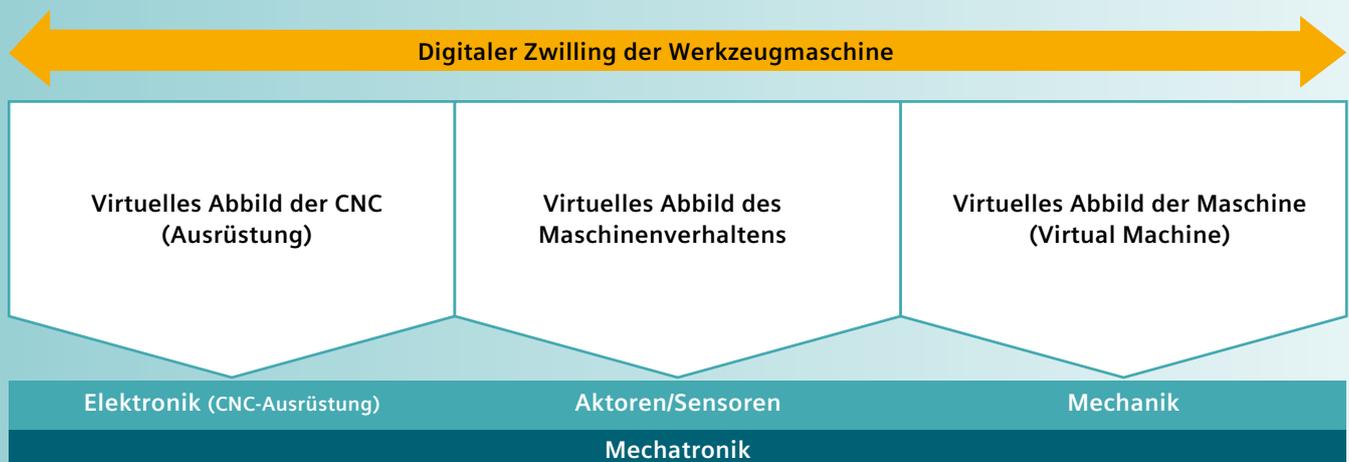
maschinen besonders hoch. Das Ziel, auch bei Einzel-fertigung sofort ein Gutteil zu fertigen, ist damit selbst bei komplexen Werkstücken erreichbar.

Außer dem VNCK ist für die praktische Arbeit mit dem digitalen Zwilling das virtuelle Abbild der Mechanik der Maschine wichtig: Damit wird jeder Moment des Fertigungsablaufs visualisiert und bereits am PC beobachtbar. Neben der optischen Darstellung der Maschinen- und Werkzeugbewegungen müssen Kollisionen des Werkzeugs mit Bauteil, Spannmittel und Maschinenkomponenten zuverlässig erkannt und signalisiert werden – in letzter Konsequenz gehört dazu auch das Visualisieren der Zerspanung selbst, also eine Abtragsimulation. Sowohl beim Visualisieren der Maschinenbewegungen als auch des Materialabtrags ist die Software NX Virtual Machine eines der führenden Systeme – und diese Software unterstützt auch die nahtlose Integration des Sinumerik-VNCK.

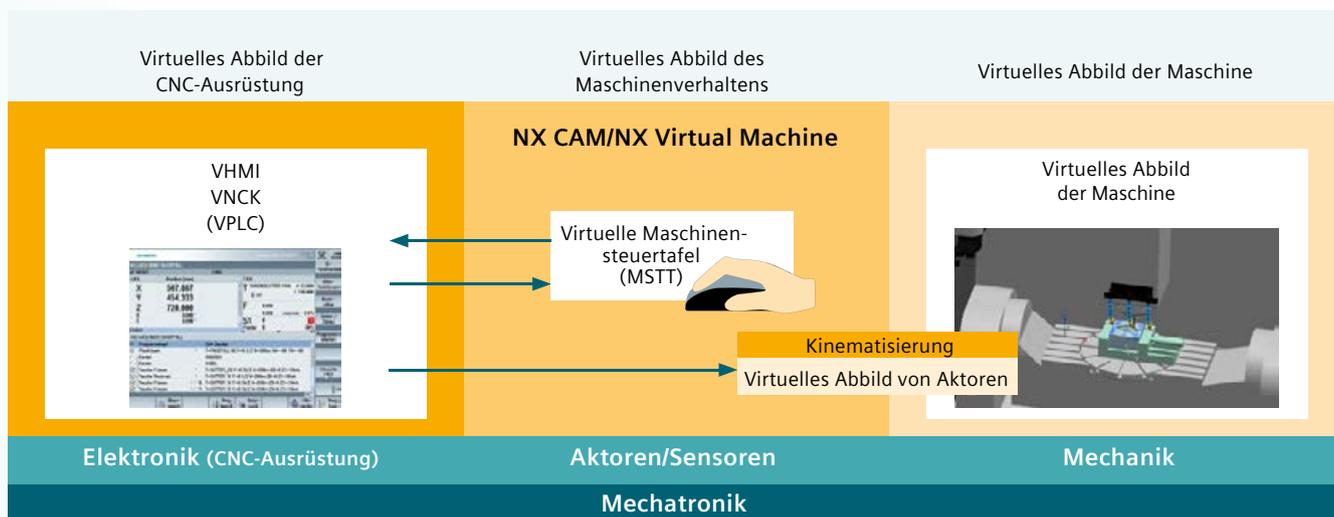
Der dritte Aspekt eines digitalen Zwillings – die Simulation und Beeinflussung des Verhaltens einzelner Maschinenkomponenten, Aktoren und Sensoren – hat in der CNC-Arbeitsvorbereitung nur eine geringe Bedeutung. Hier genügt eine realitätsgetreue virtuelle Maschinensteuertafel, über die der Bediener des virtuellen Zwillings die simulierte Maschine bedient und somit die Abarbeitung des CNC-Programms beeinflusst.

Engineering = Fokus auf Maschinendetails

Das Verhalten jeder Maschine wird durch das Zusammenspiel einer Vielzahl von Aktoren und Sensoren bestimmt. Dies verdeutlicht das Beispiel eines Werkzeugwechslers: Die Spindel muss die Werkzeugwechselposition einnehmen, ein Schieber öffnet eine Klappe, die Spindelklemmung muss geöffnet werden, ein Greifer entnimmt das bisherige Werkzeug und bewegt das neue Werkzeug in die Spindel, die Klemmung wird geschlossen, der Greifer zurückgezogen und die Klappe geschlossen. Für Entwicklung, Inbetriebsetzung und Service muss ein digitaler Zwilling das Verhalten und auch das Zusammenspiel aller beteiligten Maschinenkomponenten, Aktoren und Sensoren nicht nur virtuell nachbilden, sondern es auch ermöglichen, dieses Zusammenspiel gezielt zu beeinflussen.



Das digitale Abbild muss analog zur realen Werkzeugmaschine in einzelne Module aufgeteilt werden



NX Virtual Machine: der Bediener des Simulationsrechners selbst repräsentiert das virtuelle Maschinenverhalten während der CNC-Simulation in der virtuellen Maschine

Hardware in the Loop

Anders als beim reinen NC-Kern gibt es noch kein virtuelles Abbild der kompletten CNC-Ausrüstung, das sowohl die CNC-Funktionalität, den Part der Anpassteuerung (PLC) als auch die Antriebsregelung komplett umfasst. Maschinenhersteller benötigen darum eine Schnittstelle zwischen virtueller und realer Welt, mit der sie ihren digitalen Zwilling mithilfe eines Test-Rack mit realen CNC- und Antriebskomponenten ansteuern.

Eine Lösung hierfür sind die Programme Simit und NX Mechatronic Concept Designer von Siemens. Simit realisiert die Verschaltung von Hardware-Signalen und Feldbus mit den Aktoren und Sensoren des digitalen Zwilling. Der NX Mechatronic Concept Designer sorgt im Wesentlichen dafür, dass die als 3D-Modell vorliegenden Mechanikkomponenten der Maschine sich so bewegen wie vorgesehen, also zum Beispiel entlang einer Führung oder um ein Gelenk – oder gar nicht, wenn sie unbeweglich miteinander verbunden sind. Auf Basis dieser Software-Produkte wird die CNC-Ausrüstung einer Maschine auch ohne einen realen Prototyp in Betrieb genommen. Die Mechanik und die elektrotechnische Ausrüstung der Maschine werden dabei vom digitalen Zwilling repräsentiert. Der Maschinenservice kann mit einem solchen digitalen Zwilling Fehlermeldungen der Kunden nachvollziehen, analysieren und zu konkreten Tipps an die Instandhalter vor Ort aufarbeiten. Die Kompatibilität von Software-Updates oder Funktionserweiterungen wird verifiziert, ohne dass dadurch die Verfügbarkeit der realen Maschine beeinträchtigt wird. Die in der Fertigung so wichtige Kollisionsüberwachung oder eine Abtragsimulation sind dabei eher nachrangig.

Genau genommen ist ein per Hardware in the Loop betriebener „digitaler Zwilling“ kein vollständiger virtueller Zwi-

ling der Werkzeugmaschine – es wird eine reale CNC zu seiner Ansteuerung verwendet. Der Simulationsrechner stellt hier „nur“ das virtuelle Abbild der Maschinenmechanik zur Verfügung und simuliert das Verhalten aller Maschinenkomponenten im Detail.

Digitaler Zwilling als Kommunikationsmedium

Der Einsatz von digitalen Zwillingen in der Entwicklung und deren Verwendung in der Fertigungsvorbereitung sind wohl die beiden wichtigsten Anwendungsfälle. Doch in der Praxis gibt es einen fließenden Übergang dazwischen. Maschinenhersteller werden zum Ausloten neuer Technologiefunktionen und deren Auswirkungen auf die mechanische Konstruktion auch mit dem VNCK und NX Virtual Machine arbeiten, und diese außerdem dazu verwenden, um Funktionsmodelle ihrer Maschinen zu erstellen, die deren funktionale Alleinstellungsmerkmale verdeutlichen.

Anwender von Werkzeugmaschinen werden häufig in die Engineering-Phase ihrer neuen Maschinen einbezogen und kommen dabei in Kontakt mit dem digitalen Zwilling für die Konstruktion und Inbetriebnahme der Maschine. So werden bei kundenspezifischen Ausführungen von Serienmaschinen die speziellen Funktionen oft anhand digitaler Zwillinge detailliert abgestimmt. Bei Sondermaschinen oder Großmaschinen ist es unumgänglich, dass der Maschinenhersteller bereits in der Konstruktionsphase mögliche Lösungsansätze mit dem späteren Anwender bespricht. Damit sind digitale Zwillinge nicht nur mächtige Instrumente in Entwicklung, Fertigung und Service, sondern auch sehr effiziente Kommunikationsmittel, sobald es um das Vermitteln von Ideen, Features oder Anforderungen geht. ■

➤ [siemens.de/cnc4you](https://www.siemens.de/cnc4you)
✉ andreas.groezinger@siemens.com

0100
1001
0110

Digitalisierung

Digitalisierung im Fokus –

Sie fragen, wir antworten

„Wie verändert die Digitalisierung die Arbeitszeitmodelle in der CNC-Fertigung?“

Politik, Medien, Management – das Thema Digitalisierung ist in aller Munde. Aber welche Auswirkungen hat sie für den Bediener an der CNC-Maschine? Worauf müssen sich Maschinenführer künftig einstellen? In der Reihe „Fragen und Antworten zur Digitalisierung“ stellt sich die CNC4you diesem Thema.

Die Digitalisierung verändert Arbeitsprozesse und wird sich in den nächsten Jahren ganz konkret auf die Arbeit an der CNC-Maschine auswirken. Diese Veränderungen verlangen von den Mitarbeitern in der Produktion andere Arbeitsweisen, neue und zusätzliche Qualifikationen und Kompetenzen.

In dieser Beitragsreihe der CNC4you beschäftigen wir uns eingehend mit der Frage „Wie verändert die Digitalisierung den eigenen Arbeitsplatz?“ und versorgen Sie mit Wissenswertem, vielen Informationen und Tipps – immer ganz konkret auf Ihren Arbeitsplatz bezogen. Parallel dazu stellen wir auch auf unserem CNC4you-Portal (siemens.de/cnc4you) „Fragen und Antworten zur Digitalisierung“ online für unsere Leser bereit, erläutern Trends und beschreiben neue Technologien.

Welche Fragen haben Sie zur digitalen Zukunft in Ihrem Arbeitsumfeld? Schreiben Sie uns, was Sie zum Thema Digitalisierung wissen möchten. Ihre Fragen schicken Sie bitte an kontakt.cnc4you.i@siemens.com. Mittels eigener Recherchen und in Gesprächen mit Experten suchen wir dann nach Antworten.

In Ausgabe 01/2018 der CNC4you haben wir bereits erste Fragen beantwortet. Hier kommt die zweite Fragerunde zum Thema „Digitalisierung am eigenen Arbeitsplatz“. ■

„Wie wird sich die Werkstattprogrammierung verändern? Braucht es sie mit Blick auf die CAD/CAM-Technologie überhaupt noch?“

➤ siemens.de/cnc4you
✉ schlegel.thomas@siemens.com

Die vierte industrielle Revolution führt zu einer umfassenden Vernetzung von Maschinen. Der Mensch steht beim Zusammenspiel der Maschinen im Mittelpunkt, führt sie intuitiv im Arbeitsprozess oder verbessert Abläufe durch die eigene Berufserfahrung. Aktuelle Studien zeigen, dass die digitale Transformation in deutschen Unternehmen in unterschiedlicher Geschwindigkeit und Tiefe voranschreitet. Viele Facharbeiter befürchten, dass nur Mehrbelastung und Flexibilisierung die Folgen sind. Wahrscheinlicher ist jedoch, dass die neue Arbeitswelt auch ein breites Spektrum von arbeiternehmerfreundlichen Lösungen bereithalten wird.

Denkbar ist zum Beispiel eine Weiterentwicklung der vor einigen Jahren eingeführten Arbeitszeitkonten. Hierbei organisieren sich die Mitarbeiter zum größten Teil eigenverantwortlich je nach Auftragslage und Lieferterminen, starre Schichtpläne gibt es nicht. Auf diese Weise werden nicht nur Beruf und Familie besser miteinander vereinbart, es entsteht auch mehr Freiheit am Arbeitsplatz: Mit einer durchgängig virtualisierten und hochautomatisierten Produktionsstätte lassen sich Auftragsspitzen bereits im Vorfeld besser planen und abfangen. Im Bereich des Jobsharings, bei dem sich mehrere Kollegen einen Arbeitsplatz teilen, könnte durch die Digitalisierung eine noch bessere Planbarkeit von wechselnden Tages- und Halbwocheneinheiten möglich werden. Die Arbeitszeitmodelle in der CNC-Fertigung werden durch die Digitalisierung voraussichtlich insgesamt flexibler und agiler werden – zum Vorteil für beide Seiten: Unternehmen wie Mitarbeiter.

Seit Jahren werden neben der klassischen Werkstattprogrammierung verstärkt CAD/CAM-Technologien eingesetzt. Die Vorteile liegen auf der Hand: Weil der G-Code bereits in der Arbeitsvorbereitung erstellt wird, verringern sich Stillstandszeiten und die Maschinen arbeiten produktiver. Auch sind Fehler bei der Übertragung einer Zeichnung ausgeschlossen, weil die CAM-Software die Daten direkt aus der CAD-Software übernimmt. Viele Branchen und Hersteller werden dieses Potenzial in Zukunft verstärkt nutzen. Dennoch bleiben die Werkstattprogrammierung und das dafür erforderliche Know-how der Maschinenbediener wichtig. Zum einen weil die Systeme nur bedingt in der Lage sind, auf Sonderfälle wie besonderes Maschinen- und Materialverhalten, unvorhergesehene dynamische Effekte u. ä. zu reagieren. Optimale Einstellungen beim Start und schnelle Korrekturen während des Betriebs erfordern Bediener mit fundiertem Fachwissen und viel Erfahrung bezüglich Produktion und Maschinen. Zum anderen weil die Prozesskette über die CAD/CAM-Technologie bis zur Maschine kapitalintensiv ist. In vielen Anwendungen, insbesondere bei kleinen Stückzahlen und Bauteilen mit geringer/mittlerer Komplexität, wird sich diese Kette nicht rechnen. Die Werkstattprogrammierung wird hier die effizientere Lösung bleiben.

Unser Tipp:

Arbeitszeitlösungen sind so individuell wie die jeweiligen Unternehmen, in denen sie eingesetzt werden. Informieren Sie sich, welche Angebote Ihre Firma den Mitarbeitern für das Arbeiten 4.0 schon macht, und sprechen Sie mit Ihren Vorgesetzten über eventuelle künftige Entwicklungen im Bereich der Arbeitszeitmodelle. Wer die Chancen auf Flexibilisierung mitgestalten will, sollte sich zudem für die neuen Maschinen und Arbeitsprozesse schulen lassen und sich so für sein Unternehmen besonders wertvoll machen.

Unser Tipp:

Langjährige Erfahrung und umfassendes Know-how sind ein unschätzbare Gut bei der Arbeit an CNC-Maschinen. Setzen Sie auf Ihre vorhandenen Kenntnisse und bauen Sie diese kontinuierlich aus. Verbreitern Sie Ihr Wissen, beispielsweise in Richtung Arbeitsvorbereitung. Neue Berufsbilder wie das des Produktionstechnologen oder die Fortbildung zum geprüften Prozessmanager Produktionstechnologie werden die starren Grenzen zwischen Planern und Bedienern auflösen und bieten erfahrenen CNC-Fachleuten neue Betätigungsfelder.

Industrial Edge – Digitalisierungs-Power in der Fertigung

Als Kombination aus Hard- und Software bietet Siemens mit Sinumerik Edge eine maschinennahe Plattform für Apps zur digitalen Fertigungsunterstützung und Optimierung.



Die Edge-Geräte von Siemens sind leistungsfähige und standardisierte Industrie-PCs

Die Edge-Geräte von Siemens sind leistungsfähige und standardisierte Industrie-PCs mit speziell auf Cloud- und Steuerungsanbindung zugeschnittenem, Linux-basiertem Betriebssystem. Die Anbindung der CNCs an einen solchen Edge-Rechner erfolgt über eine private Hochleistungs-Schnittstelle im Anlagennetz. Der Edge-Rechner wird über seine zweite Schnittstelle mit dem in modernen Fertigungen zwingend vorhandenen Netzwerk verbunden.

IoT-Betriebssystem, das neben Online-Speicher und Rechenleistung umfassende Service-, Technologie-, Logistik- und Managementfunktionen samt Software-Distribution und vielem mehr bietet, natürlich unter Berücksichtigung höchster Datenschutz- und Sicherheitsrichtlinien. Die Apps, die auf den Edge-Geräten die Fertigung vor Ort unterstützen, werden per MindSphere installiert und aktuell gehalten.

Im Zuge der Digitalisierung werden die in den Prozessen kontinuierlich auflaufenden Daten mithilfe von Algorithmen bzw. Apps analysiert. Die so gewonnenen Ergebnisse unterstützen und optimieren die Fertigung. Hierfür ist allerdings eine erhebliche Rechenleistung nötig – und die kann eine CNC in der Regel nicht aufbringen, ohne die Prozessstabilität und -qualität zu gefährden.

Daten und Rechenleistung zusammenbringen

Mit Industrial Edge hat Siemens ein IT-Konzept geschaffen, das die in Produktion und Fertigung anfallenden Daten mit global qualitätsgesicherten Digitalisierungsfunktionen zusammenbringt, und zwar auf lokal installierten Edge-Rechnern, die exakt auf die jeweilige Digitalisierungsaufgabe zugeschnitten sind. Hochfrequente CNC-Daten können mit Edge-Rechnern lokal, für die CNC nahezu rückwirkungsfrei und in Echtzeit erfasst, vorverarbeitet und analysiert werden. Gleichzeitig befinden sich die Edge-Rechner mit ihrer Online-Anbindung auch „am Rand“ der Cloud.

Das Management, die Systempflege und das Bereitstellen der benötigten Digitalisierungsfunktionen in Form von Apps erfolgen online über die industrielle Cloud-Plattform MindSphere. Hierbei handelt es sich um ein weltweit nutzbares, offenes

Die von Sinumerik Edge unterstützten Werkzeugmaschinen lassen sich dank der (indirekten) Anbindung an MindSphere auch sehr einfach verwalten und managen. So werden über die Anbindung des Edge-Rechners an MindSphere bei Bedarf auch „klassische“ Cloud-basierte Dienste

Kleines Edge-Glossar

Edge-Computing	Dezentrale Datenverarbeitung am Rand eines Netzwerks, der sogenannten Edge, konkret repräsentiert durch einen lokalen, für das Edge-Computing vorgesehenen Rechner Gegensätze zum Edge-Computing sind das Cloud-Computing (zentrale Datenverarbeitung, internetbasiert) und die lokale Datenverarbeitung (in der Fertigung z.B. direkt auf einer CNC)
Industrial Edge	Die branchenübergreifende Lösung von Siemens für das Edge-Computing ist ausgerichtet auf industrielle Anforderungen
Edge-App	Software, die auf Edge-Rechnern abläuft und Digitalisierungsfunktionen vor Ort realisiert
Sinumerik Edge	Ausprägung von Siemens Industrial Edge für die CNC-Maschine
MindSphere	Offenes Internet-of-Things-Betriebssystem von Siemens, das als industrielle Cloud-Lösung realisiert ist. MindSphere wird branchenübergreifend und auch weitgehend unabhängig von der Unternehmensgröße genutzt. Eine dieser Branchen ist die Fertigungsindustrie einschließlich der darin arbeitenden Zulieferbetriebe
MindApp	Software, die in der MindSphere abläuft und Digitalisierungsfunktionen zentral (internetbasiert) bereitstellt

genutzt, zum Beispiel die bedarfs-gesteuerte Instandhaltung oder das Flottenmanagement von Fertigungs-zentren.

Die Architektur von Sinumerik Edge ist dabei ausgelegt für die komplexen Rechenvorgänge einer 3-, 5- und mehrachsigen sowie mehrkanaligen

Bahn- und Bewegungssteuerung. Die Bedienoberfläche der Apps fügt sich nahtlos in Sinumerik Operate ein. So kann zum Beispiel das Edge-basierte Wirbelfräsen mit der App „Optimize MyMachining /Trochoidal“ direkt aus den Zyklen- und Programmeditoren von Operate aufgerufen und genau wie diese bedient und parametrier

werden (siehe Beitrag unten). Die hinter der Funktion stehenden komplexen Algorithmen belasten jedoch nicht die CNC, denn sie laufen ja auf dem Edge-Rechner ab. ■

➤ siemens.de/sinumerik
✉ bjoern.rosenbaum@siemens.com

Zeit sparen bei jeder Nut und Tasche



CNC-Wissen

Wird in der Fertigung Zeit gespart, dann ist das ein geldwerter Vorteil und trägt zur Wettbewerbsfähigkeit bei. Da lohnt sich für Unternehmen der Blick auf eine vergleichsweise selten genutzte Technologie: das trochoidale Fräsen. Bei einer Digitalisierung mit Sinumerik Edge steht Trochoidal-Fräsen als App zur Verfügung.

Trochoidales Fräsen, auch Wirbelfräsen genannt, bringt einen deutlichen Produktivitätsgewinn beim Fräsen von Nuten, Taschen und Ausschnitten mit flachem Boden. Verwendet wird dabei ein Fräser mit kleinem Durchmesser. Dieser Fräser wird kreis- bzw. bogenförmig so geführt, dass zwischen ihm und dem abzuspannenden Material ein nur geringer Umschlingungswinkel besteht. Dadurch sind auch die Spankräfte gering und der Span kann sich früh von Werkstück und Werkzeug lösen. Das reduziert die Reibung und verbessert die Wärmeabfuhr über den Span, was wiederum hohe Zustelltiefen, hohe Bahngeschwindigkeiten und eine gute Werkzeugausnutzung ermöglicht.

Obwohl das Werkzeug durch die zirkulare Bahnführung einen längeren Weg zurücklegt, ist die Bearbeitungszeit erheblich kürzer als beim konturparallelen Abzeilen oder beim Fräsen in Nutbreite. So werden mit trochoidalem Fräsen viele Arbeitsschritte beschleunigt, oft sogar um den Faktor 1,5 und mehr. Die rein manuelle Programmierung einer trochoidalen Werkzeugbahn ist allerdings sehr aufwendig. In der Praxis wurde diese

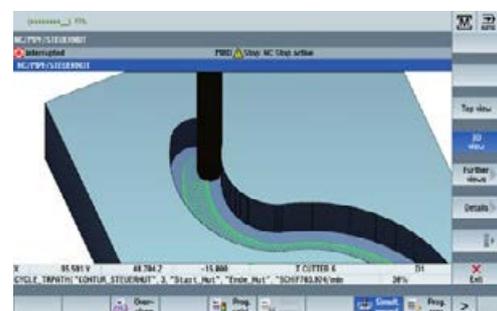
Spanstrategie daher bislang fast nur in CAD/CAM-generierten Teilprogrammen genutzt.

Trochoidale Bearbeitung als App-basierte Spanstrategie

Mit Sinumerik Edge (siehe Beitrag auf Seite 10) wird das Wirbelfräsen nun auch mit der Edge-App „Optimize MyMachining /Trochoidal“ realisiert. Die App wird über die Cloud-Plattform MindSphere auf dem Edge-Gerät installiert. Damit steht das trochoidale Fräsen den Sinumerik-CNCs, die an das Edge-Gerät angeschlossen sind, als zusätzliche, direkt in der Bedienoberfläche parametrierbare Spanstrategie zur Verfügung.

Die im Programmierer oder per DXF-File definierte Kontur wird dazu von einem rechenintensiven Algorithmus in einen trochoidalen Fertigungsabschnitt umgesetzt. Die trochoidale Werkzeugbahn wird auf dem Edge-Gerät berechnet und zum Abarbeiten als Unterprogramm an die CNC zurückgegeben. So bleibt die Performance der CNC trotz des rechenintensiven Vorgangs unbeeinflusst. Zudem generiert Optimize MyMachining /Trochoidal zur Dynamik der jeweiligen Maschine passende, sehr homogen

verlaufende Werkzeugbahnen. Ergebnis sind ein ruhigerer Lauf der Maschine und somit auch eine längere Maschinenlebensdauer.



Beim trochoidalen Fräsen wird ein Fräser mit eher kleinerem Durchmesser gewählt, bei Nuten zum Beispiel deutlich kleiner als die Nutbreite

Mit der Edge-App Optimize MyMachining /Trochoidal wird das hochproduktive Wirbelfräsen direkt an der Maschine programmiert – komfortabel und schnell. Der Einsatz lohnt sich also bereits bei Kleinserien und Einzelstücken. ■

➤ siemens.de/cnc4you
✉ bjoern.rosenbaum@siemens.com



Den Fehlern auf der Spur

Das PC-Tool „Analyze MyWorkpiece /Toolpath“ erleichtert die systematische Suche nach Ursachen von Qualitätsmängeln bei Freiformflächen. So ist eine sinnvolle Qualitätssicherung auch schon vor dem ersten Spanversuch möglich.

Wenn die Oberflächenqualität eines Freiformwerkstücks nicht den Erwartungen entspricht, kommen als Fehlerquelle praktisch alle Stationen zwischen CAD-System und den verwendeten Werkzeugen infrage: die Ausgabe des CAD-Systems selbst, der Output des CAM-Systems bzw. des Postprozessors, die Parametrierung der CNC und der Antriebsregler, die Mechanik der Maschine, die Werkzeuge, das Kühlmittel, theoretisch sogar das Material des Werkstücks.

Dem „Garbage In, Garbage Out“-Effekt nachspüren

Zwischen CAD-System und Werkstück hängt die Qualität jedes Prozess-

schritts von den Eingangsdaten aus dem vorangehenden Prozessschritt ab. Bei einer systematischen Ursachen-suche für Mängel der Oberflächenqualität müssen darum die Ausgabedaten der einzelnen Systemteile unter die Lupe genommen werden: die STL(Structured Tesselation Language)-Datei des CAD-Systems, die mpf-Datei aus dem CAM-System bzw. dem Postprozessor, die Aufzeichnung der Lage-sollwerte (IPO-Trace), die die CNC beim Abarbeiten des Teileprogramm erzeugt hat, – und letztendlich auch, was die Antriebsregler im Verbund mit Maschinenmechanik und Werkzeug daraus gemacht haben (IPO-Trace der Lageistwerte). Dafür sind

entsprechende Tools nötig. Bereits die Formenbauschnellansicht in Sinumerik Operate kann das Teileprogramm visualisieren, das die CAD-Punktwolke als Anfangs- und Endpunkte von G1-, G2- und G3-Sätzen repräsentiert. Dies ist online, also direkt auf der Maschine möglich. Technologisch tiefer reicht der Einblick mit dem PC-basierten Tool „Analyze MyWorkpiece /Toolpath“. Unter anderem kann es neben STL-Dateien auch Mitschriften des Interpolator-Outputs der CNC (IPO-Trace) darstellen, wobei der Bezug zum Teileprogramm erhalten bleibt: Zu jedem Datenpunkt wird der jeweilige Satz im Teileprogramm angezeigt.



Siemens AG

Qualitätssicherung vor dem ersten Span dank Analyse MyWorkpiece /Toolpath

Direkter Vergleich in 3D

Analyse MyWorkpiece /Toolpath kann Datensätze verschiedener Herkunft zum Vergleich nebeneinander in 3D darstellen. Indem der Output des CAD- und des CAM-Systems oder der IPO-Trace und die CAM-Daten direkt verglichen werden, lassen sich Fehlerursachen aufdecken und eingrenzen. Dabei unterstützt Analyse MyWorkpiece /Toolpath die qualitative Analyse der Daten, indem verschiedene ausgewählte Eigenschaften der Datenreihen farblich codiert angezeigt werden. Die Farbe visualisiert dann zum Beispiel die lokale Dichte der Punktwolke, die lokale Krümmung der Werkzeugbahn oder die Länge des Sehnenabschnitts der Werkzeugbahn pro Interpolatortakt (und damit die Bahngeschwindigkeit). Dadurch lassen sich die Daten, die Qualitätsmängel verursachen, schneller auffinden und es ergeben sich Hinweise auf die Ursachen.

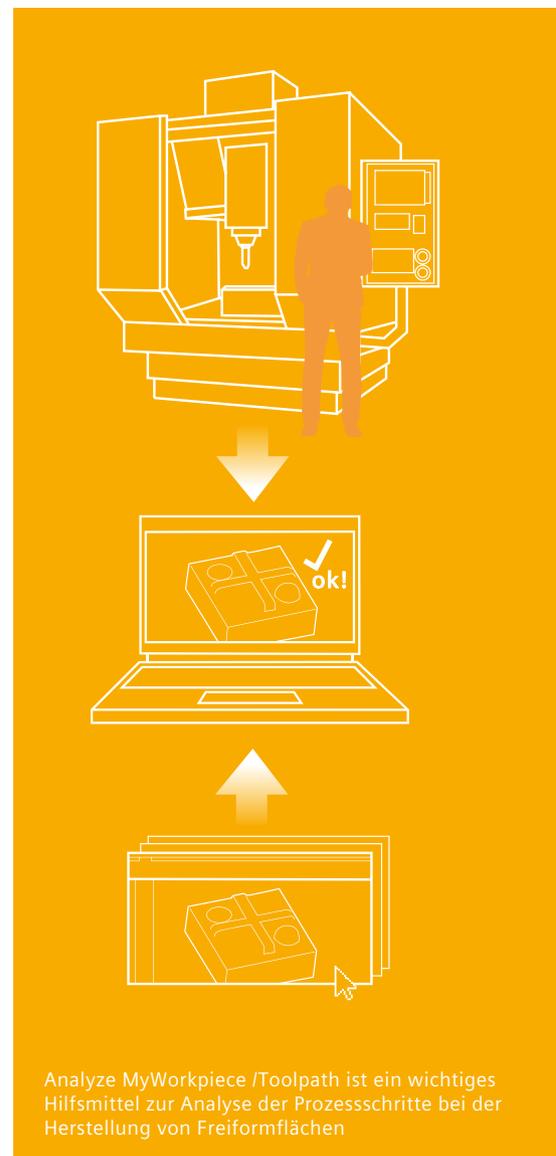
Ein Beispiel hierfür ist Inhomogenität in der Punktwolke, die vom CAD-System erzeugt wird: Liegt eine solche im Bereich der fehlerhaften Werkstückoberfläche, ist dies ein Hinweis auf eine ungünstige Parametrierung des CAD-Outputs. Die Unstetigkeit in der lokalen Werkzeugbahnkrümmung kann auf zu dicht beieinander liegenden Konturstützpunkten beruhen: Diese „Doppelpunkte“ erzwingen eine atypische und ungewollte Krümmung der Werkzeugbahn, deren Ansteuerung die Geschwindigkeitsführung der Werkzeugmaschine überfordert. Um die Ursache des Qualitätsmangels herauszufinden, muss überprüft werden, ob diese Doppelpunkte in den CAD-Daten mit Flächenübergängen zusammenfallen oder ob sie bei der Umsetzung durch das CAM-System bzw. den Postprozessor entstanden sind.

In der 3D-Ansicht des IPO-Trace der Lagesollwerte wird die Sehnenlänge pro IPO-Takt farblich codiert und damit indirekt die aktuelle Bahngeschwindigkeit visualisiert (Bahngeschwindigkeit = Strecke pro IPO-Takt). Auffälligkeiten hier weisen auf eine ungünstige Geschwindigkeitsführung durch die CNC hin. Abhilfe wird dann durch Änderungen der Einstellungen des Look-Ahead, des Datensatzkompressors COMPCAD und/oder des CYCLE832 versucht. Der Abgleich mit dem Trace der Lageistwerte gibt dagegen Hinweise auf ungenügend optimierte Antriebsregler, Maschinen- oder Werkzeugschwingungen.

Qualitätssicherung vor dem ersten Span

Mit Analyse MyWorkpiece /Toolpath lassen sich alle neuralgischen Punkte der Prozesskette praxisingerecht visualisieren. Dadurch werden Ursachen von Qualitätsmängeln bei Freiformflächen, die sonst nur schwer aufzudecken sind, systematisch geklärt. Mit zunehmender Erfahrung ergibt sich daraus ein erheblicher Know-how-Zuwachs über die technologischen Zusammenhänge und Wechselwirkungen in der Prozesskette.

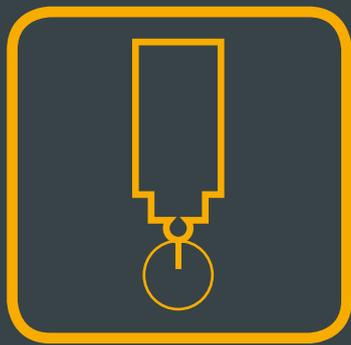
Damit die Werkzeugmaschine während einer Ursachensuche weiter genutzt werden kann, ist Analyse MyWorkpiece /Toolpath als PC-basierte Software



Analyse MyWorkpiece /Toolpath ist ein wichtiges Hilfsmittel zur Analyse der Prozessschritte bei der Herstellung von Freiformflächen

realisiert. So ist damit auch die Qualitätssicherung von CAD/CAM-Daten möglich, noch bevor das erste Werkstück gefertigt wird. Dies ist vor allem beim Bau großformatiger Werkstücke mit hohem Einsatz an Material und Spanzeit wichtig. Hier ermöglicht Analyse MyWorkpiece /Toolpath auch die Qualitätssicherung des Lage- und Geschwindigkeits-Protokolls einer Fertigungssimulation, die mit dem virtuellen NC-Kern Sinumerik VNCK durchgeführt wurde. Der VNCK ist zum Beispiel in Sinutrain und im CAD/CAM-System NX enthalten. ■

➤ [siemens.de/sinumerik](https://www.siemens.de/sinumerik)
 ✉ bjorn.rosenbaum@siemens.com



Update für die Kompaktklasse

Mit der Software V4.8 SP3 für die Sinumerik 828D-Steuerung setzt Siemens neue Maßstäbe bei Werkzeugmaschinen im mittleren Leistungs- und Preisbereich. Anwender können nun viele Funktionen nutzen, die bisher ausschließlich dem Premiumsegment vorbehalten waren.



Mit der Software V4.8 SP3 von Sinumerik 828D bietet Siemens seinen Kunden nun eine Steuerung, die für das mittlere Maschinensegment und die hochflexible Arbeit in kleinen und mittleren Betrieben ausgelegt, aber auch für die Serienproduktion geeignet ist. Die neue Software-Version der CNC Sinumerik 828D mit PPU.4 (Panel Processing Unit) markiert mit ihren vielen neuen Funktionen einen Meilenstein. Sie eröffnet Unternehmen und Anwendern völlig neue Möglichkeiten – auch für den Einstieg in die Digitalisierung.

Von der Vernetzung profitieren

Gerade die flexible Arbeit in kleinen und mittleren Fertigungsbetrieben kann von der Vernetzung profitieren: Der Zugriff auf zentrale Daten und Programme minimiert Fehler, reduziert Projektdurchlaufzeiten und spart viele Laufwege oder Nachfragen. Steuerung und Maschinen lassen sich über den OPC UA-Standard nun noch einfacher einbinden. Die Sinumerik 828D-Steuerung mit Software V4.8 SP3 kann nicht mehr nur Daten und Informationen an übergeordnete Systeme wie MES übertragen, sondern auch Alarmer, Events und Programme von anderen Programmen und Rechnern empfangen. So können auch kleinere Unternehmen Bearbeitungsprogramme zentral

speichern und beispielsweise aus der Arbeitsvorbereitung per Mausklick an die jeweilige Maschine übergeben.

Mithilfe von Sinumerik 828D mit External PC Remote Control werden ohne viele Laufwege andere dafür freigegebene PCs per Virtual Network Computing (VNC) auf das Panel geholt und so Daten und Programme mit Arbeitsplänen oder Zeichnungen aufgerufen. Diese und andere Daten lassen sich dank der 1-GB-Ethernet-Anschlüssen an den neuen Maschinenpanels extrem schnell im Netzwerk austauschen. Gleichzeitig bieten die neuen Panels auch rückwärtig USB-Anschlüsse, um beispielsweise CompactFlash-Kartenleser komfortabel in 15-Zoll-Hardware zu integrieren. Alle vorder- und rückseitigen USB-Anschlüsse werden über den Programm-Manager völlig flexibel konfiguriert.

Mit MindSphere stellt Siemens eine Cloud-Plattform für die Vernetzung von Industrie-Maschinen und -Prozessen zur Verfügung und bietet mit „Manage MyMachines“ eine MindApp, in die Sinumerik 828D-Steuerungen eingebunden werden können. Der Vorteil für Verantwortliche, Produktionsleiter und Geschäftsführung: Über die MindApp Manage MyMachines lassen sich auch von

mobilen Endgeräten aus überall und zu jeder Zeit die Maschinenzustände und -daten aus der Fertigung einsehen.

Mit neuen Möglichkeiten neue Kunden gewinnen

Wer als Auftragsfertiger nicht im verhängnisvollen Preiskampf enden will, muss bestehende und neue Kunden mit besserer Leistung und höherer Produktivität binden. Genau hierauf zielt die Sinumerik 828D mit ihren neuen Funktionen ab.



So erleichtert zum Beispiel die Nickkompensation nicht nur den Maschinenherstellern die Inbetriebsetzung (und senkt damit Kosten und Aufwände für die Anwender), sondern ermöglicht es auch, beim Fräsen höhere Oberflächengüten zu erzielen. Auch die Funktionen Advanced Positioning Control (APC) Eco erlauben ein genaueres, effizienteres Arbeiten der Maschine – ohne über zusätzliche Messinstrumente und -zyklen die Kosten und Zeiten in der Bearbeitung erhöhen zu müssen.

Darüber hinaus bietet die CNC Sinumerik 828D nun auch beim Fräsen einen zweiten Steuerungskanal und damit zusätzliche Einbindungs- und Steuerungsmöglichkeiten für Automatisierungssysteme oder Handling-Roboter.



Zuverlässiger Maschinenschutz

Eine der großen Stärken der Sinumerik-Steuerungen ist die einzigartige Top Surface-Funktion zur Verbesserung der Oberflächengüte. Das neueste Update macht dieses Tool jetzt auf Sinumerik 828D in allen Software-Varianten Fräsen verfügbar – ein absolutes Alleinstellungsmerkmal in dieser Steuerungsklasse und ein echter Wettbewerbsvorteil für die anwendenden Unternehmen. In die gleiche Richtung zielt die Funktion Collision Avoidance Eco. Die Kollisionsvermeidung arbeitet über Schutzbereiche und Abstände, die vom Anwender konfiguriert werden können. Collision Avoidance Eco ist damit ganz auf die Anforderungen in der flexiblen Auftragsfertigung zugeschnitten und trägt zum Schutz der Investitionsgüter bei.

Die 15,6-Zoll-Panels der Sinumerik 828D-Steuerung sind bereits seit Längerem Multi-Touch-fähig. Das erleichtert die schnelle und komfortable Bedienung. Neu ist jedoch die Sidescreen-Navigation. Über Sidescreens lassen sich mit einem Wischen zusätzliche Informationen wie Maschinenzustände oder Prozessdaten ein- und ausblenden, sodass diese keinen Platz von der Bedien- und Programmoberfläche wegnehmen. An welcher Stelle welche Informationen auf den Sidescreens eingeblendet werden sollen, lässt sich einfach konfigurieren.



Mehrwert auf allen Ebenen

Ob Vernetzung (connectivity), Bearbeitungsmöglichkeiten (technology), Hardware oder Bedienung (smart operations/HMI) – die neue Software-Version 4.8 der Sinumerik 828D-Steuerung punktet in allen Bereichen. Neuerungen wie Top Surface, Advanced Positioning Control oder Collision Avoidance Eco

Sinumerik 828D SW 4.8 SP3

Die wichtigsten Neuerungen auf einen Blick

Vernetzung:

- Erweiterte OPC UA-Einbindung (Alarm und Events, File Transfer)
- External PC Remote Control
- Einbindung in MindSphere über MindApp „Manage MyMachines“

Technologien:

- Top Surface
- Collision Avoidance Eco
- APC Eco (verbesserte Positionierung mit einfacher Inbetriebnahme)
- Nickkompensation
- Zweiter Bearbeitungskanal

Hardware/Smart Operation

- Konfigurierbare Sidescreens
- Leistungsstärkere CPU
- Mehr USB-Schnittstellen, 1-GB-Ethernet-Anschlüsse



eröffnen Anwendern viele neue Möglichkeiten und erhöhen die Effizienz und Produktivität der Werkzeugmaschinen. Dank der Vernetzungsmöglichkeiten, insbesondere durch die Einbindung in MindSphere über die MindApp Manage MyMachines, können auch kleine und mittlere Betriebe von der Digitalisierung profitieren. ■

➔ [siemens.de/sinumerik](https://www.siemens.de/sinumerik)

✉ michael.geschwill@siemens.com



Winkelköpfe ersparen Umrüsten

Winkelköpfe (siehe Bild auf Seite 18) werden besonders im Zusammenhang mit der Multitasking-Bearbeitung vermehrt eingesetzt. Im Flugzeugbau können so zum Beispiel Turbinenbauteile nicht nur in einer Aufspannung gedreht und gefräst werden, durch den Einsatz von Winkelköpfen lassen sich auch Bohrungen, Taschen und Nuten an Stellen bearbeiten, die mit der gegebenen Maschinenkinematik nicht ohne weiteres erreichbar sind.

Damit diese Winkelköpfe verwendet werden können, muss die Sinumerik in der Lage sein, sie auch entsprechend zu verrechnen. Hierzu gibt es zwei Werkzeugtypen in der Sinumerik-Werkzeugverwaltung, mit denen man den Winkelkopf definiert: Typ 130 und 131 – Schafffräser und Schafffräser mit Eckenverrundung. ■

Platz	Typ	Werkzeugname	ST	D	Länge 1	Länge 2	Radius	H	D	Flac.	HL		
40		LINKELOPF	1	1	278,778	175,263	6,800	4	4	3	1800	200,000	
1		HSS_ENTSPARTER_D12	1	1	188,678		4,800	98,8	1	1	1600	0,000	
2		ALU_SF_D18_R1	1	1	113,218		5,800	2	1	1	1600	0,000	
3		ALU_SF_D18_SCHNUP	1	1	132,562		4,958	3	1	1	1600	0,000	
4		ALU_SF_D18_SCHLECHT	1	1	133,383		5,813	3	1	1	1600	0,000	
5		ENTSPARTER_D12	1	1	118,258		6,800	98,8	1	1	1600	0,000	
6		WPL_DE_8	1	1	154,544		3,400	118,8	1	1	1600	0,000	
7		GEU_F18	1	1	185,754		4,800	1,258	1	1	1600	0,000	
8		ALU_USP_D18_IQ2	1	1	145,187		24,983	4	1	1	1600	0,000	
11		CR_TEST_TOOL	1	1	362,188		0,800	118,8	1	1	580	0,000	
12		DREH_INTERPOL	1	1	18,926	228,288	0,400	95,8	08	11,8	1	0	238,000

Bild 1

Platz	Typ	Werkzeugname	ST	D	Länge 1	Länge 2	Radius	H	D	Flac.	HL	
40		LINKELOPF	1	1	278,778	175,263	6,800	4	4	3	1800	200,000
Weitere Daten - LINKELOPF												
Geometriefolge												
Länge 1												
Eckenradius												
Radius												
Verschleiß Eckenradius												
Radius												
Verschleißlänge												
Länge 1												
Länge 2												
Länge 3												
Länge 1												
Länge 2												
Länge 3												
Länge 1												
Länge 2												
Länge 3												
Vektor 1												
Vektor 2												
Vektor 3												
Länge 1												
Länge 2												
Länge 3												
Länge 1												
Länge 2												
Länge 3												
Länge 1												
Länge 2												
Länge 3												

Bild 2

Beispiel eines Winkelkopfs:

Ansicht eines Winkelkopfs in der Sinumerik-Werkzeugverwaltung mit Länge 1, Länge 2 und Radius (**Bild 1**).

Zur Konfiguration des Winkelkopfs muss mit dem Softkey „Weitere Daten“ die Parametermaske aufgerufen werden.

Um die Eingabemöglichkeiten Vector 1,2,3 zu erhalten, muss das MD18114 auf = 3 gesetzt werden. Bitte beachten Sie, dass diese Freischaltung nur über autorisierte Partner wie den Siemens-Service, den Maschinenhersteller oder den Service-Partner erfolgen darf (**Bild 2**).

Beispiel einer Werkzeugbeschreibung:

In einer Werkzeugmaschine mit horizontaler Bearbeitungsspindel soll die Werkzeugspitze in Richtung der negativen Y-Achse um 60° geschwenkt werden.

Die Längen L1_GK, L2_GK und V_GK sind feste Längen im Grundkörper des Winkelkopfs. Die Länge L_TOOL ist die Länge des eingespannten Werkzeugs im Winkelkopf. Die Winkelangabe ANG_1 entspricht dem Einstellwinkel des Winkelkopfs (siehe **Bild 4**).

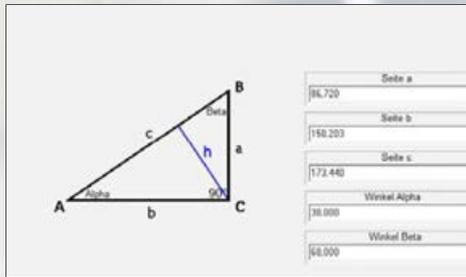


Bild 3

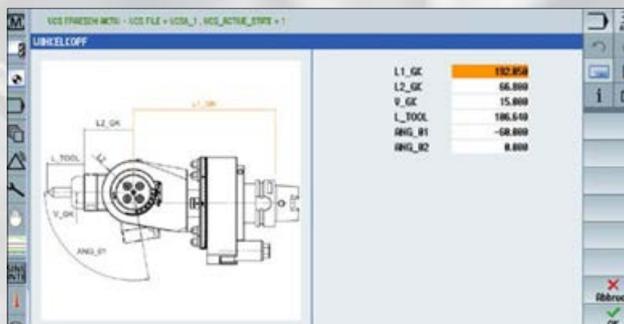


Bild 4

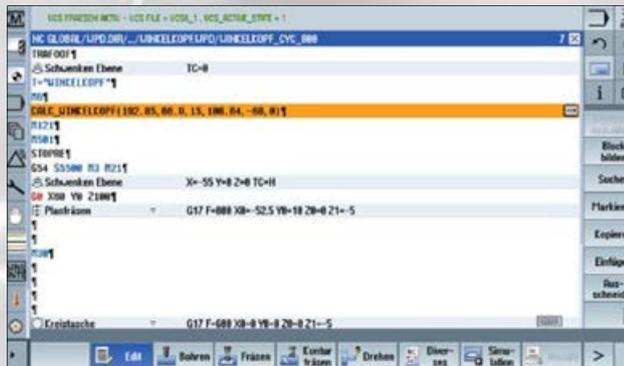


Bild 5

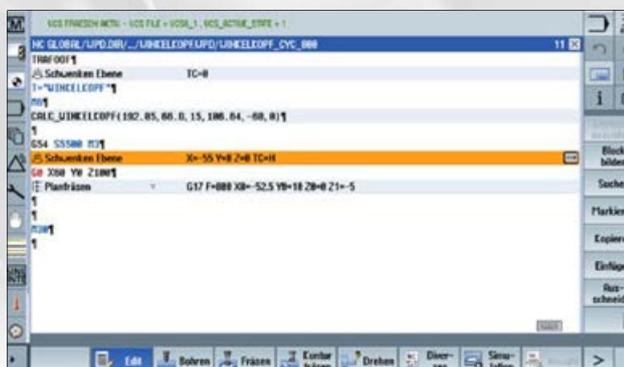


Bild 6

Die Länge L1_GK wirkt in der Z-Richtung, V_GK in der Y-Richtung und L2_GK + L_TOOL teilen sich in Z- und Y-Richtung je nach Einstellwinkel (ANG_01) auf. Zur Berechnung der Werkzeuglängen mit Einstellwinkel -60° wird folgende Summe gebildet (**Bild 3**):

$$L2_GK + L_TOOL = 173,44 \text{ mm}$$

$$a = \sin(\text{Alpha}) \times c$$

$$b = \cos(\text{Alpha}) \times c$$

$$c = 173,44 \text{ mm}$$

$$\text{Beta} = 60^\circ$$

$$\text{Alpha} = 30^\circ$$

$$a = 86,72 \text{ mm}$$

$$b = 150,203 \text{ mm}$$

Daraus ergeben sich folgende Längen:

$$L1: 192,050 \text{ mm} + 86,720 \text{ mm} = 278,770 \text{ mm}$$

$$L2: 150,203 \text{ mm} - 15,000 \text{ mm} = 135,203 \text{ mm}$$

Die Vektoren errechnen sich wie folgt:

$$\text{Vector 1} = \cos 60^\circ = 0,5$$

$$\text{Vector 2} = \sin 60^\circ = 0,866$$

Um diese Eingaben und Berechnungen zu erleichtern, haben sich Maschinenhersteller zum Teil Zyklen erstellt, um die Werte zu berechnen und in die Werkzeugdaten zu schreiben.

Die benötigten Daten werden in einer Zyklenmaske abgefragt (**Bild 4**).

Mit der OK-Taste wird der Zyklus mit den Eingabeparametern in das NC-Programm übernommen (**Bild 5**).

Hier werden dann im Programmablauf die Längskomponenten und Vektoren berechnet und in die Werkzeugverwaltung geschrieben.

Beispiele zur Programmierung:

Der Zyklus „Schwenken Ebene“ (CYCLE800) berücksichtigt bei einem Winkelkopf die Vektoren. Er stellt das Werkzeug entsprechend der programmierten Ebene (CYCLE800) unter Berücksichtigung der Werkzeugvektoren (Vector 1,2,3 aus den Werkzeugdaten) an (**Bild 6**).

Mit dem Befehl TOROT wird die Werkzeugschneide auch ohne CYCLE800 ausgerichtet.



Durchgängigkeit garantiert Fachkräfte

Benz ist unter anderem Spezialist für Wechselaggregate, wie Winkelköpfe oder Mehrspindelköpfe

Fachkräfte zu finden, gestaltet sich für viele Unternehmen heute mehr als schwierig. Deshalb setzt die Benz GmbH Werkzeugsysteme sowohl in ihrer Lehrwerkstatt als auch in der Fertigung durchgängig auf Sinumerik-CNCs an den Werkzeugmaschinen. Die von Benz selbst ausgebildeten Fachkräfte können so schnell und ohne lange Einarbeitungszeit übernommen werden.

Werkzeug- und Maschinenteknik für alle Branchen – das ist es, was die Benz GmbH Werkzeugsysteme heute auszeichnet. Nach seiner Gründung im Jahr 1946 begann für das Unternehmen der Weg hin zum Spezialisten für CNC-Aggregatechnik zunächst mit landwirtschaftlichen Produkten und Zeichnungsteilen. Im Lauf der Jahre entwickelte sich die Firma schließlich zum einzigen Komplettanbieter für angetriebene Werkzeuge, Wechselaggregate wie Winkelköpfe, Mehrspindelköpfe und Schnelllaufspindeln, modulare Schnellwechselsysteme, Stoßeinheiten, Großbohrköpfe, 2-Achs-NC-Köpfe sowie Systemtechnik. Wechselaggregate sind Zusatzmodule, die die Funktionalität von Werkzeugmaschinen erweitern und so die

Komplettbearbeitung von komplexen Werkstücken ermöglichen. Eine 3-Achs-Fräsmaschine wird zum Beispiel dahingehend aufgewertet, dass sich Bearbeitungsoperationen auch im geschwenkten Raum durchführen lassen, ohne dass zusätzlich mechanische Achsen aufgebaut werden müssen. Dadurch wird die Produktivität des Maschinenparks erheblich gesteigert.

Die Lösungen von Benz sind weltweit im Einsatz und werden über eigene Niederlassungen oder Partner vertrieben. Ebenso betreibt man mehrere Servicestützpunkte weltweit zur Instandhaltung und Wartung. Die Wechselaggregate werden meist individuell für ein spezielles Bauteil eines

Kunden gefertigt. Marketingleiterin Nadine Uhl erklärt: „Unsere Lösungen helfen unseren Kunden, ihren Fertigungsablauf zu optimieren. Zur eigentlichen Grundfunktion, als Werkzeugträger das Zerspanungswerkzeug mit der Maschinenspindel zu verbinden, können weitere Zusatzfunktionen kombiniert werden. Unter anderem lassen sich Drehzahlen oder Drehmomente wandeln oder Getriebezüge für Parallelbearbeitungen verzweigen und vieles mehr. Mit einem Winkel- oder Schwenkkopf können beispielweise auch mit Standard-Dreh- oder Fräsmaschinen komplexe Werkstücke auf einer Maschine gefertigt werden, zum Beispiel die Innenbearbeitung an schwer zugänglichen Stellen des Werkstücks.“



BENZ GmbH Werkzeugsysteme

»Unsere Auszubildenden sind sehr früh in den Produktionsprozess integriert und lernen so die Anforderungen von Grund auf kennen.«

Bernd Kinnast, Ausbildungsleiter bei Benz

Fachkräfte gesucht

Natürlich werden für die Herstellung der hochkomplexen Aggregate auch entsprechend gut ausgebildete Fachkräfte gebraucht. Um deren Auswahl nicht dem Zufall zu überlassen, wurde eine eigene Lehrwerkstatt gegründet und von den gewerblichen Ausbildungsleitern Ivo Reinberger und Bernd Kinnast weiter optimiert.

Als erste Maschinen wurden dort zwei FP4-Fräsmaschinen von Deckel aufgestellt. Siemens hat damals beide Maschinen einem Retrofit unterzogen und sie jeweils mit Sinumerik 840D sl ausgerüstet. Im Zuge weiterer Modernisierungsmaßnahmen wurden zusätzlich eine DMG-Fräsmaschine 635V sowie eine MTRent T25Y-Drehmaschine mit Sinumerik 828D angeschafft.

Durch diese Investitionen wurde die Basis geschaffen, um heute jährlich fünf Auszubildende für den eigenen Bedarf exakt für die in der Fertigung eingesetzte Steuerung auszubilden. Zusätzlich hat Siemens die CNC-Trainingssoftware Sinutrain an die jeweiligen Konfigurationen der Maschinen, die für den Theorie teil der Ausbildung genutzt werden, angepasst. Die Sinutrain-Programmieroberfläche ist daher identisch mit den jeweiligen Bedienoberflächen und Achskonfigurationen der Maschinen im Ausbildungsbereich.

Perfekt auf die Ausbildung abgestimmt

Ivo Reinberger schwärmt von der Einfachheit und dem übersichtlichen Aufbau der Sinumerik: „Gerade für die Ausbildung ist das Sinumerik Operate-Bedienkonzept die perfekt Lösung. Bei Benz ist die Ausbildung der Industriemechaniker gerade im Hinblick auf die komplexen Ansprüche in der Fertigung sehr anspruchsvoll. Deshalb sind wir froh, wenn wir den eigentlichen CNC-Ausbildungsteil kürzen und uns mehr den Fertigungstechnologien sowie dem Einsatz der eigenen Aggregate in zusätzlichen Unterrichtseinheiten widmen können.“

Mit den Ausbildungsmaschinen werden zu 70 % Bauteile gefertigt, die später in den Produkten von Benz eingesetzt werden. Bernd Kinnast erläutert: „Unsere Auszubildenden sind sehr früh in den Produktionsprozess integriert und lernen so die Anforderungen von Grund auf kennen.“ Die Lehrwerkstatt ist heute eines der Schmuckstücke des Unternehmens. Im Rahmen einer Lernortkooperation trainieren die Azubis von Benz heute sogar Azubis anderer Unternehmen.

Das tiefe technische Verständnis ist neben dem Engagement der beiden Ausbilder Ivo Reinberger und Bernd Kinnast auch der Tatsache zu verdanken, dass Benz von Anfang an konsequent die technische Ausrüs-

tung exakt an die Gegebenheiten der eigenen Fertigung angepasst hat. Der Übergang von der Lehre in die Produktion ist daher praktisch ohne Einarbeitung möglich. Bisher wurden jedes Jahr alle Auszubildenden übernommen – die einzelnen Unternehmensbereiche warten nämlich händeringend auf die frisch ausgebildeten Fachkräfte. Diese können dank der Breite und inhaltliche Tiefe der Ausbildungsthemen nicht nur in der zerspannenden Fertigung, sondern genauso in der Montage, Qualitätsprüfung und im Service eingesetzt werden.

Die mechanische Fertigung bei Benz ist mit 30 CNC-Maschinen modern ausgestattet. „Unsere durchschnittliche Losgröße liegt bei zwei bis drei, das heißt, fast alles wird individuell auf Kundenanforderung gefertigt. Hier macht sich das hohe Ausbildungs niveau sofort bezahlt, denn langlaufende Bauteile gibt es bei uns nicht“, erklärt Ivo Reinberger. Benz ist auf der Basis seiner eigens ausgebildeten Fachkräfte und der technisch hochwertigen Produkte für den Wettbewerb in der Werkzeugmaschinenbranche perfekt gerüstet. Die durchgängige Ausrichtung auf Sinumerik-CNCs für die Lehrwerkstatt und die Fertigung ist unter anderem der Garant dafür, dass dies auch künftig so bleiben wird. ■

➤ [siemens.de/cnc4you](https://www.siemens.de/cnc4you)
✉ karsten.schwarz@siemens.com



Aus der Praxis

Wirth Tonmaschinenbau Manufaktur

Hoher Musikgenuss dank Präzision

Mit dem Bau klassischer Plattenspieler für den analogen Highend-Musikgenuss kämpft die Wirth Tonmaschinenbau Manufaktur bereits seit 1996 gegen die zunehmende Digitalisierung der Musik. Für die Fertigung der hochwertigen Geräte werden CNC-Dreh- und Fräsmaschinen mit Sinumerik 808D Advanced-Steuerung eingesetzt.

Firmengründer Karl Wirth nimmt die Schallplatte aus dem Cover, reinigt die schwarze Scheibe liebevoll und legt sie behutsam auf den Plattenteller. Langsam sinkt der Tonarm mit seiner Diamantspitze herab und gleitet in die Rille. Es ertönt Musik, wie sie heute nur noch selten zu hören ist. Denn nach Einführung der CD Anfang der 80er Jahre legte die digitale Musik eine steile Karriere hin und ist bis heute beliebt. Doch es zeichnet sich unter Hörern und Tonschaffenden ein neuer Trend ab – der Trend zurück zur Schallplatte.

Karl Wirths Standpunkt zur Debatte digitale versus analoge Musik ist eindeutig: „Als Klangkulisse und für den einfachen Konsum mögen digitale Medien mit ihren komprimierten Aufnahmen Vorteile haben. Wer Musik aber als Liebhaber bewusst hört, jedem Ton Aufmerksamkeit schenken will und dabei Entspannung und wohlthuende Entschleunigung sucht, der nutzt die klassische Schallplatte und Highend-Equipment.“



Siemens AG

»Wir fertigen im Manufakturbetrieb mit weit über 90 % Wertschöpfungstiefe.«

Karl Wirth, Wirth Tonmaschinenbau GmbH

Wenn Leidenschaft zum Beruf wird

Allein durch Zufall ist Karl Wirth dazu gekommen, Plattenspieler zu produzieren. Damals war er Produktionsverantwortlicher in der Automobilindustrie und ließ aus Spaß in der Lehrwerkstatt einen Plattenspieler als Projekt bauen. Als er dann mit einem befreundeten Händler von Audiogeräten und einem Prototypen des Plattenspielers im Gepäck eine Highend-Audiomesse besuchte, kam er mit 50 Bestellungen zurück. „Dann konnte ich keinen Rückzieher mehr machen. Ich hatte den Kunden auf der Messe ja versprochen, die Geräte zu liefern“, berichtet der Firmengründer.

Und so machte Karl Wirth 1996 seine Leidenschaft zum Beruf. Zunächst fertigte und montierte er die Plattenspieler im Keller seines Elternhauses und arbeitete dazu mit Zulieferern aus seiner Zeit bei der Automobilindustrie zusammen. Mit der Zeit wurden immer mehr internationale Händler von Highend-Audiogeräten und die Presse auf seine Produkte aufmerksam – der Erfolg hatte 2002 den Umzug in das jetzige Firmengebäude in Altdorf zur Folge. Heute fertigt die Wirth Tonmaschinenbau GmbH pro Jahr über 800 Schallplattenspieler ihrer Marke Acoustic Solid. Vom Einsteigermodell mit Preisen von mehr als 1.000 Euro über Top-Modelle mit Preisen bis zu 40.000 Euro bis hin zum individuell gefertigten Einzelstück.

Präzise Fertigung aller Komponenten

„Der Aufbau eines Plattenspielers ist einfach, er besteht nur aus wenigen Komponenten. Die Unterschiede, auch in der klanglichen Qualität, entstehen durch die Abstimmung der Komponenten, die Materialien und deren hochpräzise

Bearbeitung“, erläutert Karl Wirth. „Wir fertigen im Manufakturbetrieb mit weit über 90 % Wertschöpfungstiefe. So kennen wir die Qualität jeder Komponente und sind extrem flexibel.“ Diese Arbeitsweise ermöglicht Innovationen: Als legendär gelten unter Liebhabern etwa die Tellerlager der Acoustic Solid Plattenspieler, die extrem präzise gefertigt und mit einem speziellen Gleitbelag ausgegossen werden.

In der Fertigung setzt Karl Wirth seit rund sieben Jahren auf CNC-Dreh- und Fräsmaschinen mit Sinumerik 808D Advanced-Steuerung, als neueste Investition steht in der Werkstatt eine Fräsmaschine OPTImill F2. In einem kleinen Nebenraum werden die fertigen Plattenteller und andere Bauteile auf Hochglanz poliert. Die einheitliche Sinumerik 808D Advanced-Steuerung an den Dreh- und Fräsmaschinen hat viele Vorteile, wie Karl Wirth erklärt: „Wir arbeiten in unserer kleinen Fertigung meist mit nur einem Mitarbeiter, der alle Maschinen bedient. Statt sich auf die verschiedenen Steuerungen umstellen zu müssen, kann unser Mitarbeiter mit einer einheitlichen Oberfläche arbeiten und die hinterlegten Programme aufrufen. Das geht schneller und minimiert Fehler.“

Unmögliches möglich machen

An der Fräsmaschine sollten auch Gewinde für verschiedene Komponenten geschnitten werden. Allerdings machte der Hersteller schnell klar, dass dies mit der Maschine und ohne lagegeregelte Spindel nicht möglich sei. Die Rettung kam dann in Form des freien Sinumerik-Trainers Hans-Peter Moser. „Das Training selbst war schon perfekt für uns – vor Ort in unserer Werkstatt und immer eng an unseren Prozessen und Produkten. Optimal war allerdings auch, dass uns der Trainer einen für unsere Anforderungen praktikablen Weg zeigen konnte, mit dem wir an der Optimum-Maschine doch gewindeschneiden konnten. Die einzige Zusatzinvestition war ein Ausgleichsfutter.“

Sorgfältig getestet, (teil-)montiert und verpackt wird nur ein paar Schritte von der Fertigung entfernt. Alles ist bei Wirth Tonmaschinenbau eben eher Manufaktur und Handwerk mit Liebe zum Detail als industrielle Fertigung. Der Vertrieb kennt allerdings längst keine Grenzen mehr: Fast die Hälfte der Produkte geht an Kunden und Partner im Ausland. Acoustic Solid Plattenspieler glänzen optisch und klanglich bei Liebhabern auf allen Kontinenten – auch dank Sinumerik. ■

Sinumerik 808D Advanced – Technik im Detail

- Panelbasierte Kompakt-CNC
- Benutzerfreundliche Einstiegslösung für einfache Fräs- und Drehanwendungen
- Einfache Bedienung, Inbetriebnahme und Wartung
- 8,4“-Farbdisplay
- Bis zu fünf Achsen/Spindeln
- PLC-Anpasssteuerung Simatic S7-200
- Standarddaten-Übertragung per USB und Ethernet

➤ [siemens.de/cnc4you](https://www.siemens.de/cnc4you)

✉ armin.baernklau@siemens.com



Auf die Steuerung kommt es an

Mazak hat gemeinsam mit Siemens die Sinumerik für einige seiner Baureihen adaptiert und wird sein Werkzeugmaschinen-Portfolio weiter ergänzen. Denn Steuerung und Werkzeugmaschine bilden eine perfekte Kombination – das findet auch Lohnfertiger Pausewang aus Gingen an der Fils.

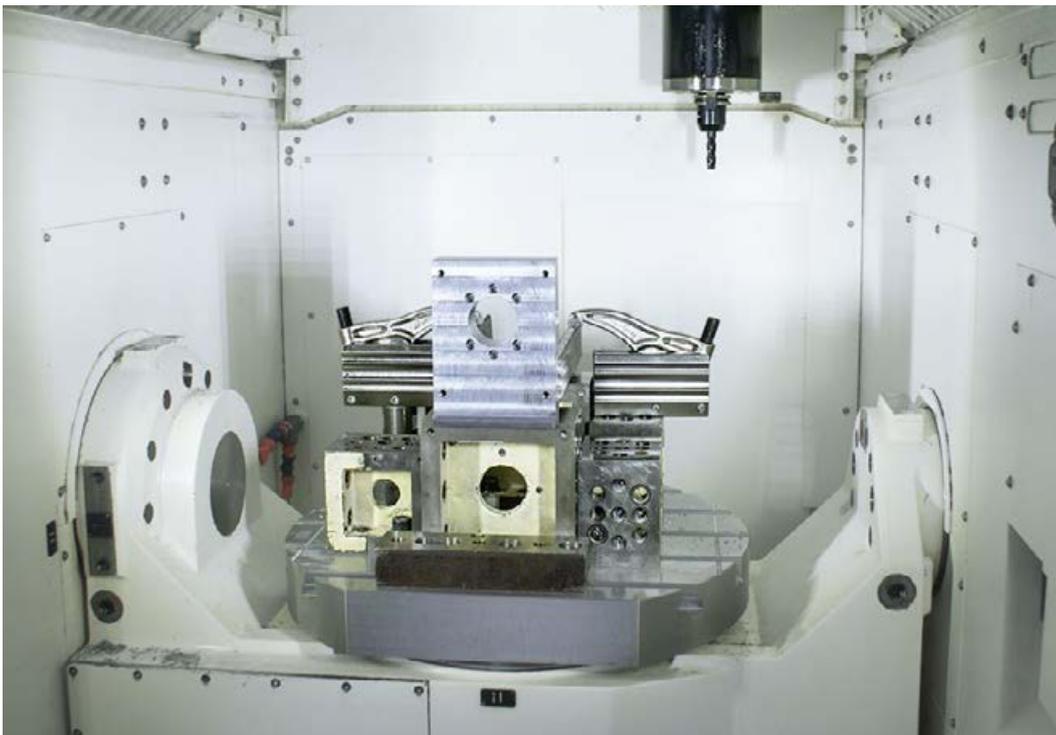
Weniger Start-up, vielmehr klassisch arbeitsreich und Schritt für Schritt – so lässt sich der Weg von Holger Pausewang in die Selbstständigkeit beschreiben. Der gelernte Industriemechaniker sammelte bei einem mittelständischen schwäbischen Maschinenbauer erste Erfahrungen, machte dort seinen Meister und war als stellvertretender Leiter mitverantwortlich für den Bereich Werkzeug- und Walzstangenfertigung. Schrittweise erkämpfte er sich dann seinen Weg in die Selbstständigkeit. Seine anfängliche Nebenerwerbstätigkeit lief gut: Er kaufte eine gebrauchte Kaltwalzmaschine, überholte sie in Ermangelung einer Halle in einer Garage und begann Aufträge zu generieren.

Aller Anfang ist schwer

Als Holger Pausewang schließlich eine Halle zur Miete fand, erwarb er eine gebrauchte Deckel FP4-Fräsmaschine mit Siemens 3M-Steuerung. Seither sind Siemens-Steuerungen für ihn erste Wahl. Folgerichtig hatte auch seine erste

Neuanschaffung, eine Spinner-Fräsmaschine, eine Sinumerik-Steuerung mit ShopMill-Programmierung. Nach und nach fanden sich immer mehr Kunden im Raum Göppingen und 2012 wurde dann der erste Mitarbeiter fest angestellt. Das kleine Unternehmen spezialisierte sich auf die Bereiche Prototypenfertigung, Formen- und Vorrichtungsbau, Prüfstände und Lohnfertigung von Maschinenbauteilen.

Bald zeichnete sich ab, dass die steigende Auslastung die Investition in ein Bearbeitungszentrum erforderte. Pausewang analysierte Maschinenkonzepte verschiedener Hersteller und entschied sich dann für eine Mazak VTC 800/30R. „Mazak spielt vor allem wegen der Steifigkeit des Gussbetts und der damit verbundenen großen Genauigkeit bei der Bearbeitung in der Champions-League der Werkzeugmaschinen“, sagt Holger Pausewang. „Das hat mir imponiert und ich wollte unbedingt eine solche Maschine haben.“



Die Mazak Variaxis ist ein sehr flexibles Bearbeitungszentrum, mit dem eine Vielzahl von Werkstücken mit großer Genauigkeit bearbeitet werden kann



Holger Pausewang freut sich: Die Investition in die Mazak-Maschinen mit Siemens-Steuerung sichert die Zukunft seines Unternehmens

»Wir haben uns mit dem Mazak-Vertriebsmitarbeiter zusammengesetzt und schnell eine passende Maschine gefunden.«

Holger Pausewang, Pausewang Metall- und Zerspanungstechnik

Neue Zielgruppen erschließen

Den ersten Kontakt zu Mazak knüpfte Pausewang 2013 auf der EMO. Die dort ausgestellte VTC 800/SDR war zwar nicht mit einem Rundtisch, sondern mit einer Brücke ausgestattet, doch Pausewang war überzeugt, dass die VTC 800 für seine Fertigung die richtige Erweiterung war. Ein weiteres Plus: Bis dato nur mit der hauseigenen Mazak-Steuerung verfügbar, wurde die VTC 800 genau zu dieser EMO als eine der ersten Mazak-Maschinen mit Siemens-Steuerung vorgestellt. Damit wollte Mazak bei neuen Zielgruppen punkten. Traditionell haben vor allem Betriebe in Deutschland und Mitteleuropa ihre Fertigung komplett mit Siemens-Steuerungen ausgestattet. Außerdem vermitteln viele Berufsschulen und Lehrbetriebe ihren Auszubildenden an Maschinen mit Siemens-Steuerung die Grundlagen des Programmierens.

Mit ihrem flexiblen Bedienkonzept passt sich die Sinumerik an die Bedienphilosophie moderner Maschinenkonzepte an. Dank ihrer Systemoffenheit bei den Einsatzgebieten – vom Fräsen und Drehen über das Schleifen und Lasern bis hin zur additiven Fertigung – lässt sich die CNC optimal an die Technologie einer Maschine adaptieren. Hinzu kommt der hohe Freiheitsgrad in der Fertigungsautomatisierung. Vorteile, die der Hersteller bei der Anpassung der Steuerung an die eigenen Maschinen nutzen konnte.

Alan Mucklow, Group Product Manager Europe bei Yamazaki Mazak, sagt dazu: „Wir wissen, dass Anwender, die schon seit Langem mit Siemens-Steuerungen arbeiten, dies auch weiterhin tun wollen und in ihrem Werk eine einzige Programmierlösung anwenden möchten. Mit dem Angebot der Sinumerik-Steuerung für unsere Maschinen geben wir jetzt auch diesen Kunden die Möglichkeit, Technologie und Qualität aus dem Hause Mazak mit all ihren Vorzügen nutzen zu können.“

Genauigkeit bringt Kunden

Für Holger Pausewang war die Kooperation von Mazak und Siemens ein Glücksfall. 2014 zog sein erstes Mazak-Bearbeitungszentrum VTC 800/SR mit einer Sinumerik 840D sl-Steuerung in die neue Halle ein.

Gleichzeitig kam der zweite feste Mitarbeiter ins Team, das bis heute weitgehend aus gelernten Werkzeugmachern und Industriemechanikern besteht. „CNC-Fräser zu finden, ist nicht ganz einfach. Ich habe gute Erfahrungen damit gemacht, technisch qualifizierte Leute im CNC-Fräsen weiterzubilden“, berichtet Pausewang.

Die neue Maschine brachte dank ihrer Genauigkeit weitere Kunden: „Wir haben fast nur Einzelteillfertigung und kleine Losgrößen bis fünf Stück, Umrüsten macht also einen großen Teil der Bearbeitungszeit aus. Zu Beginn war das in Ordnung, aber mit steigendem Auftragsengang haben wir gesehen, dass wir mit einer Maschine auf Dauer nicht auskommen würden. Wir haben uns also mit dem Mazak-Vertriebsmitarbeiter, der uns beim Kauf der ersten Maschine bereits exzellent beraten hatte, zusammengesetzt und schnell eine passende Maschine gefunden.“

Seit Anfang 2017 ist bei Pausewang die zweite Mazak mit Siemens-Steuerung im Einsatz – das 5-Achs-Bearbeitungszentrum Variaxis i-600. Die Maschine ist ideal für die Bearbeitung von kubischen Teilen bis 350 x 350 mm. „Mazak-Maschinen sind jeder Bearbeitungsaufgabe gewachsen“, sagt Holger Pausewang. „Wir bearbeiten ein sehr großes Werkstückspektrum und sind auch bei den Werkstoffen breit aufgestellt.“

Auch für die Zukunft hat Pausewang schon konkrete Pläne: „Wir wollen zukünftig den Bereich Drehen stärker einbinden. Ein horizontales Fräs-Dreh-Zentrum der Baureihe Integrex ermöglicht Drehen und Fräsen in einer Aufspannung. Meine Wunschmaschine Integrex 1250 könnte uns die Großteilebearbeitung erschließen. Das ist ein Markt, auf dem sich nicht so viele Wettbewerber tummeln. Unsere Kunden profitieren von der großen Flexibilität, die wir als kleineres Unternehmen bieten können. Auch diese Maschine wird natürlich wieder mit einer Sinumerik-Steuerung ausgestattet sein.“ ■

➤ [siemens.de/cnc4you](https://www.siemens.de/cnc4you)

✉ armin.blaschke@siemens.com



Digitalisierung beginnt in der Ausbildung

Bedienung, Technologien, Prozesse – die Digitalisierung wird in den nächsten Jahren weite Teile der Werkzeugmaschinenindustrie erfassen und revolutionieren. Wie muss sich demzufolge die Ausbildung verändern? Erste Antworten darauf finden sich im Ausbildungszentrum des österreichischen Werkzeugbauers Haidlmair.

Getränkekästen, Faltkisten, Schubladen, Müllcontainer, Kästen für Lagersysteme – Produkte, die mit den hochwertigen Spritzgusswerkzeugen der Haidlmair GmbH produziert werden, begegnen uns im Alltag auf Schritt und Tritt. Die Familie Haidlmair hat das Unternehmen aus dem idyllisch gelegenen Nußbach in drei Generationen von einer kleinen Schmiede zu einem der weltweit führenden Entwickler und Produzenten von hochwertigen Spritzgusswerkzeugen aufgebaut.

Das Management um Geschäftsführer Mario Haidlmair und Controller Rene Haidlmair setzt konsequent auf Qualität und Innovation, um die Marktposition des Unternehmens weiter auszubauen. So wird an den vielen Werkzeugmaschinen in der großen Fertigungshalle fast komplett papierlos und mit Siemens NX sowie Teamcenter als Datendrehscheibe gearbeitet. Die Produkte werden mit Siemens NX als CAD/CAM- und PLM-System entwickelt, die Daten und Programme aus der Arbeitsvorberei-



Pro Jahr beginnen acht bis zwölf Azubis ihre vierjährige Lehre im Haidlmair-Ausbildungszentrum. Betreut werden sie hier von Wolfgang Eisterlehner, Ausbildungsleiter (links), und Roman Dannesberger, CNC-Ausbilder (rechts)

Haidlmair



Im Ausbildungszentrum steht unter anderem eine Fräsmaschine von EMCO mit Sinumerik 828D-Steuerung, an der die Auszubildenden das am PC-Übungsplatz Simulierte später in die Praxis umsetzen

Siemens AG

tung über Teamcenter an die Maschinen übergeben und dort von den Bedienern an eigenen Monitoren eingesehen.

Das kann nicht ohne Konsequenzen für die Ausbildung bleiben, wie Christian Riel, stellvertretender Technischer Leiter bei Haidlmair, erklärt: „Wir nutzen NX als CAD/CAM-System seit 1985 und waren damals sicherlich einer der ersten Anwender im Bereich Werkzeug- und Formenbau. Schon im Ausbildungszentrum erlernen alle Mitarbeiter den Umgang mit CNC-Systemen, auch mittels der Trainingssoftware Sinutrain und der Siemens PLM-Software. Deren verschiedenen Module sind für uns das Herzstück unserer technischen IT-Landschaft. So können wir in der Fertigung komplett papierlos arbeiten.“

Sofort produktiv

Pro Jahr beginnen acht bis zwölf Auszubildende ihre vierjährige Ausbil-

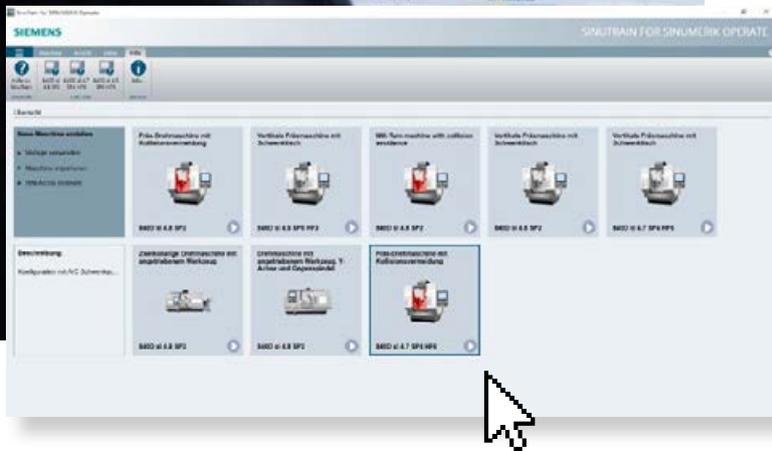
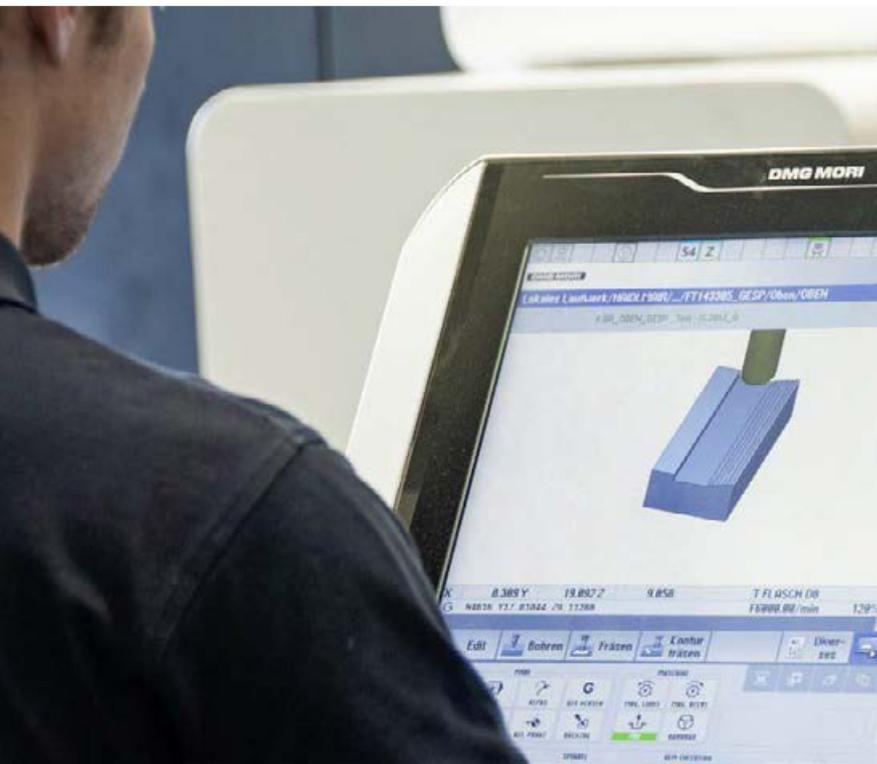
dung im Haidlmair-Ausbildungszentrum. Alle Auszubildenden werden bereits nach ganz kurzer Grundausbildung in der manuellen Metallbearbeitung an den CNC-Maschinen produktiv eingesetzt. An den Werkzeugmaschinen im Ausbildungszentrum – selbst 3D-Drucker stehen für die Ausbildung zur Verfügung – werden kleine Werkstücke für Aufträge oder als Ersatzteile gefertigt. Das Ziel: Es wird im Ausbildungszentrum kein Werkstück hergestellt, was später nicht in die Produktion gelangt.

Neben der klassischen CNC-Programmierung an den Fräs- und Drehmaschinen, die ja auch für die Abschlussprüfungen gefordert ist, wird so bereits sehr früh die komplett digitalisierte Wertschöpfungskette erlebt und gelernt – beginnend bei CAD/CAM-Entwurf oder Programm-Download bis hin zu unternehmensspezifischen Prozessketten. Diese umfas-

sende und praktische Schulung in der digitalen Wertschöpfungskette ist der Grund, weswegen auch alle neu eingestellten Facharbeiter bei Haidlmair zunächst in das Ausbildungszentrum müssen.

Weil Haidlmair im modernsten Bereich der Produktion Werkzeugmaschinen mit Sinumerik-Steuerungen einsetzt, ist diese CNC ein wichtiger Teil in der Ausbildung geworden. Die hauptamtlichen Ausbilder ließen sich dafür im Erlanger TAC (Technology and Application Center) in einem Train-the-Trainer-Lehrgang umfassend schulen. In dem Ausbildungszentrum findet die Basisausbildung für die Sinumerik-Programmierung und -Bedienung offline am virtuellen Programmierplatz Sinutrain statt. Auch die umfassenden Dokumente, die Siemens speziell für Auszubildende und Ausbilder bereitstellt, werden dort eingesetzt. In der virtuellen Sinutrain

>



In der virtuellen Sinutrain Workbench können verschiedene Maschinen mit unterschiedlichen Software-Ständen simuliert werden

Workbench können verschiedene Maschinen mit unterschiedlichen Software-Ständen simuliert werden und so erlernen die Auszubildenden schnell genau die Version, mit der sie an den Maschinen künftig arbeiten werden. In dem Ausbildungszentrum stehen unter anderem eine Fräsmaschine von DMG Mori mit Sinumerik 840D sl und SW 4.7 sowie eine Fräsmaschine von EMCO mit Sinumerik 828D, an denen die Auszubildenden das am PC-Übungsplatz Simulierte später in die Praxis umsetzen. Hier fertigen sie ganz konkret und erlernen neben der Programmierung und Bedienung

der Sinumerik-Steuerung auch alle maschinennahen Arbeitsschritte.

Nur das modernste Equipment

Auffallend ist, über wie viele neue und gut ausgestattete Maschinen das Ausbildungszentrum verfügt. Stefan Knödlstorfer, Technischer Leiter der Haidlmair GmbH, erklärt: „Wir investieren bewusst viel in modernstes Equipment. Uns haben schon einige Auszubildende berichtet, dass sie auf moderneren und hochwertigeren Maschinen arbeiten als ihre Väter, die als ausgebildete Fachkräfte in anderen Betrieben in der Umgebung tätig sind. Wir wollen in unserem Ausbildungs-

zentrum Abbilder der Maschinen und Arbeitsweisen verwenden, die unser Fachkräfte-Nachwuchs nach seiner Ausbildung auch bei uns vorfindet – zum Beispiel Multitouch, integrierte Messzyklen oder additive Verfahren.“ Auszubildende, die durch herausragende Leistungen glänzen, erhalten sogar die Möglichkeit, an einem der ausländischen Unternehmensstandorte Erfahrungen zu sammeln.

Haidlmair wurde bereits mehrfach für seine Tätigkeit als Ausbilder ausgezeichnet (u.a. als staatlich ausgezeichnete Ausbildungsbetrieb). Doch nicht nur deswegen ist das Unternehmen beim Nachwuchs begehrt. „Wir haben bisher wenig Probleme mit der Besetzung der Lehrstellen. Natürlich bereiten wir alle Auszubildenden auf die klassischen Prüfungsinhalte im Abschluss vor, aber die jungen Leute wissen und sehen sofort, dass wir hier für die digitale Zukunft unserer Branche ausbilden“, bringt es Stefan Knödlstorfer nicht ohne Stolz auf den Punkt.

Vollautomatisiertes Maschinen-Cluster

Genau diese Zukunft können die Auszubildenden dann in den Produktionshallen sehen und erleben. In einem Neubau stehen hier vier in Hard- und Software komplett identisch ausgestattete DMG Mori DMU 80 P duoBLOCK – jeweils über eine Sinumerik 840D sl gesteuert. Die Besonderheit: Die vier 5-Achs-Maschinen agieren als ein vernetztes Cluster, als einheitliches Fertigungssystem. Dieses wird über ein automatisiertes Palettenlager mit Werkstücken be- und entladen. Vollständig befüllt, reicht das Palettenlager aus, um die vier Werkzeugmaschinen vier Tage lang rund um die Uhr komplett autonom zerspanen zu lassen. Der Prozess ist durchgehend automatisiert. Werkzeugmagazin, Palettenlager, die gesamte Automatisierungstechnik und der Leitreechner kommen von der österreichischen Promot Automation AG. Insgesamt ist dieses Fertigungssystem ein gutes Beispiel für die Produktionskonzepte, die Auszubildende künftig in der Branche vorfinden werden – die Auszubildenden bei Haidlmair sind darauf bestens vorbereitet. ■

➔ siemens.de/cnc4you
 ✉ julian.biberger@siemens.com



Siemens AG / Karl-Horst Röder

Netzwerk erweitert

Von links nach rechts:
Karl-Horst Röder
(Siemens Frankfurt),
Frank Schuchmann
(Ausbilder Metallwerkstatt
BBZ1) und Jürgen Fisch
(Geschäftsbereichsleiter der
Berufsbildungszentren)

Die Handwerkskammer Rheinhessen ist neuer Siemens-Trainingspartner im weltweiten Netzwerk der Sinumerik-CNC-Ausbildung. Damit unterstützt Siemens die regionale Ausbildung an Sinumerik-gesteuerten Dreh- und Fräsmaschinen in Theorie und Praxis.

Optimale Bedingungen für die Ausbildung bietet die Handwerkskammer Rheinhessen mit ihrem „BBZ 1“ und ihrem modernen Maschinenpark. 2015 wurde dieses neue 4.300 Quadratmeter große Berufsbildungszentrum in Mainz-Hechtsheim eingeweiht. Aktuell bietet das BBZ 1 Platz für 3.500 Auszubildende sowie rund 800 Teilnehmer an Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen in der Meisterausbildung und an Umschulungsprogrammen. Die überbetriebliche Ausbildung erfolgt in den Bereichen Elektro, Kraftfahrzeugtechnik, Metallbau, Sanitär-Heizung-Klima und Friseurhandwerk.

Mit der Schulungssoftware Sinutrain können nun im theoretischen Unterricht die Bedienung und Programmierung der CNC-Maschinen mit Sinumerik anschaulich vermittelt werden. Dort erstellte Bearbeitungsprogramme lassen sich am PC simulieren und testen, bevor sie via Netzwerk an die Maschinen übertragen werden.

„Die im Rahmen der Partnerschaft mit Siemens bereitgestellten Software-Pakete und Schulungsmaterialien eröffnen mir ganz neue Möglichkeiten, den Unterricht im Bereich Theorie und Praxis zu gestalten und

zu verzahnen“, sagt Frank Schuchmann, Ausbilder Metallwerkstatt. Und Jürgen Fisch, Geschäftsbereichsleiter der Berufsbildungszentren, merkt an: „Wir möchten die Verbindung zur modernen Metallbearbeitung dauerhaft halten und ausbauen. Mit der Partnerschaft sehen wir hier eine große Chance, immer auf einem hohen, aktuellen Wissensniveau im Bereich CNC-Technik zu bleiben.“ ■

➤ siemens.de/cnc4you
✉ karl-horst.roeder@siemens.com



CAD/CAM-Qualifikation für Zerspaner

Das ebiz Pocking ist Ausbildungspartner von Siemens und war Gastgeber der CNC4you-Veranstaltung im Juni 2018. Hauptthema dieses Events: Das Aus- und Weiterbildungsinstitut ergänzt sein Programm um die Zusatzqualifikation zum „CAD/CAM-Planer“.

Eine CAD-Konstruktion mithilfe von CAM-Funktionen direkt in ein Teileprogramm umzusetzen, das ist nicht länger eine Domäne der Großbetriebe und Schlüsselindustrien. Auch die Anforderungen an kleine und mittlere Zulieferfirmen sind inzwischen von kürzeren Innovationszyklen und immer stärkerer Individualisierung von Endprodukten, aber auch von Maschinen und Investitionsgütern geprägt. So nutzen auch diese Fertigungsbetriebe zunehmend CAD/CAM-Systeme als logische Ergänzung zur JobShop-Programmierung.

„Große Unternehmen verwenden CAD/CAM, die Zulieferer müssen nach- oder mitziehen“, bestätigt Johann Huber, Leiter des Aus- und Weiterbildungsinstituts ebiz Pocking. „Fachkräfte dafür werden in vielen Regionen händiger gesucht, auch hier bei uns.“ Sein Institut hat darum den Weiterbildungskurs „CAD/CAM-Planer“ entwickelt und von der Industrie- und Handelskammer genehmigen lassen. Dies ist in Deutschland eine erste Möglichkeit der formellen CAD/CAM-Zusatzqualifikation für Zerspaner.

Schlüssige Ergänzung zur Zerspanerausbildung

„Die in der Grundausbildung bereits erworbenen ShopTurn- und ShopMill-Kenntnisse sind dabei die Basis“, skizziert Johann Huber das Ausbildungskonzept, „darauf bauen wir die CAD/CAM-Ausbildung mit NX auf. In den Fertigungsbetrieben wird dieses CAD/CAM-System wegen seiner Durchgängigkeit, seiner Offenheit und der nahtlosen Integration in die Sinumerik-CNC-Welt sehr geschätzt. Außerdem lassen sich Modelle der in der Fertigung verwendeten

Maschinen sehr einfach in NX einbinden und in der Fertigungssimulation nutzen.“ Das bedeutet in der Praxis, dass das per CAD/CAM-Kette erstellte Teileprogramm schon in der Simulation für die Zielmaschine komplett verifiziert und auf Kollisionen geprüft werden kann. „Das nutzen wir bei unserer 5-Achs-Maschine, für die DMG uns ein detailliertes 3D-Modell aller Komponenten geliefert hat. Ein so überprüfbares, aus NX generiertes Teileprogramm kann auf der Zielmaschine sofort mit 100 % Vorschub gestartet werden – die sonst üblichen Probeläufe mit zeilenweiser Abarbeitung und reduziertem Vorschub entfallen“, so die Erfahrung des Institutsleiters. Damit wird auch die Fertigung von Kleinserien und Einzelstücken wirtschaftlich, bei denen kein Budget für Probeläufe und Prototypen vorhanden ist. Das jedoch setzt voraus, dass die Fertigungsmitarbeiter das CAD/CAM-System auch anwenden können.

In zwölf Monaten zum CAD/CAM-Planer

Die vom ebiz Pocking konzipierte und von der Industrie- und Handelskammer genehmigte Qualifikation zum „CAD/CAM-Planer“ setzt eine abgeschlossene Ausbildung zum Zerspaner voraus und dauert zwölf Monate. In dieser Zeit erlernen und trainieren die Kursteilnehmer das Erstellen und Ändern von 3D-Konstruktionen in NX-CAD sowie das Umsetzen von 3D-Daten in Teileprogramme für verschiedene Fertigungsstrategien, darunter auch additive Fertigungsverfahren. „Das ist einer der Vorteile von NX: Es unterstützt alle grundlegenden subtraktiven und additiven Fertigungsstrategien“, erläutert Johann Huber.



»Modelle der in der Fertigung verwendeten Maschinen lassen sich sehr einfach in NX einbinden und in der Fertigungssimulation nutzen.«

Johann Huber, Leiter des Aus- und Weiterbildungsinstituts ebiz Pocking (Bildmitte), im Gespräch mit Armin Bärnklaus, zuständig bei Siemens für Endkunden-Promotion (rechts)



Siemens AG / W. Marschner

Teilnehmer des CNCLive4you-Events und Auszubildende bei ebiz

Additive Fertigungsverfahren nehmen an Bedeutung zu und werden sich im Laufe des Berufslebens der heutigen Auszubildenden zu einer Standardtechnologie wie Drehen und Fräsen entwickeln. Darum kooperiert das ebiz Pocking schon jetzt mit dem Umwelt-Campus Birkenfeld der Hochschule Trier. Die Hochschule in Birkenfeld ist die erste, die den virtuellen NC-Kern Sinumerik VNCK für additive Fertigungsverfahren einsetzt. Das ist genau der virtuelle CNC-Kern, der auch in NX-CAM verwendet wird, womit sich der Kreis zur CAD/CAM-Ausbildung für Zerspaner schließt. Denn standardmäßig unterstützt NX-CAM mit NX-Hybrid ein großes Segment der wichtigsten additiven Fertigungsverfahren. Wenn der Anwender die passende Maschine dazu hat, gibt es außerdem das Modul NX-Powder zum Umsetzen von 3D-Konstruktionen per pulverbasierter additiver Fertigung.

„Mit der Zusatzqualifikation zum CAD/CAM-Planer erreichen Auszubildende in etwa das Qualifikationsniveau eines Meisters“, verdeutlicht ebiz-Institutsleiter Johann Huber den Stellenwert des neuen Kurses. Er ist sich sicher: „Angesichts der inzwischen angelaufenen Digitalisierung und Flexibilisierung der Fertigungen werden solche Fachkräfte in den nächsten Jahren händierend gesucht.“ ■

ebiz: Bildung individuell und zeitgemäß

Die ebiz gmbh ist eine gemeinnützige Gesellschaft und arbeitet im Bereich der Jugend- und Erwachsenenbildung. Dazu zählt die berufliche Qualifizierung und Fortbildung, ebenso wie die Integration von Arbeitssuchenden, die direkte Beratung in Unternehmen und die Förderung von Schülern. Zusätzlich zum Stammsitz in Passau betreibt ebiz Standorte in Pocking und Mühldorf und hält Beteiligungen an weiteren Standorten, darunter Dresden und Chemnitz.

➤ [siemens.de/cnc4you](https://www.siemens.de/cnc4you)
 ✉ armin.baernklau@siemens.com

Vom Zerspaner zur CAD/CAM-Qualifikation



Ausgebildeter Zerspaner

Die Qualifikation zum CAD/CAM-Planer setzt eine abgeschlossene Ausbildung zum Zerspaner voraus



CAD/CAM-Ausbildung mit NX

Basis bilden die ShopTurn- und ShopMill-Kenntnisse der Grundausbildung



Fertigungssimulation

Das per CAD/CAM-Kette erstellte Teileprogramm wird in der Simulation geprüft



CAD/CAM-Qualifikation

Erreichen eines ähnlichen Qualifikationsniveaus wie das des Meisters



Sinumerik live –

Video-Tutorial: „Dynamische 5-Achs- Bearbeitung direkt programmieren in Sinumerik Operate“

In der Videoreihe „Sinumerik live“ präsentieren wir Ihnen Anwendungstechnik leicht und verständlich erklärt. Sie zielt darauf ab, Ihnen einzelne Themen der Sinumerik-Anwendung praxisgerecht zu erklären.

Im fünften Teil der Videoreihe dreht sich alles um das Thema „Dynamische 5-Achs-Bearbeitung direkt programmieren in Sinumerik Operate“. Dabei werden zunächst die theoretischen Grundlagen zur Mehr-Achsen-/Mehr-Seiten-Bearbeitung erläutert und danach wird anhand eines Praxisbeispiels ein Werkstück live direkt an der 5-Achs-Maschine gefräst.

✉ armin.baernklau@siemens.com



Siemens AG



Siemens AG

Hier geht es zu dem Video:

➤ bit.ly/2LDstfC



Neuer zertifizierter freier Trainer für Sinumerik

Für den Bereich Sinumerik vergibt Siemens für freie Trainer ein spezielles Zertifikat. Um dieses Zertifikat zu erhalten, muss in einem mehrtägigen Kurs das Fachwissen im Bereich Sinumerik unter Beweis gestellt werden.

Einer der neuen Trainer ist Sebastian Pelz. Als gelernter Mechatroniker hat er bereits während seiner Ausbildung erste Erfahrungen in der CNC-Technik sammeln können. Bis 2009 war er in der Fertigung mit CNC-gesteuerten Maschinen beschäftigt und hat in dieser Zeit auch seine Fortbildung zum Industriemeister Metall begonnen. Seit 2010 ist er in der Erstausbildung und Weiterbildung tätig, überwiegend im Bereich der

Zerspanungstechnik – von konventionellen Verfahren bis hin zur CNC-Technik. Spezialisiert hat er sich auf die Sinumerik von der DIN ISO über ShopTurn und ShopMill bis hin zu Sinumerik Operate. Derzeit absolviert er neben seinem Beruf ein Wirtschaftsingenieur-Studium.

➤ siemens.de/cnc4you
✉ karsten.schwarz@siemens.com



Siemens AG

Sebastian
Pelz



Siemens AG

Modularer Kugelschreiber

Das neue CNC4you-Werkstück liegt nicht nur gut in der Hand, es ist auch individuell personalisierbar: Der modulare Kugelschreiber kann in zwei Längen für unterschiedliche Handgrößen angefertigt und mit einer persönlichen Gravur versehen werden. Der Stift besteht aus sechs Drehteilen (Kappe, Spitze, drei Schäften und Endstopfen) und kann nach Wahl im Materialmix Alu, Messing und/oder Kunststoff in vier Arbeitsschritten gefertigt werden. Zur Montage werden Spitze sowie Schaft 1 und 2 zusammengeschraubt, eine Großraummine eingesetzt und mit einer M8-Madenschraube fixiert. Dann werden Schaft 3 und die Endstopfen aufgeschraubt und die Kappe aufgesetzt.

Für bessere Griffigkeit und größere Unempfindlichkeit gegen kleine Schrammen und Stoßstellen ist die Oberfläche matt gestaltet. Der Kugelschreiber ist eine Entwicklung der Berufsbildenden Schulen BBS-Burgdorf und wird dort als besondere Anerkennung individuell angefertigt und vergeben.

Alle für die Fertigung erforderlichen CAD-Zeichnungen, Programme und die Fertigungsbeschreibung sind als Download auf dem CNC4you-Portal verfügbar unter:

➤ sie.ag/2M2tfPz
 ✉ armin.baernklau@siemens.com

Termine

CNClive4you mit neuen Terminen und Themen – gleich informieren im CNC4you-Portal unter „Termine“! Dort finden Sie auch eine Übersicht über weitere Messetermine und Schulungsangebote.

BI-MU	09. – 13. Oktober 2018	Mailand, Italien
JIMTOF	01. – 06. November 2018	Tokio, Japan
Formnext	13. – 16. November 2018	Frankfurt, Deutschland

➤ sie.ag/22roSOA

Mit cnc4you bleiben Sie auf dem Laufenden

Informieren Sie sich auf [siemens.de/cnc4you](https://www.siemens.de/cnc4you) über aktuelle Veranstaltungen oder laden Sie die Fertigungsbeschreibungen der neuesten Werkstücke herunter.

Abonnieren Sie unser Infomailing, um keine News mehr zu verpassen:

[siemens.de/cnc4you-infomailing](https://www.siemens.de/cnc4you-infomailing)

Sie wollen cnc4you auch unterwegs lesen?

Dann ist die cnc4you-App das Richtige für Sie: [siemens.de/cnc4you-app](https://www.siemens.de/cnc4you-app)

Herausgeber

© Siemens AG 2018

Digital Factory

Gleiwitzer Straße 555

90475 Nürnberg, Deutschland

Weitere Informationen finden Sie unter

[siemens.de/cnc4you](https://www.siemens.de/cnc4you)

[siemens.de/sinumerik](https://www.siemens.de/sinumerik)

Kontakt:

kontakt.cnc4you.i@siemens.com

Artikel-Nr.: DFMC-M10051-00

Gedruckt in Deutschland

Änderungen und Irrtümer vorbehalten.

Die Informationen in diesem Dokument enthalten lediglich allgemeine Beschreibungen bzw. Leistungsmerkmale, welche im konkreten Anwendungsfall nicht immer in der beschriebenen Form zutreffen bzw. welche sich durch Weiterentwicklung der Produkte ändern können. Die gewünschten Leistungsmerkmale sind nur dann verbindlich, wenn sie bei Vertragsabschluss ausdrücklich vereinbart werden.

MindSphere, ShopMill, ShopTurn, SIMATIC S7-200, SIMIT, SINUMERIK, SinuTrain sind eingetragene Marken der Siemens AG.

Jede nicht autorisierte Verwendung ist unzulässig. Alle anderen Bezeichnungen in diesem Dokument können Marken sein, deren Verwendung durch Dritte für ihre eigenen Zwecke die Rechte des Eigentümers verletzen kann.