



Mittelstand 4.0
Kompetenzzentrum
Chemnitz

Betrieb 4.0
machen!



**Leistung
bringen!**



Nachgelesen

Regelung von Fertigungsprozessen

Roman Elsner, Martin Ettrichrätz, Wolfgang Zorn

Mittelstand-
Digital 

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Um den wachsenden Anforderungen an die Produktivität, Qualität und Kosten von Fertigungsprozessen auch zukünftig gerecht zu werden, benötigen insbesondere mittelständige Unternehmen neue Methoden, um der gestiegenen Komplexität und dem Kostendruck in der Fertigung gerecht zu werden. Durch die geschickte Verbindung von Mechatronik und Fertigungstechnik können Produktionssysteme befähigt werden, sich ändernde Betriebsbedingungen eigenständig wahrzunehmen und ihre Prozessparameter innerhalb eines bestimmten Handlungsspielraums dementsprechend anzupassen.

Nachfolgend erfahren Sie:

- wie **Fertigungsprozesse** geregelt werden können, um die Qualität und die Produktivität von Losgrößen zu steigern,
- wie Fertigungsprozesse mit Hilfe von **Smart Materials** flexibilisiert werden können und
- welche Möglichkeiten mittelständische Unternehmen bei der **Regelung** von Fertigungsprozessen haben. Dies wird exemplarisch beschrieben an der Regelung des Flanscheinzugs bei Blechumformprozessen.



Flexibilisierung von Fertigungssystemen und Fertigungsprozessen

Der Trend zu immer kürzeren Innovationszyklen führt zu geringer werdenden Losgrößen. Gleichzeitig wächst die Bandbreite an zu produzierenden Bauteilen. Dabei stellt sich die Frage, wie Qualität und Produktivität bei gleichbleibenden oder geringeren Kosten sichergestellt und gesteigert werden können. Ziel ist es, eine Flexibilisierung von Fertigungssystemen und -prozessen zu erreichen.

Die Maschine passt sich und ihren Bearbeitungsprozess an die jeweilige Aufgabe an und überwacht den Prozessablauf samt dem Ergebnis. So können eventuelle Auswirkungen auf die Produktqualität frühzeitig erkannt werden. Notwendige Korrekturen werden auf diese Weise eigenständig, innerhalb eines definierten Handlungsrahmens und ohne Eingriff von außen, von der Maschine durchgeführt.

Für die Umsetzbarkeit ist es deshalb wichtig, nicht nur Möglichkeiten für die Informationsgewinnung nahe der Wirkstelle zu schaffen, sondern auch um an

geeigneter Stelle in den Fertigungsprozess eingreifen zu können. Eine zweckmäßige Sensorik und Aktorik ist daher unbedingt notwendig.

Während es bei der Sensorik um die Messung und Kontrolle von bestimmten Parametern und Zielgrößen von technischen Systemen geht, beeinflussen Aktoren aktiv Prozesse, indem Signale in mechanische Bewegungen oder andere physikalische Größen wie z.B. Wärme umgewandelt werden.

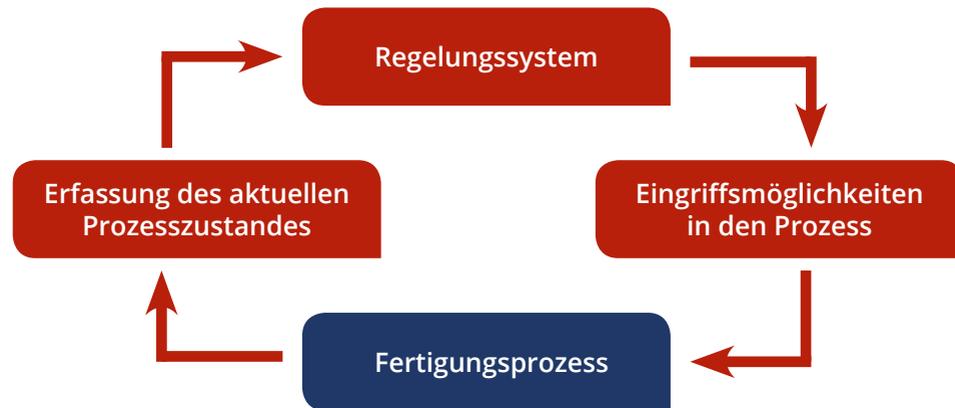


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Regelung von Fertigungsprozessen

Aus Abbildung 1 ist der Grundaufbau der Prozessregelung ersichtlich. Er besteht aus einem Regelungssystem, welches zwischen prozessnaher Sensorik und Aktorik angesiedelt ist. Die Sensorik erfasst dabei kontinuierlich den aktuellen Prozesszustand. Eine prozessnahe Aktorik ermöglicht es, während des Vorgangs in den Prozess einzugreifen und diesen aktiv zu steuern und zu regeln.

Smart Materials

Smart Materials sind Werkstoffe, die aufgrund von Koppelmechanismen in der Lage sind, Energie auf Werkstoffebene umzuwandeln. Sie bieten daher die Möglichkeit, auf einfache Weise robuste und prozessnahe Sensoren und Aktoren herzustellen. Auf diesem Weg ist eine Integration nahe der Wirkstelle, z. B. direkt in das Werkzeug, in den meisten Fällen möglich. Aufgrund der Vielfalt der verfügbaren Werkstoffe ergeben sich verschiedenste Einsatzszenarien.

Beispiele für prozessnahe Aktoren und Sensoren sind werkzeugintegrierte piezokeramische Sensoren und Aktoren.

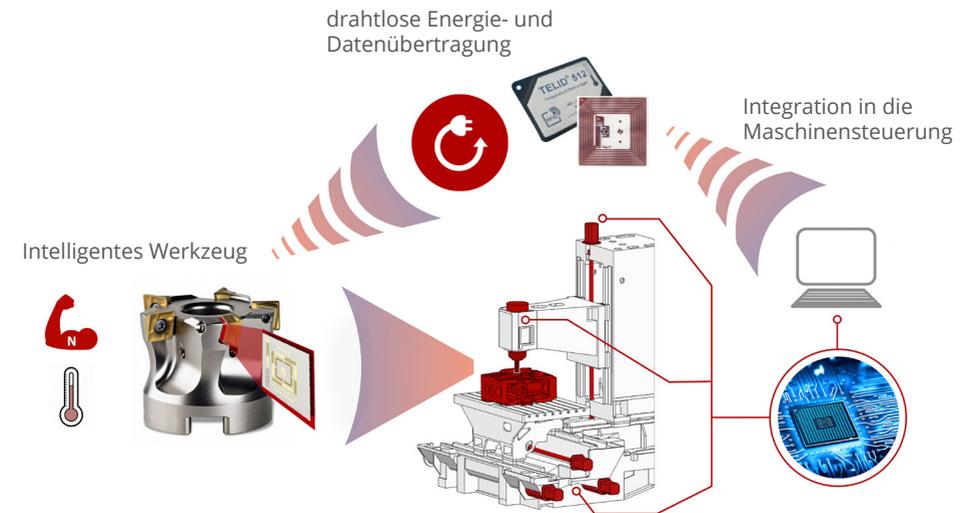


Abbildung 2: Beispiele für den Einsatz von Smart Materials in einer prozessnahen Regelung eines Zerspanungsprozesses

In Abbildung 2 ist beispielhaft eine Möglichkeit der Werkzeugintegration von Piezokeramiken anhand eines Fräswerkzeuges dargestellt. Ziel ist es, ein Sensorelement mit piezoelektrischen Schichten in Nähe der Wendschneidplatte zu positionieren. Somit können hochdynamische Kräfte von wenigen Newton bis drei Kilonewton messbar gemacht werden. Die gewonnenen Daten werden gesammelt, verarbeitet und an die Werkzeugmaschine übertragen. Auf diese Weise ist es der Maschine möglich, Daten in Echtzeit zu gewinnen, zu bewerten und dementsprechend Anpassungen vorzunehmen.

Ansätze für die Flexibilisierung von Fertigungsprozessen

Die Möglichkeiten mittelständischer Unternehmen Fertigungsprozesse zu regeln werden im Folgenden exemplarisch anhand der **Regelung des Flanscheinzugs bei Blechumformprozessen** erläutert.

Auch bei Umformprozessen wie dem Tiefziehen können piezokeramische Sensoren und Aktoren von großem Nutzen sein. Sie messen im Prozess die Druckverteilung und passen diese währenddessen an. So wird sichergestellt, dass der Fertigungsprozess in einem optimalen Prozessfenster arbeitet.

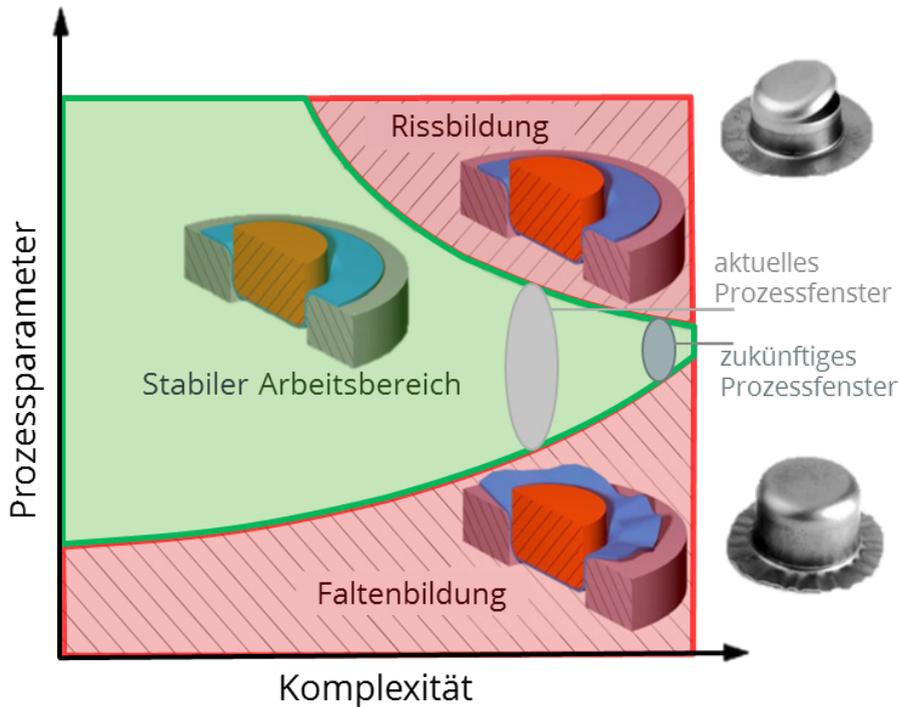


Abbildung 3: Prozessstabilität bei der Blechumformung

Der Materialfluss beim Tiefziehen entscheidet in besonderem Maße über die Qualität des herzustellenden Produkts (z. B. Falten- und Reißerbildung, Rückfederung und Oberflächenfehler wie Laufkanten). Ein identischer Flanscheinzug der Platine ist dabei ein wichtiger Indikator für eine möglichst konstante Formänderungsverteilung. In Abbildung 3 ist ersichtlich, dass sich das stabile Prozessfenster für den **Flanscheinzug in Blechumformprozessen** zunehmend verkleinern wird.

Gründe hierfür sind unter anderem die Zunahme der Bauteilkomplexität z. B. aufgrund von Designmerkmalen oder veränderter Anforderungen an den Werkstoff. Damit einhergehend erhöht sich auch die Prozesskomplexität. Des Weiteren bringt der vermehrte Einsatz von schwer umformbaren Werkstoffen eine Erhöhung der Hubzahl mit sich.

Durch eine geeignete Wahl der Prozessparameter, wie beispielsweise der Schnittgeschwindigkeit oder der Schnittkraft und der Maschineneigenschaften, kann der Stabilitätsbereich jedoch erhöht werden.

Maßgeblich für die Beeinflussung des Werkstoffflusses ist die Blechhaltekraft. Der Werkstofffluss beeinflusst maßgeblich die Qualität und damit auch die Prozessstabilität. Die Blechhaltekraft kann durch Einarbeiten bzw. Tuschieren des Werkzeugs eingestellt werden. Geforderte Genauigkeiten führen hierbei zu einem immer höheren Aufwand, wobei bereits geringe Schwankungen z. B. der Blechdicke oder der Ölbenetzung, zu Instabilitäten im Prozess führen. Ziel ist es deshalb, eine aktive Regelung des Druckbildes mithilfe einer werkzeugintegrierten Aktorik und Sensorik zu realisieren.

Lösungsansatz

Wie eingangs erwähnt, wird für die Regelung von Fertigungsprozessen eine möglichst prozessnahe Sensorik benötigt, die den Ist-Zustand des Prozesses in Echtzeit erfasst. Das von den Sensoren aufgezeichnete Signal wird von der Maschine ausgewertet. Entstandene Abweichungen werden anschließend mittels eines Reglers berechnet. Dieser wird vorausgehend anhand simulativer und experimenteller Untersuchungen ausgelegt. Abschließend wird die Abweichung an das Stellglied übertragen, welches aktiv korrigierend in den Fertigungsprozess einwirkt.

Zur Regelung des Flanscheinzugs dienen Dehnmessstreifen und ein optisches Lasersystem als Prozesssensorik. Die piezoelektrischen Aktoren können außerdem als Stellglieder wirken.

Da die Druckverteilung im Werkzeug der wesentliche Prozessparameter beim Tiefziehen ist, soll das Druckbild durch eine aktive Matrize lokal gezielt beeinflusst werden. Die aktive Matrize existiert in Form einer im Werkzeug integrierten Aktorik. Piezoaktoren eignen sich hierfür in besonderem Maße, da sie sowohl robust und klein sind, als auch große Kräfte übertragen können. Welche Sensorik und Aktorik geeignet ist, hängt allerdings stark von dem jeweils zu regelnden Fertigungsprozess ab und muss im Einzelfall betrachtet werden. Der richtigen Auswahl und Auslegung der zur Regelung benötigten Sensoren und Aktoren kommt demnach eine Schlüsselrolle in der Umsetzung zu.

Praxis

Für die Herstellung eines Tiefziehteils wurden fünf Piezoaktoren in die Matrize integriert. Der Einfluss der Piezoaktoren auf den Umformprozess wird durch die an die Piezoaktoren angelegte elektrische Spannung gesteuert. In Abbildung 4 ist der Einfluss zweier Piezoaktoren auf die Rissbildung an der Flanke auf der gegenüberliegenden Seite in Abhängigkeit der angelegten elektrischen Spannung dargestellt.

Von Interesse ist nicht der durch die isolierte Betrachtung abgeleitete Einfluss einzelner Aktoren, sondern das komplexe Zusammenspiel dieser in Abhängigkeit von den sich ändernden Prozessparametern. Die Sensorik liefert Informationen über den benötigten Input eines jeden Piezoaktors, während das optische Lasersystem den Prozess überwacht und Rückschlüsse auf Riss- oder Faltenbildung liefert.

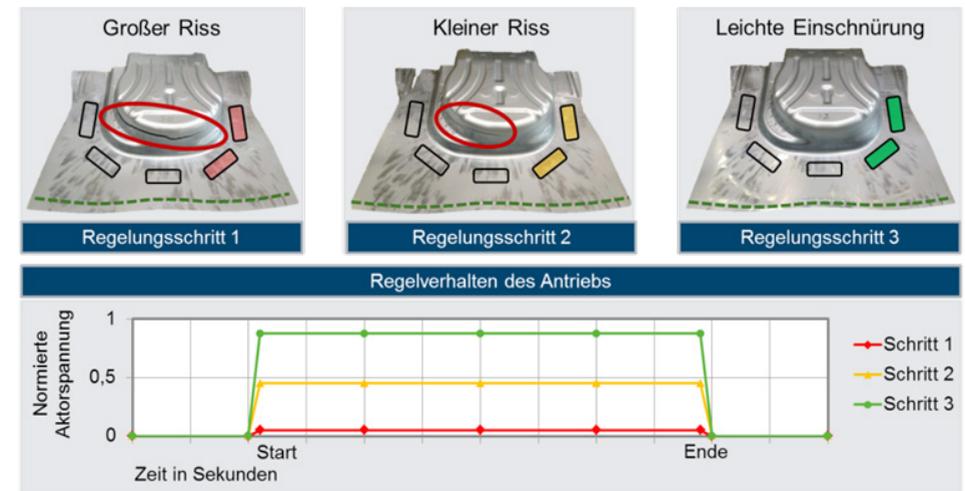


Abbildung 4: Abhängigkeit des Flanscheinzugs von der Regelspannung an den Piezoaktor

Fazit

Eine aktive Prozessregelung des Flanscheinzugs führt zu einer Stabilisation des Materialflusses. So wird die Qualität nicht nur maßgeblich gesteigert, sondern auch konstant auf einem hohen Niveau gehalten. Weiterhin kann eine Verkürzung der Gesamtprozesszeit und eine Senkung der Kosten aufgrund der Reduzierung des Materialausschusses erreicht werden. Die Möglichkeiten der Prozessregelung beschränken sich nicht auf Umform- und Zerspanprozesse. Im Allgemeinen lässt sich so gut wie jeder Produktionsprozess und jedes Fertigungsverfahren mit den richtigen Aktoren und Sensoren regeln. Das Mittelstand 4.0 Kompetenzzentrum Chemnitz hilft Ihnen gerne dabei, Verbesserungspotenziale in Ihrer Fertigung zu identifizieren.

Anmerkungen

Bäume, T.; Zorn, W.; Drossel, W.-G.; Rupp, G.(2015): Step by step control of a deep drawing process with piezo-electric actuators in serial operation, 4th International Conference on New Forming Technology (ICNFT 2015), Glasgow.

Birkert, A.; Haage, S.; Straub, M. (2013): Umformtechnische Herstellung komplexer Karosserieteile– Auslegung von Ziehanlagen, Springer Vieweg.

Bucht, A.; Pagel, K.; Zorn, W.; Kunze, H.; Drossel, W.-G. (2015): Potentiale von Smart Materials für die Regelung von Fertigungsprozessen, 3. Fachtagung »Sensitive Fertigungstechnik«, 05. November 2015, Magdeburg.

Klocke, F.; Wirtz, G.; Kratz, S.; Auerbach, T.; Veselovac, D. (2010): Modellbasierte und adaptive Regelung von Fertigungsprozessen, wt Werkstatttechnik online, Jahrgang 100 (2010) H. 11/12, S. 907 ff.

Mainda, P. (2012): Piezoelektrische Aktoren in Presswerkzeugen zur Beeinflussung des Umformprozesses, Dissertation an der TU Chemnitz.

Smart³, SensoTool, Die taktile Werkzeugmaschine (16.03.2018).

Autoren

Roman Elsner studierte Wirtschaftsingenieurwesen in der Fachrichtung Maschinenbau an der RWTH Aachen. Er arbeitet seit seinem Abschluss als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik (IWU) in der Hauptabteilung Mechatronik am Standort in Dresden. Im Kompetenzzentrum beschäftigt er sich mit den Themen Prozessüberwachung und -regelung sowie Sensorintegration.

roman.elsner@betrieb-machen.de

Wolfgang Zorn studierte Mechatronik an der TU Dresden. Seit seinem Abschluss im Jahr 2013 arbeitet er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik (IWU) und leitet seit April 2015 die Gruppe Intelligente Produktionssysteme.

info@betrieb-machen.de

Martin Ettrichrätz studierte ebenfalls Mechatronik an der TU Dresden und arbeitet seit 2016 als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Gruppe Intelligente Produktionssysteme am Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik (IWU) im Bereich der situativ-optimalen Zerspanung.

info@betrieb-machen.de

Weitere Informationen

Das Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Chemnitz gehört zu Mittelstand-Digital. Mit Mittelstand-Digital unterstützt das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie die Digitalisierung in kleinen und mittleren Unternehmen und dem Handwerk.

Was ist Mittelstand-Digital?

Mittelstand-Digital informiert kleine und mittlere Unternehmen über die Chancen und Herausforderungen der Digitalisierung. Regionale Kompetenzzentren helfen vor Ort dem kleinen Einzelhändler genauso wie dem größeren Produktionsbetrieb mit Expertenwissen, Demonstrationszentren, Netzwerken zum Erfahrungsaustausch und praktischen Beispielen. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie ermöglicht die kostenlose Nutzung aller Angebote von Mittelstand-Digital. Weitere Informationen finden Sie unter www.mittelstand-digital.de

IMPRESSUM:

Herausgeber:

Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Chemnitz
Geschäftsstelle
c/o Technische Universität Chemnitz
Prof. Dr.-Ing. habil. Ralph Riedel
DE – 09107 Chemnitz
Tel: 0371 531 19935
Fax: 0371 531 819935
E-Mail: info@betrieb-machen.de
Web: www.betrieb-machen.de
www.kompetenzzentrum-chemnitz.digital

Redaktion & Gestaltung

Roman Elsner, Martin Ettrichrätz, Romy Uhlig, Wolfgang Zorn

Druck:

WIRmachenDRUCK

Bildnachweis Titel:

Fraunhofer IWU