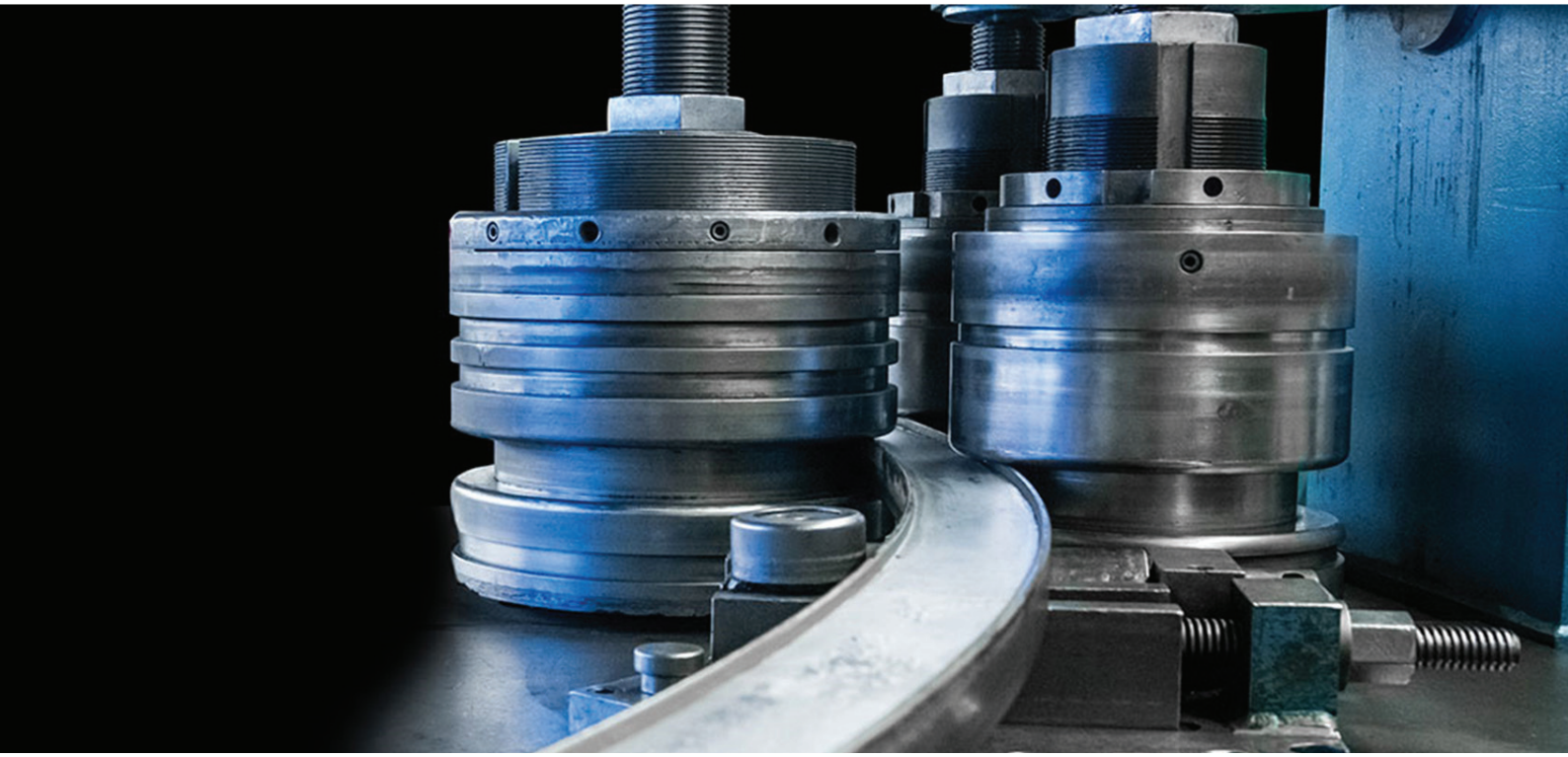

Christian Kubik, Thomas Kessler, Dominik Huttel, Peter Groche

Profilbiegen – Industrie 4.0-Ansätze für die Qualitätskontrolle

Das Drei-Rollen-Profilbiegen von Metallbauteilen hat den Vorteil einer hohen Flexibilität hinsichtlich der fertigbaren Konturen. Durch den geringen Automatisierungsgrad und die weitgehend manuelle Qualitätskontrolle ist das Verfahren jedoch personal- und zeitintensiv. Das Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Darmstadt hat gemeinsam mit der Herkules Wetzlar GmbH ein Handmessgerät prototypisch umgesetzt, das die Profilkontur von Biegeteilen erfasst und digitalisiert. Damit können die Prozessnebenzeiten – je nach Biegeteil – um bis zu 70 Prozent reduziert werden. Zusätzlich wurde ein Konzept erarbeitet, das eine durchgängige Produktdatenerfassung und -nutzung vorsieht. Mittel- bis langfristig können so die Prozessabläufe in Produktion sowie Wissens- und Qualitätsmanagement verbessert werden.

Hintergrund: Profilbiegen

Gebogene Profile haben als Struktur- und Designelemente ein breites Anwendungsspektrum, vom Schienen- und Schiffsbau bis hin zum Automobilbau und Baugewerbe. Daraus resultiert eine Vielzahl unterschiedlicher Profilmaterialien, -querschnitte, -konturen und -größen. Das Drei-Rollen-Profilbiegen ist flexibel genug, um dieser Produktvielfalt fertigungstechnisch gerecht zu werden. Durch seine nicht werkzeuggebundene Formgebung ist es zum einen möglich, mit einfachen Werkzeugen eine Vielzahl von Profilkonturen zu fertigen und zum anderen auf Schwankungen der Halbzeugeigenschaften zu reagieren. Die hohe Prozessflexibilität geht jedoch mit einem hohen Personal- und Zeitaufwand zum Einstellen des Prozesses einher. Grund hierfür ist der geringe Automatisierungsgrad.

Insbesondere die auf die Qualitätskontrolle entfallenden Prozessnebenzeiten tragen zu dem hohen Personal- und Zeitaufwand bei. Dies betrifft vor allem die manuelle Vermessung der Profilkontur und Anpassung des Biegeprozesses.

Der hohe Zeit- und Personalaufwand erhöhen die Kosten der Biegeteilfertigung. In Kombination mit einem zunehmenden Fachkräftemangel gefährdet dies die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen am Produktionsstandort Deutschland und stellt insbesondere kleine und mittlere Unternehmen vor Herausforderungen.

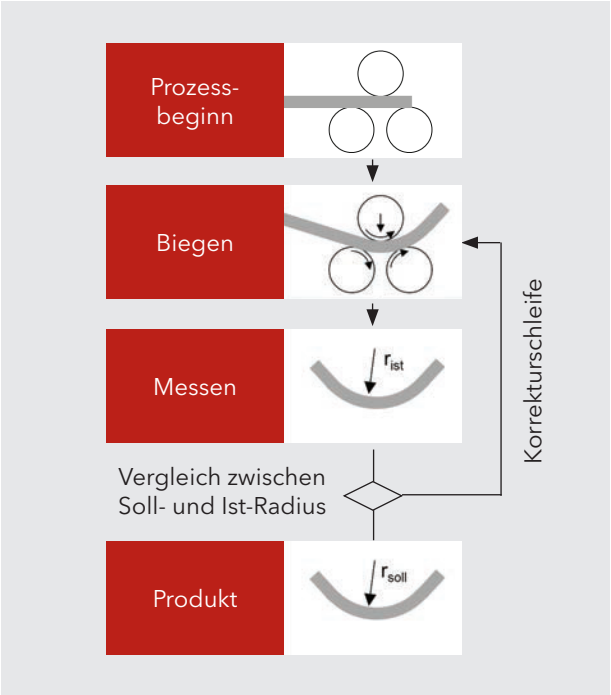

Abbildung 1: Prozessführung beim Drei-Rollen-Profilbiegen (vgl. Kessler et al. (2018))

Industrieller Standard im Drei-Rollen-Profilbiegen

Abbildung 1 zeigt schematisch den Prozessablauf beim Drei-Rollen-Profilbiegen. Zunächst wird das Profil in die Biegemaschine eingelegt und basierend auf der Erfahrung des Personals in einer ersten Biegung umgeformt. Anschließend wird die Profilkontur meist manuell vermessen – mithilfe von Schablonen, 1:1-Anrissen auf dem Hallenboden und Ersatzgrößen wie Sekanten- und Stichmaßen zur Bestimmung des Biegeradius. Stimmen die erfassten Biegeradien und Konturdaten nicht mit der Soll-Geometrie des zu fertigenden Bauteils überein, wird eine Korrekturbiegung vorgenommen. Dies erfolgt solange, bis das Sollmaß erreicht ist. Bei Bauteilen mit Profillängen von bis zu 24 Metern können sich diese Nebenzeiten auf bis zu 70 Prozent der Gesamtprozesszeit aufsummieren. Zusätzlicher Zeitaufwand fällt meist noch an, wenn eine Dokumentation des Prozesses erstellt werden soll, da diese in der Regel ebenfalls nicht automatisch bzw. digital erfolgt.

Der industrielle Standard im Drei-Rollen-Profilbiegen ist demnach stark durch das bedienende Personal geprägt: Für die Anpassung des Prozesses und die Fertigung eines Biegeteils sind die Erfahrung und das Wissen des Personals wesentliche Erfolgsfaktoren. Damit weist das Drei-Rollen-Profilbiegen im Vergleich zu anderen industriellen Fertigungsverfahren einen sehr geringen Automatisierungs- und Digitalisierungsgrad auf. Dies liegt auch daran, dass es an industrietauglicher Messtechnik zur Erfassung der Profilgeometrie mangelt. Um die Grundlagen für eine industrielle Umsetzung von Automatisierungslösungen zu schaffen und das Personal bei der Prozessführung zu unterstützen, besteht daher noch ein hoher Entwicklungsbedarf.

Qualitätskontrolle bei der Herkules Wetzlar GmbH

Die in Solms-Oberbiel ansässige Herkules Wetzlar GmbH hat ihre Kernkompetenz im Bereich des Biegemaschinenbaus sowie der Lohnfertigung von gebogenen Profilen. Das Prod uktspektrum in der Lohnfertigung umfasst dabei Querschnittsgrößen von wenigen Millimetern bis hin zu mehreren hundert Millimetern und Profillängen bis zu 24 Metern. Um die Qualitätskontrolle der Biegeteile einfacher und effizienter zu gestalten und die Grundlagen für eine Prozessautomatisierung zu schaffen, wandte sich die Herkules Wetzlar GmbH an das Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Darmstadt.

Zu Beginn der Zusammenarbeit führten die Experten des Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Darmstadt gemeinsam mit den Mitarbeitern der Herkules Wetzlar GmbH eine Analyse vorhandener Messsysteme zur Konturvermessung durch. Sie ergab, dass die bestehenden technischen Messverfahren nicht ausreichend genau oder nur eingeschränkt einsetzbar sind. Um Profilkonturen in der Fertigung mit der industriell geforderten Genauigkeit vermessen zu können, wurde daher ein neues Messkonzept verfolgt.

Prototypische Umsetzung eines Handmessgeräts

Gemeinsam entwickelten die Experten des Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrums Darmstadt mit der Herkules Wetzlar GmbH ein prototypisches Handmessgerät zur Erfassung und Digitalisierung der Profikonturen von Biegeteilen.

Abbildung 2 zeigt die Funktionsweise des Messgeräts: Durch manuelles „Abfahren" des Biegeteilprofils erfasst das Messgerät die Profilkontur.

Die gewonnenen Konturdaten dienen einerseits dazu, die Krümmung in Abhängigkeit von der Bogenlänge des Profils zu ermitteln und ermöglichen es andererseits, die Profilkontur als Ganzes zu rekonstruieren.

Die Messergebnisse werden dem Anlagenbediener digital zur Verfügung gestellt und visualisiert. So kann das Personal durch einen digitalen Soll-Ist-Abgleich der Profilkontur Abweichungen einfach und zeitsparend quantifizieren und lokalisieren.

Um die Messgenauigkeit des Handmessgeräts zu untersuchen, wurden die Außenkonturen verschiedener Profile mit dem entwickelten Prototyp und mit einem optischen 3D-Scanner gemessen. Anschließend wurden die digitalisierten Konturen anhand des Biegewinkels und der Konturabweichung abgeglichen. Der Abgleich der Messergebnisse zeigte sehr geringe Abweichungen.

Neben der Umsetzung des Handmessgeräts erarbeiteten die Experten des Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrums Darmstadt mit der Herkules Wetzlar GmbH ein Konzept zur ganzheitlichen Nutzung der gewonnenen Produktdaten in der Fertigung von Biegeteilen (siehe Abbildung 3). Alle Daten der Auftragsabwicklung, Produktentwicklung und Beschaffung – vom Auftrag über die Ressourcen- und Fertigungsplanung (ERP und MES) sowie das Produktdatenmanagement (PDM) bis hin zur Bauteilkonstruktion (CAD) – werden zentral gespeichert und mit den, über das Handmessgerät erfassten, tatsächlichen Produktdaten verknüpft.

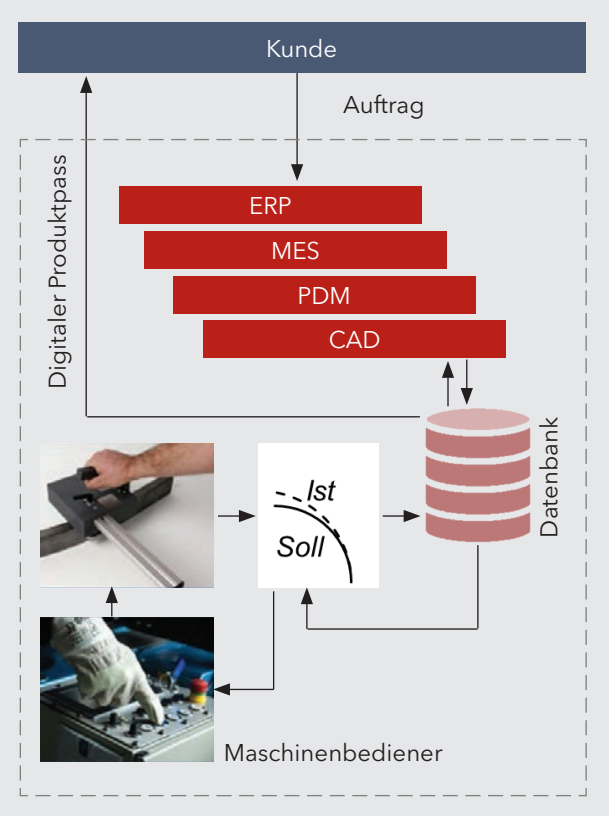

Abbildung 3: Ganzheitliche Datennutzung in der Produktion von Biegeteilen

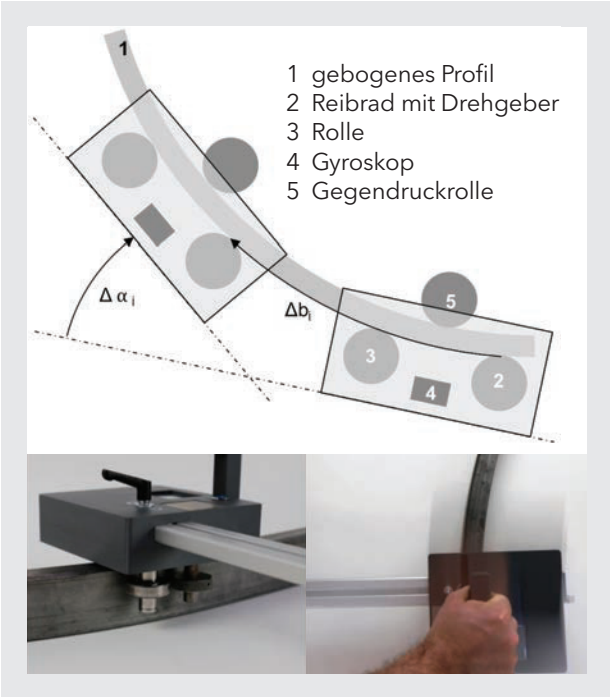

Abbildung 2: Funktionsprinzip des Messgeräts und Prototyp (vgl. Kessler et al. (2018))

Direkter und perspektivischer Nutzen für die Herkules Wetzlar GmbH

Ein direkter Nutzen des Handmessgeräts für die Herkules Wetzlar GmbH ist der messtechnisch erfasste Soll-Ist-Vergleich der Profilkontur von Biegeteilen und die daraus resultierende Zeitersparnis bei der Qualitätskontrolle. Bei der Herkules Wetzlar GmbH macht diese Zeiteinsparung – je nach Biegeteil – zwischen 30 und 70 Prozent aus.

Durch eine Realisierung des Konzepts zur ganzheitlichen Datennutzung wird zudem eine durchgängige Produktdatenerfassung möglich. Die so gesammelten Informationen können dann mittel- bis langfristig für die weitere Prozessverbesserung genutzt werden:

- In der Produktion: Durch die mit dem Handmessgerät gesammelten Daten werden die einzelnen Prozessschritte transparenter. Mittel- bis langfristig können so optimierte, standardisierte Prozessfolgen definiert werden und Abläufe für die Bauteilrückverfolgung abgeleitet werden. Dies trägt zur weiteren Verringerung der Durchlaufzeiten bei.

- Im Wissensmanagement: Durch die Aufbereitung von Prozessdaten zur Bereitstellung des Wissens und der Produktionshistorien kann das bedienende Personal bei der Prozessführung unterstützt und die Ausbildungszeit neuer Fachkräfte verkürzt werden.

- Im Qualitätsmanagement: Durch die digitale Produktdatenerfassung kann die Qualitätssicherung unterstützt und deren (digitale) Dokumentation erleichtert werden. Denkbar ist auch, die digitalen Produktdaten für die Nachweispflicht nach ISO 9001:2015 (Qualitätsmanagement) einzusetzen.

- Im Customer Relationship Management: Wird das Konzept zur ganzheitlichen Datennutzung umgesetzt, können Auftrag und Produkt in einem „digitalen Produktpass" miteinander verknüpft werden. Dadurch können den Kunden der Auftragsstatus und die erhobenen Produktdaten bereitgestellt werden.

Fazit und Ausblick

Das Handmessgerät hat das Potenzial, sich in der industriellen Fertigung als Messmittel zu etablieren. Bei der Vermessung komplexer Profilkonturen spart es viel Zeit gegenüber manuellen Vermessungsmethoden.

Zugleich wird durch die digitale Produktdatenerfassung mit dem Handmessgerät das Fundament für erste Industrie 4.0-Ansätze gelegt: Die Digitalisierung und Überwachung von Bauteileigenschaften stellen eine Grundlage für die langfristige Produktionsoptimierung und -vernetzung dar.

Das mit dem Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Darmstadt durchgeführte Umsetzungsprojekt und die erarbeiteten Ergebnisse lieferten den Impuls für ein weiterführendes Projekt der Herkules Wetzlar GmbH in Kooperation mit dem Institut für Produktionstechnik und Umformmaschinen (PtU) der TU Darmstadt. Dieses wird im Rahmen von Hessen ModellProjekte aus Mitteln der *LOEWE – Landes-Offensive zur Entwicklung Wissenschaftlich-ökonomischer Exzellenz, Förderlinie 3: KMU-Verbundvorhaben* gefördert. Im Rahmen dieses Projekts wird unter anderem das Handmessgerät weiterentwickelt. Teile der in diesem Beitrag vorgestellten Ergebnisse stammen aus diesem Projekt.

Literatur

Kessler T., Huttel D., Kilz J., Groche P.: Profilbiegen 4.0 –Roadmap für die Automatisierung des Drei-Rollen-Profilbiegens, In: 13. Umformtechnisches Kolloquium Darmstadt (Tagungsband), 2018

Kessler, T., Traub, T.; Groche, P.: Perspektiven der Automatisierung von Biegeprozessen, In: 33. ASK Umformtechnik (Tagungsband), Aachen, 2019

Autoren

M. Sc. **Thomas Kessler** ist seit 2014 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Produktionstechnik und Umformmaschinen (PtU) tätig. In der Fachabteilung Prozessketten und Anlagen sind seine Forschungsschwerpunkte Prozessautomatisierung und Sensorsysteme im Bereich der Profilumformung.

M. Sc. **Christian Kubik** ist seit 2019 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Produktionstechnik und Umformmaschinen (PtU) tätig. In der Fachabteilung Prozessketten und Anlagen ist sein Forschungsschwerpunkt die Prozessanalyse in der Blechumformung als Grundlage einer digitalen Produktion.

Dr.-Ing. **Dominik Huttel** promovierte 2015 am Institut für Produktionstechnik und Umformmaschinen (PtU) und übernahm im Anschluss die Geschäftsführung der Herkules Wetzlar GmbH.

Peter Groche, Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing., ist seit 1999 Leiter des Instituts für Produktionstechnik und Umformmaschinen (PtU) der Technischen Universität Darmstadt.

.

Mit praxisorientierten Angeboten begleitet das Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Darmstadt produzierende mittelständische Unternehmen zu folgenden Schwerpunkten bei der Digitalisierung:

- Arbeit – Auswirkungen des digitalen Wandels für die Arbeitswelt erkennen und nutzen
- Effizienz – Unternehmensprozesse mit digitalen Technologien optimieren
- Energie – Einsparpotenziale der Digitalisierung erkennen und realisieren
- Ideen – Chancen des digitalen Wandels erkennen und neue Geschäftsmodelle entwickeln
- Sicherheit – IT-Risiken der digitalen Vernetzung effizient adressieren

www.kompetenzzentrum-darmstadt.digital

Mittelstand 4.0
Kompetenzzentrum
Darmstadt