

Einfluss der mechanischen Bearbeitung von Tiefziehwerkzeugen auf Messgrößen an der Einarbeitungspressen

Richard Krimm

Auf Grund der komplexen Wechselwirkungen zwischen Maschine, Werkzeug, Material und Befettung ist es noch nicht möglich, Tiefziehwerkzeuge so zu konstruieren und zu fertigen, dass beim ersten Hub ein Gutteil produziert wird. Insbesondere der Einfluss der Maschine auf das Tiefziehergebnis lässt sich bei der Werkzeugherstellung kaum berücksichtigen. Um den Einarbeitungsvorgang zu verkürzen, befasst sich dieser Beitrag mit dem Einfluss von werkzeugseitigen Einarbeitungsmaßnahmen auf Try-Out-Pressen. Die Detektierbarkeit von Werkstückfehlern in maschinenseitigen Messgrößen, wie z. B. Falten oder Reißer, wird anhand eines Beispiels dargestellt. Das Ergebnis ist unerfreulich. Die teilweise nur sehr geringen Abarbeitungsvolumina am Werkzeug lassen sich mit herkömmlichen Messmethoden an der Maschine nicht erfassen.

Mit neuen, direkt aus der spanenden Endbearbeitung kommenden Karosseriewerkzeugen ist in der Regel keine Herstellung von Teilen möglich, die heutigen Qualitätsanforderungen genügen. Faktisch weisen die ersten Pressesteile, die mit neuen Ziehwerkzeugen, mit in der Praxis vorkommender, nicht trivialer Geometrie gepresst werden, Reißer, Falten oder andere Fehler auf. Aus diesem Grund ist eine, im Allgemeinen als Einarbeitung bezeichnete, manuelle Nachbearbeitung des Werkzeuges notwendig. Um den Ausfall an Produktionszeit auf den Produktionspressen mit sehr hohen Stundensätzen so gering wie möglich zu halten, wird die Einarbeitung meist in zwei Teilschritten durchgeführt (Bild 1).

Zunächst wird das neue Werkzeug auf einer Einarbeitungspressen (Try-Out-Pressen) so lange nachgearbeitet und die Maschineneinstellungen (Presskraft, Ziehkissenkraft, Stößelkissenkraft) variiert, bis hier die herzustellenden Blechteile fehlerfrei erzeugt werden können.

Das Werkzeug wird anschließend in die Produktionspressen eingebaut. Beim ersten Anfahren kommt es hier

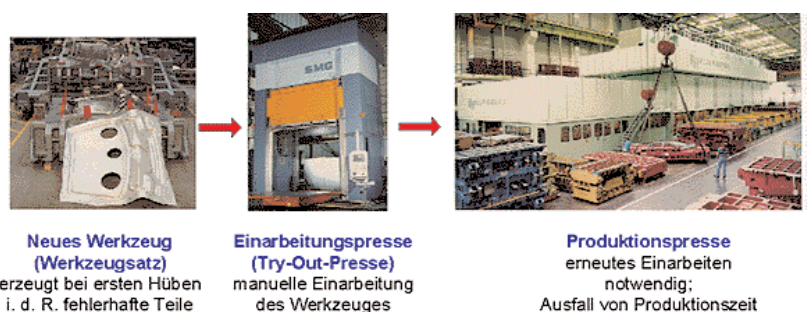
auf Grund des gegenüber der Einarbeitungspressen unterschiedlichen Maschinenverhaltens erneut zur Fehlern am Pressteil, was zusätzliche Nacharbeiten erforderlich macht. Nach [3] entfallen etwa 12 % der Gesamtnutzungszeit von Produktionspressen auf das Einarbeiten neuer Werkzeuge, so dass hier ein erhebliches Einsparpotenzial gegeben ist, wenn die Verkürzung des Vorganges insgesamt oder auch eine weitere Verlagerung von Einarbeitungszeit auf Try-Out-Pressen gelingt. Hierfür ist es erforderlich, dass die verwendete Try-Out-Pressen die wesentlichen Eigenschaften der vor-

gesehenen Produktionspressen nachzubilden in der Lage ist. Das Projekt wurde angeregt vom Arbeitskreis IX des FWF. Anlass war der Vorschlag eines Forschungsprojektes durch das IFUM, das sich mit der Gestaltung künftiger Einarbeitungspressen befassen sollte.

Zusammenhang zwischen Einarbeitungsmaßnahmen und Messgrößen

Ziel der Untersuchung war die Klärung der Frage, ob die Einarbeitungsmaßnahmen am Werkzeug

Bild 1 Problemfeld Einarbeitung



durch messbare Größen an der Umformmaschine zu erfassen sind. Die an der Maschine parallel zu den Probe-pressungen aufgenommenen Messgrößen sollten den am Werkzeug durchgeführten Änderungen gegenüber gestellt und die Grenzen der Messbarkeit von Einarbeitungsmaßnahmen an der Maschine festgestellt werden.

Des Weiteren war zu prüfen, ob die komplexen Zusammenhänge zwischen pressenseitigen Einflussgrößen und den Eigenschaften entstehender Werkstücke in Form einer Matrix darstellbar sind (Bild 2).

Problem der Überlagerung

Die Beobachtung der Einarbeitung von realen Werkzeugen führt zu der Feststellung, dass zwischen zwei Probe-pressungen nicht nur eine, lokal begrenzte, sondern sehr oft mehrere Maßnahmen verschiedener Art durchgeführt werden. Die Maßnahmen überlagern sich in ihrer Wirkung sowohl auf die Presse- als auch auf die Messgrößen. Des Weiteren sind die realen Maßnahmen am Werkzeug selbst, die aus Abschleifen oder Polieren der formgebenden Werkzeugkontur oder der blechhaltenden Teile bestehen, in Ausdehnung und Abschleiftiefe nur mit außerordentlich hohem Aufwand messtechnisch erfassbar. Der einzelne Versuch kann nicht wiederholt werden, da die Veränderungen am Werkzeug nicht rückgängig gemacht werden können. Aus diesem Grund wurden gezielte Maßnahmen an einem Versuchswerkzeug durchgeführt.

Definierte Änderungen am Umformprozess

Zur Untersuchung einzelner Maßnahmen sind Versuche an einer am IFUM vorhandenen, einfachwirkenden Presse durchgeführt worden. Hierbei wurden Veränderungen am Werkzeug systematisch definiert und vorgenommen (Bild 3). Die berücksichtigten Messgrößen waren bei der mechanischen Presse: Die Kräfte im Pleuel und den Niederhalterdruckbolzen, die Stößelkippfung sowie der Versatz zwischen Tisch und Stößel.

Realer Einarbeitungsvorgang

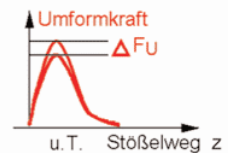
Um Ergebnisse aus einem dem Stand der Technik entsprechenden Einarbei-

Bild 2 Zielsetzung

- Korrelation der Einarbeitungsmaßnahmen mit den messtechnisch erfassbaren Prozessgrößen



- Aufzeigen der Grenzen, bis zu denen Einarbeitungsmaßnahmen einen signifikanten Einfluss auf die Änderung der Messgrößen haben



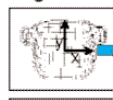
- Bewertung der Machbarkeit für die Aufstellung einer Einflussmatrix

	Messgrößen			
Qualitätsmerkmale	X			X
		X	X	X
	X	X	X	X
		X	X	X

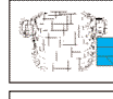
Bild 3 Nachbildung von Einarbeitungsmaßnahmen

Nachbildung von Änderungen am Werkzeug durch Papierauflage/Platinenabschliff:

Niederhalter: Auflagedicke



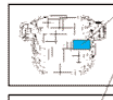
Niederhalter: Auflagefläche



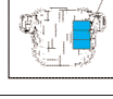
Niederhalter: Abschleiftiefe



Stempel: Auflagedicke



Stempel: Auflagefläche



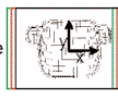
Papierauflage bzw. Platinenabschliff

Veränderung der Produktionsumgebung:

Ziehkissen-
druck



Platine: drei verschiedene Einlegeorte



Platine: Zuschnitt in der Breite variiert



Platine: Rauigkeit, drei Varianten



Platine: Schmierung, drei Varianten

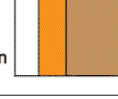
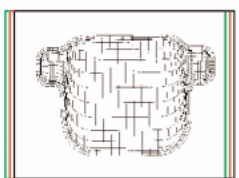


Bild 4 Presseansicht bei Variation des Einlegeortes



mittig (Gutteil)



← X - 5 mm außermittig
← X - 10 mm außermittig



X - 5 mm außermittig (Falten)



X - 10 mm außermittig (Falten und Reißen)

tungsvorgang zu erzielen, wurde die Einarbeitung eines realen Werkzeuges bei einem Automobilhersteller verfolgt. Die Drücke der Kraft aufbringenden Zylinder der hydraulischen Presse, Kippung und Versatz zwischen Tisch und Stößel sowie die Kräfte in den äußeren Niederhalterdistanzen bildeten hier die Messgrößen. Verwendet wurde ein dreifachwirkendes Werkzeug zur Herstellung eines Heckklappeninnenteils. Änderungen in den Messgrößen zwischen den Probepressungen wurden mit den jeweils durchgeführten Veränderungen am Werkzeug in Zusammenhang gebracht.

Bauteilfehler in Messgrößen erkennbar

Neben einigen Aspekten zur Auswirkung der Verformung des Ziehapparates auf die Kräfte in den Niederhalterdruckbolzen konnte bei den Untersuchungen mit definierten Änderungen am Umformprozess gezeigt werden, dass das Auftreten von Reißen, die das Bauteil dominieren, in mehreren Messgrößen sichtbar ist.

Bild 4 zeigt die Veränderungen am Blechteil, wenn die Platine um 5 bzw. 10 mm nach links verschoben in das Werkzeug einlegt wird. Vom Gutteil abweichend bilden sich auf der einen Seite Falten im formgebenden Teil der Werkzeugkontur, auf der anderen Reißen. Das Auftreten dieses Reißers ist in vielen Messgrößen wiederzuerkennen.

Betrachtet man die zeitabhängig dargestellte Umformkraft (Bild 5), zeigt sich ein signifikanter Einbruch des Kraftverlaufes (grün) beim Reißen des Bleches bei 10 mm außermittig eingelegten Platinen (Bild 4, rechts).

Dieser Einbruch entsteht beim Reißen des Bleches durch die plötzliche Entlastung der am Stößel montierten Matrize. Er ist somit eine Folge des Reißens, nicht aber dessen Ursache.

Die im Bild 6 dargestellten Kippungsverläufe um die Y-Achse (parallel zum Reißer, vgl. Bild 3) weisen beim Reißen des Bleches durch die plötzliche Entlastung eine signifikante Verlaufsänderung auf. Die Richtung (Vorzeichen) der beim Reißen des Bleches auftretenden Kippungsänderung gibt Aufschluss über die Seite der Kippachse, auf der sich der Reißer be-

Bild 5 Umformkraft bei Variation des Platineneinlegeortes

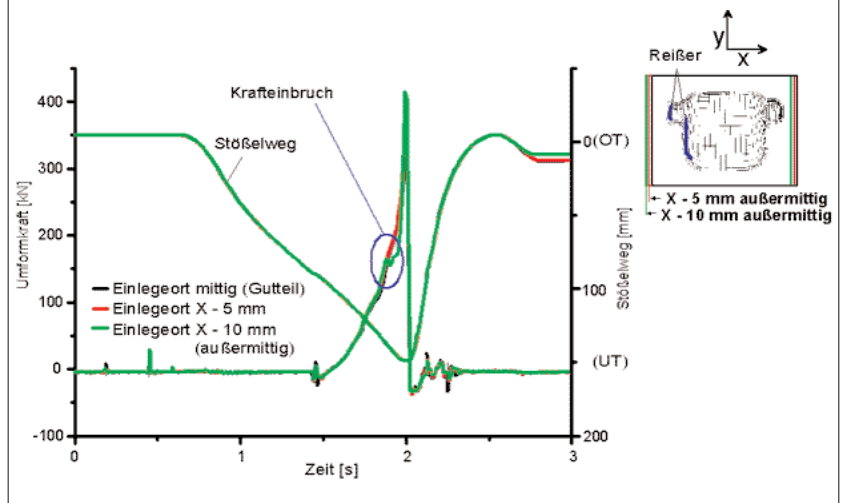


Bild 6 Stößelkippung bei Variation des Platineneinlegeortes

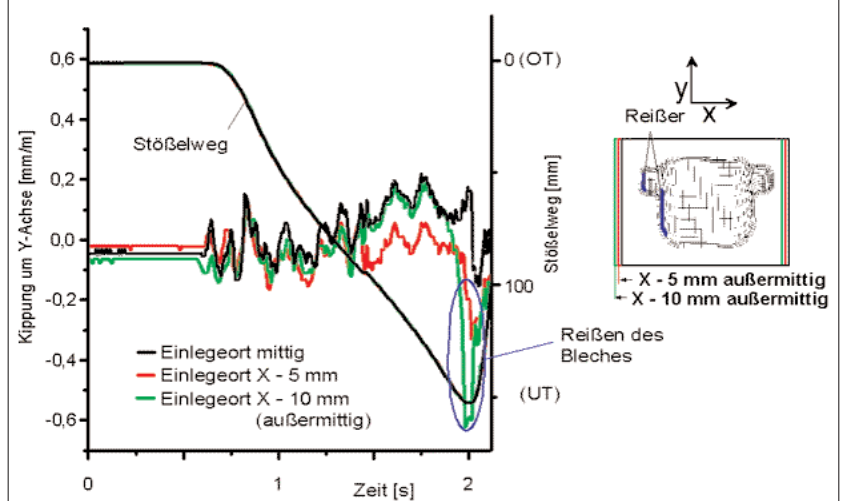
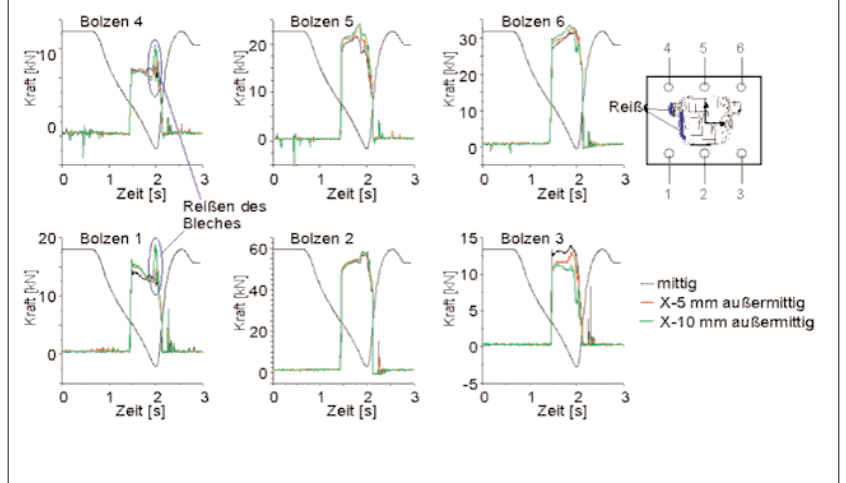


Bild 7 Niederhalterbolzenkräfte bei Variation des Platineneinlegeortes



findet. In den Kippungsverläufen um die X-Achse wirkt sich dies nicht so gravierend aus, da der Reißer nahezu symmetrisch unter der Achse liegt. Die Änderungen im Kippungsverlauf sind nicht die Ursache, sondern eine Folge der Veränderungen am Blechteil.

Auch im Verlauf der Kräfte in den Niederhalterbolzen (Bild 7) kann man die erhöhte Kraft zwischen Niederhalter und Matrize auf der Seite des Reißers durch den Entlastungsruck erkennen.

Die Zusammenhänge zwischen Einarbeitungsmaßnahmen und Bauteilfehlern einerseits und den Messgrößen an der Maschine andererseits können anhand der vorhandenen Ergebnisse nicht quantifiziert werden. Verschiedene Faktoren überlagern sich in den gemessenen Größen.

Tabelle 1 zeigt die bei den Messungen parallel zu einem realen Einarbeitungsvorgang erkannten Einflüsse auf die Messbarkeit von Bauteilfehlern. Insbesondere ist festzustellen, dass grobe Bauteilfehler wie starke Falten oder große Reißer erkennbar sind, nicht aber kleinere Bauteilfehler. Genaue Aussagen über Ort, Lage und Ausdehnung auftretender Bauteilfehler können nicht immer getroffen werden.

Dennoch änderten sich Messgrößen während des realen Einarbeitungsvorganges in einigen Fällen. Tabelle 2 fasst die bei den Messungen parallel zu einem realen Einarbeitungsvorgang aufgenommenen Mess- und Kenn-

Bild 8 Struktur der Einarbeitung

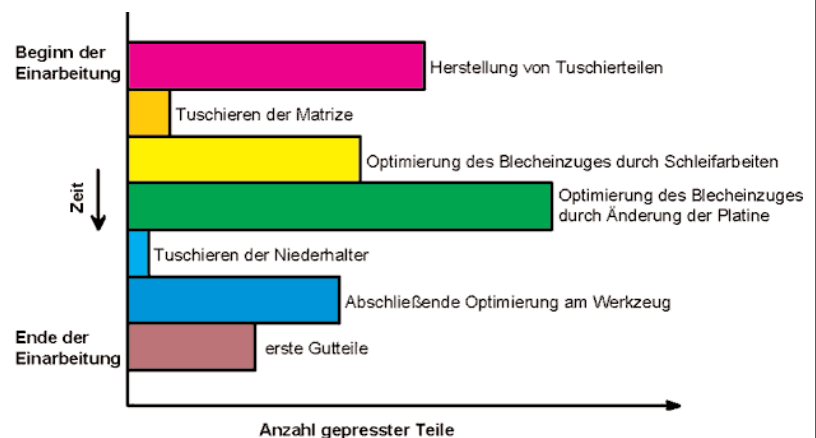


Bild 9 Stößelkippung bei der Pressung von Gutteilen

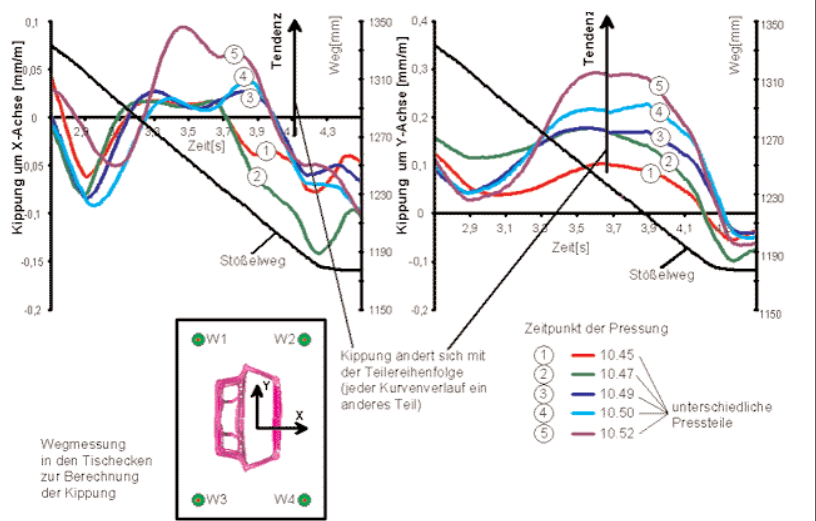


Tabelle 1 Einflüsse auf die Messbarkeit von Bauteilfehlern

Was beeinflusst die Messbarkeit von Bauteilfehlern?

- Maschinenbetriebsart (Kraft-/Weggebunden, Einrichten/Einzelhub)
- Orientierung Des Bauteilfehlers (senkrecht/waagrecht)
- Ausdehnung des Reißers relativ zu Werkzeug und Presse
- Ort des Reißers im Werkzeug
- Konstruktion des Werkzeuges
- Einstellung der Maschinenregelung
- dynamische Eigenschaften der Maschine (bedingt)
- Temperaturverteilung in Maschine und Werkzeug (Anfahreffekte, nachfolgend dargestellt)
- Schmier- und Verschleißzustand der Maschine
- Überlagerung von: mehreren Bauteilfehlern, Einarbeitungsmaßnahmen, oben genannten Effekte

Tabelle 2 Messgrößen und Einflüsse

Messgröße:

- Kippung zw. Tisch und Stößel
- Distanzkräfte/Blechhaltekraft
- Ziehkräften
- Versatz zw. Tisch und Stößel
- Stößelkraftangriffspunkt
- Stößelgesamtkraft
- Stößelzylinderkräfte
- Stößelkissenkraft

Beeinflussung durch:

- im Einrichtbetrieb durch große Reißer, Anfahreffekte
- Folien auf Distanzen, Papier auf dem Blechhalter, Änderung des Platineneinlegeortes, Schleifen an Ziehleistenradien und am Blechhalter
- im Einzelhubbetrieb durch große Reißer an bestimmten Orten, Anfahreffekte
- Anfahreffekte
- Anfahreffekte
-
- Anfahreffekte
-

größen an der Maschine zusammen und nennt die teilweise schon erläuterten Einflüsse.

Einarbeitung eines Praxiswerkzeuges

Nach dem ersten Einbau des Werkzeuges wurden zunächst Pressteile hergestellt, die zum Tuschieren der Matrize geeignet sind. Diese Teile dürfen keine großen Reißer im formgebenden Bereich des Werkzeuges haben. Man erreicht dies durch Maßnahmen, die am Werkzeug keine bleibenden Änderungen verursachen (Variation der Maschineneinstellungen, Papierauflagen auf Distanzen oder Niederhalter). Beim Tuschieren der Matrize werden die zuvor erzeugten Teile mit Farbe bestrichen, in die Werkzeugkontur eingelegt und ohne Niederhalterkräfte belastet. Zwischen den Druckbelastungen wird die Matrize schleifend und polierend bearbeitet, um ein gleichmäßiges Druckbild bei den Probelastungen zu erzeugen.

Bei den folgenden Probepressungen wurde der Blecheinzug in die Werkzeugkontur durch Schleifarbeiten an Ziehleistenradien und den Blech haltenden Flächen so weit wie möglich optimiert, ohne den Zuschnitt der eingelegten Blechplatte zu ändern. Nachdem mit diesem Vorgehen keine weitere Verbesserung des Bauteils zu erreichen war, wurde der Platinzuschnitt solange unter Anwendung von Erfahrungswissen verändert, bis nur noch kleine, lokale Bauteilfehler auftraten (Einschnürungen und Prozessunsicherheiten). Diese wurden durch sehr geringes Nachschleifen bzw. Polieren von Radien in der Matrize beseitigt, bevor die ersten Gutteile entstanden.

Anfahreffekte

Presst man nach der Einarbeitung des Werkzeuges auf der Try-Out-Pressen die ersten Gutteile in kurzen Zeitabständen, führt dies zu einer Erwärmung von Maschinenkomponenten und des Werkzeuges. Die Temperaturänderungen führen zu Änderungen der Spiele und Abmaße im Werkzeug und zu einer geringen Viskositätsänderung des im Antrieb der hydraulischen Presse sowie an den Führungen vorhandenen Öls. Die Viskositä-

ten der verwendeten Schmierstoffe am Blech und in der Maschine ändern sich. Das System aus Blech, Maschine und Werkzeug reagiert so empfindlich auf diese Änderungen, dass sie sich in den meisten Messgrößen niederschlagen. Beispielhaft sind in Bild 9 die Verläufe der Stößelkippungen bei der Pressung von fünf Gutteilen in kurzen Zeitabständen dargestellt. Der hier gemessene Betrag ist mit ca. 0,2 mm/m zwar klein, die Änderung ist als Tendenz jedoch erkennbar.

Die Bauteile hingegen weisen keine sichtbaren Unterschiede auf. In den vorhergehenden Einarbeitungsphasen lagen die Probepressungen stets mehr als 30 min. auseinander, so dass bei jeder Pressung von einer kalten Presse und einem kalten Werkzeug ausgegangen werden kann. Die hierbei durch Bauteilversagen (Reißer, Falten) oder Prozessunsicherheiten (Einschnürungen, Pickel) verursachten Messgrößen-schwankungen lagen bezogen auf die Kippungswerte i. d. R. innerhalb des in Bild 9 dargestellten Bereiches für Gutteile.

Zusammenfassung

Die in Handarbeit vorgenommene Einarbeitung ist zur Zeit in der Blechumformung ein fester Bestandteil bei der Fertigung von Karosseriewerkzeugen und stellt einen sehr großen Anteil am Zeit und Kostenaufwand bei der Werkzeugherstellung dar. In der Praxis finden zwischen zwei Probepressungen fast immer mehrere und verschiedene Maßnahmen am Werkzeug statt. Um die Wirkung einzelner Maßnahmen festzustellen, wurden zunächst Messungen an einem Versuchswerkzeug mit einzelnen, nachgebildeten Einarbeitungsmaßnahmen durchgeführt. Anschließend wurden während des Einarbeitungsvorganges eines Praxiswerkzeuges Messgrößen an der Maschine und am Werkzeug aufgenommen und die Wirkung von Einarbeitungsmaßnahmen und Bauteilfehlern auf diese Messgrößen untersucht.

Allgemeingültig lässt sich aus den Ergebnissen ableiten, dass die Entstehung von Bauteilversagen wie Reißer oder Falten Messgrößenänderungen an der Maschine verursacht. Dies konnte anhand der Stößelkippung sowie der Niederhalterkräfte in beiden

Versuchsreihen (Praxiswerkzeug und Versuche im Institut) festgestellt werden. Der Einfluss auf weitere Messgrößen hängt von diversen Faktoren ab. Die Zusammenhänge sind messtechnisch nicht erfassbar, was eine Lokalisierung und Quantifizierung von Bauteilfehlern verhindert. Da sich nur Bauteilversagen (Reißer, Falten) auf maschinenseitige Messgrößen (Tabelle 2) auswirkten, ist deren künftige Nutzung zur Qualitätsbeurteilung fraglich. Andere Bauteilfehler wie Pickel, Einschnürungen oder kleine Falten lassen sich nicht in den Messgrößen erkennen.

Ein Zusammenhang zwischen den bei einer realen Werkzeugeinarbeitung durchgeführten Maßnahmen (Abschleifen, Schaben, etc.) und an der Maschine gemessenen Größen konnte nicht festgestellt werden.

Das Forschungsvorhaben mit dem Titel „Einarbeitungsanalyse von Tiefziehwerkzeugen“ wurde unter der Forschungsnummer FWF-AiF 12538 N aus Haushaltsmitteln des Bundesministerium für Wirtschaft über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. gefördert. Die Forschungsarbeiten wurden vom Arbeitskreis IX der Forschungsvereinigung Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik e.V. (FWF) begleitet. Der Abschlussbericht kann bei der FWF bezogen werden.

Literatur

- [1] Doege, E.; Volkmann, Chr. U.: Einfluss der Maschine auf das Tiefziehergebnis. *Werkstatttechnik, Zeitschrift für industrielle Fertigung* Heft 67, 1977, S. 73 – 77
- [2] Doege, E.; Wegener, W.: Genauigkeitsverhalten von Pressen in der Umformtechnik. *Industrie-Anzeiger*, Band 108, Heft 68, 1986, S. 35 – 38
- [3] Jacobi, W.: *Presswerk der Zukunft*, Verein Deutscher Ingenieure (Hrsg.): *Blechbearbeitung '94*. VDI-Berichte 1142. Düsseldorf: VDI-Verlag 1994.
- [4] Doege, E.; Hütte, H.; Kröff, A.; Strache, W.: *Genauigkeit im Presswerk – Teil I: Der überwachte Prozess*. *Blech Rohre Profile*, Bd. 45, 1998, Heft 6, S. 46 - 51
- [5] Hanisch, M.: *Das Verhalten mechanischer Kaltfließpressen in geschlossener Bauart bei mittiger und außermittiger Belastung*. Dissertation Universität Hannover, 1978

Autor

■ Dipl.-Ing. Richard Krimm studierte Maschinenbau an der Universität Hannover. Nach mehrjähriger Tätigkeit in der freien Wirtschaft ist er seit Anfang 2000 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen (IFUM), Abt. Umformmaschinen, der Universität Hannover.