



## Herstellung von rohrförmigen Halbzeugen mittels der Verfahrenskombination aus Napf-Rückwärts-Fließpressen und Lochen

Aufgrund gestiegener technischer Anforderungen und des aktuellen Kostendrucks können sich Unternehmen der Massivumformung nur durch eine Steigerung der Prozesseffizienz am internationalen Markt behaupten. Dies kann durch die Substitution von Fertigungsschritten erfolgen, um die Herstellkostensituation zu verbessern. Hierbei zeigt die Verfahrenskombination „Napf-Rückwärts-Fließpressen und Lochen“ ein großes Potenzial, diese Anforderungen zu erfüllen.



AUTOREN



**Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c.  
Mathias Liewald MBA**

leitet das Institut für  
Umformtechnik (IFU)  
der Universität Stuttgart



**Dipl.-Ing.  
Robinson Henry**

ist wissenschaftlicher Mitarbeiter  
der Abteilung Massivumformung  
am Institut für Umformtechnik (IFU)  
der Universität Stuttgart

Die heutigen Leichtbaustrategien im Automobilsektor zielen auf eine optimierte Ausnutzung der Werkstoffeigenschaften und auf prozessspezifische Vorteile der umformtechnischen Herstellung, wie die Kaltverfestigung des Werkstoffs sowie einen belastungsgerechten, ununterbrochenen Faserlauf im Werkstück. Eine Massenreduzierung von umformtechnisch hergestellten Einzelkomponenten unter Beibehaltung der funktionalen Anforderungen erfolgt konstruktiv oftmals durch eine hohle Ausführung [1]. In modernen Fahrzeugen kommen hohle Fließpressteile häufig im Antriebsstrang zum Einsatz, wo diese Bauteile hohen spezifischen Betriebslasten ausgesetzt sind und hohe Anforderungen hinsichtlich der Form-, Maß- und Lagetoleranzen erfüllen müssen. Eine kostengünstige Fertigungsfolge zur umformtechnischen Herstellung hohler Fließpressteile erfordert aus heutiger Sicht zwangsläufig den Einsatz eines rohrförmigen Halbzeugs oder einer umformtechnischen Fertigungsstufe zur Herstellung einer hohlen Ausgangsgeo-

metrie. Oftmals kommen bei der Herstellung rohrförmiger Halbzeuge mehrstufige konventionelle Umformverfahren wie zum Beispiel Setzen – Zentrieren – Napf-Rückwärts-Fließpressen – Lochen zum Einsatz [1,3].

Aufgrund der funktionalen Trennung der Napf- und Lochstufe entsteht ein Koaxialitätsfehler im rohrförmigen Halbzeug, welcher sich in den Folgeoperationen nicht mehr umformtechnisch beseitigen lässt. Die dafür grundsätzlich infrage kommenden zerspanenden Fertigungsprozesse bringen wirtschaftliche Nachteile mit sich. Hinsichtlich der qualitätsbestimmenden Form-, Maß- und Lagetoleranzen der Bauteile hat eine in Bild 1b dargestellte Verfahrenskombination gegenüber der konventionellen Prozessroute in Bild 1a den Vorteil, dass keine funktionale Trennung der formgebenden Werkzeugelemente durch mehrere Umformstufen besteht. Die Durchführung zweier oder mehrerer gleicher oder unterschiedlicher Prozesse in einer Um-

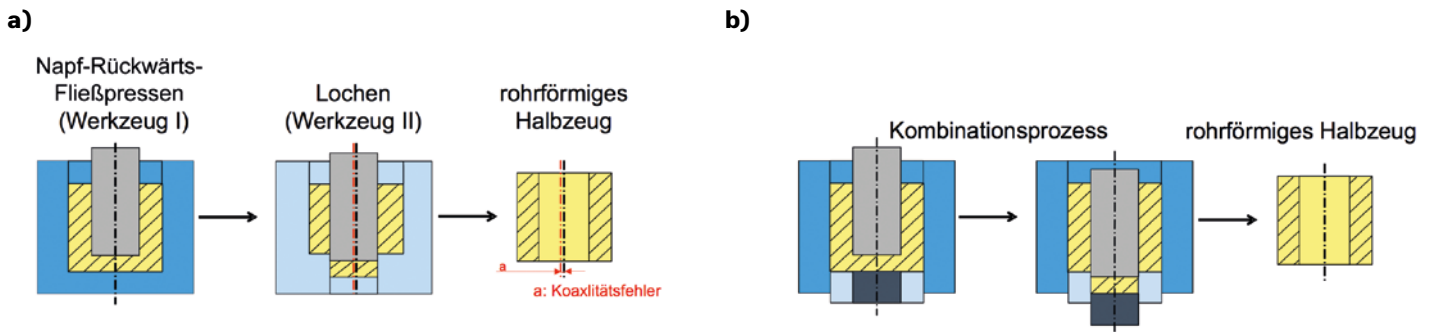


Bild1: a) konventionelle Prozessroute im Vergleich zum b) Kombinationsprozess

formoperation während eines Pressenhubes bei der Herstellung eines rohrförmigen Halbzeugs verbessert die qualitätsbestimmenden Eigenschaften des napfförmigen Werkstücks erheblich [24].

Im Rahmen des Forschungsprojekts wurden zwei verschiedene Kombinationsprozesse entwickelt: Die erste Variante ist das Kombinationsverfahren des „Napf-Rückwärts-Fließpressen und Lochens“ (hier vorgestellt). Die zweite Variante stellt das „Napf-Rückwärts-Fließpressen mit Entlastungszapfen und Lochens“ dar. Hierbei sind der Napfstempel, die Matrize, der Gegenstempel und ein Hülsenstempel am Prozess werkzeugseitig aktiv. Dieser Prozess lässt sich gemäß Bild 2 in insgesamt vier Hauptabschnitte unterteilen: Rohteil einlegen, Napf-Rückwärts-Fließpressen, gegenkraftüberlagertes Lochens sowie Auswerfen des rohrförmigen Halbzeugs und des Lochbutzens.

Im ersten Prozessabschnitt fährt der Napfstempel auf das Roh teil und der Napf-Rückwärts-Fließpressvorgang beginnt. Hierbei stehen Gegen- und Hülsenstempel ortsfest und verändern ihre Position nicht. Sobald die gewünschte Napfbodendicke erreicht ist, wird die Bewegungsachse des Gegenstempels in den kraftgeregelten Modus umgestellt. Der Napfstempel fährt bis zu seinem unteren Totpunkt, während der Gegenstempel verdrängt und der Napfboden ausgelocht wird. Sobald der Boden ausgelocht ist, beginnt der Rückhub: Der Napfstempel fährt wie-

der auf seine Startposition zurück und der Hülsenstempel wirft das rohrförmige Halbzeug aus. Sobald dieses ausgeworfen ist, wirft der Gegenstempel den Lochbutzen aus. Wenn dieses zwei-stufige Auswerfen erfolgt ist, fahren alle Achsen für einen neuen Prozesszyklus wieder in die Startposition zurück [5].

Zur Durchführung der experimentellen Untersuchungen erfolgte der Werkzeugeinbau in einer hydraulischen Presse (SMG, Bild 3) mit einem tisch- und stößelseitigen Auswerfermechanismus. Diese Presse verfügt über eine Presskraft von 6.000 kN. Die Bedienung der Presse erfolgt durch ein Bedienpult, mit dem die Kraftgrenzen, Geschwindigkeiten und Positionen des Pressenstößels definiert werden können. Zur Bedienung der werkzeugseitigen Achsen und der Steuerung des Hydraulikaggregats wird ein zweites Bedienpult verwendet. Mithilfe dieser Steuereinheit können die Geschwindigkeiten, Kräfte und Positionen der Werkzeugachsen definiert werden.

Im Rahmen der experimentellen Untersuchungen wurden die Einflüsse der Werkzeuggeometrie, Werkstoffe und Gegenkräfte betrachtet und die Vorteile gegenüber einer konventionellen Prozessroute ermittelt.

In einer repräsentativen Untersuchung wurde die identische Materialcharge mit der gleichen Wärmebehandlung verwendet. Die Rohteilgeometrie (Höhe und Durchmesser) und die Ziel-

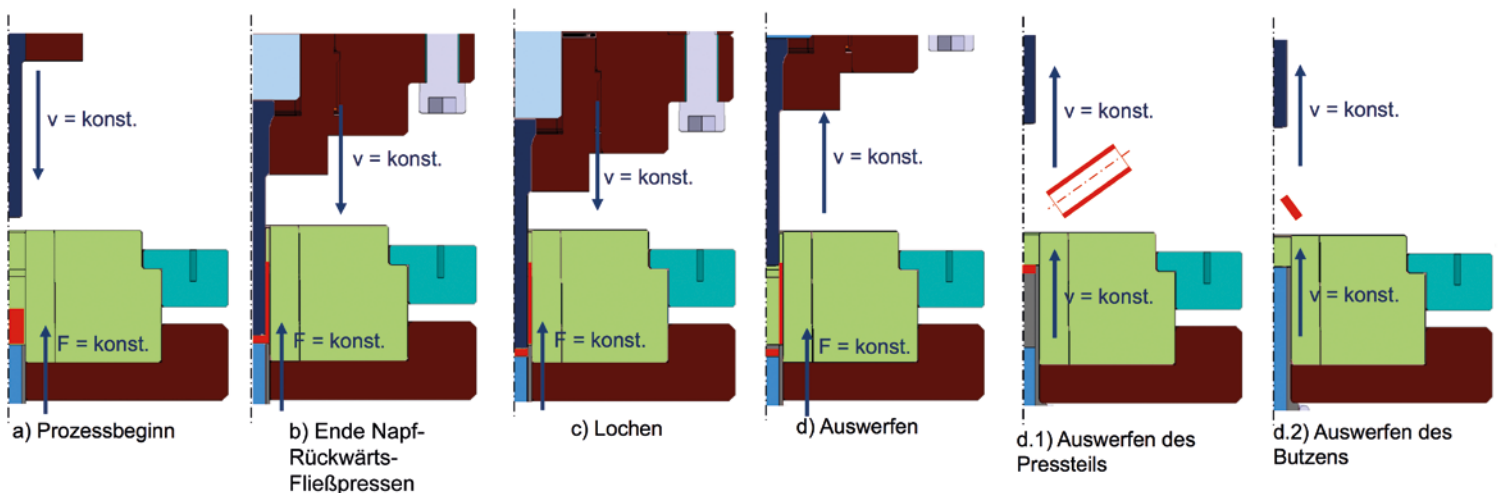


Bild 2: Ablauf des Kombinationsprozesses Napfen und Lochens [5]

geometrie (Außen- und Innendurchmesser) des rohrförmigen Halbzeugs waren hierbei identisch. Die Durchführung der experimentellen Untersuchung erfolgte mit der gleichen Werkzeuggeometrie (Napfstempel und -matrize). In beiden Versuchsvarianten wurde die gleiche Bodendicke des Napfs (beziehungsweise Stärke des Lochbutzen) angestrebt, damit diese Ergeb-

nisse miteinander verglichen werden konnten. Hierbei wurde eine Boden- beziehungsweise Lochbutzendicke von zirka 2 mm (einfache Wanddicke) angestrebt. Anhand der Ergebnisse zeigte sich einer der Vorteile des Kombinationsprozesses. Durch die Gegenkraftüberlagerung beim Lochen konnte der Bruchflächenanteil signifikant gegenüber dem konventionellen Verfahren redu-

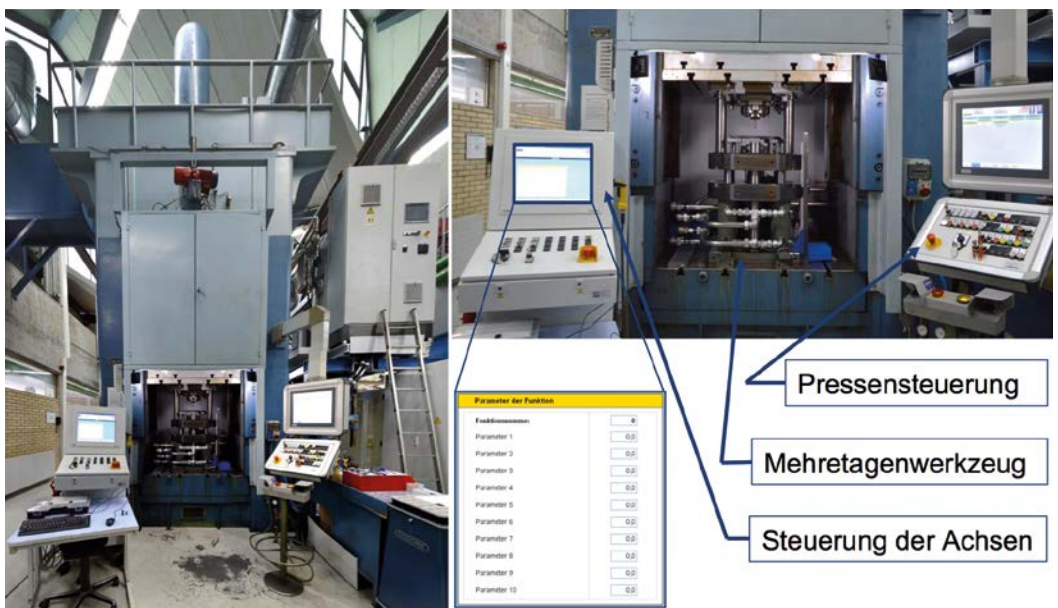


Bild 3: Versuchsaufbau zur Durchführung des einstufigen Kombinationsprozesses Napf-Rückwärts-Fließpressen und Lochen

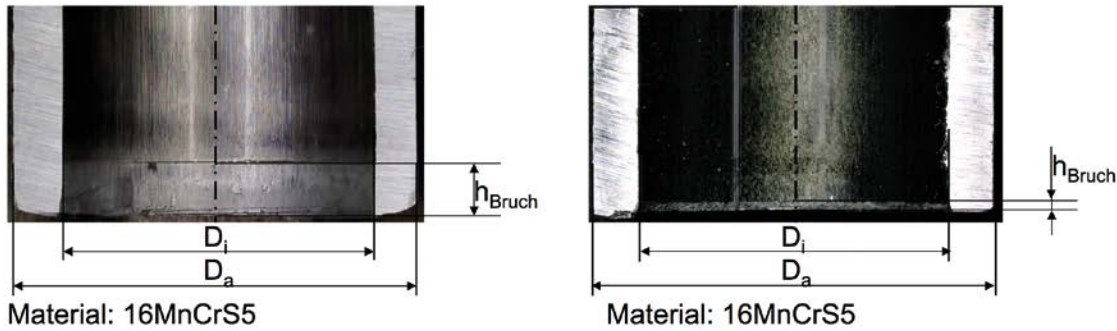


Bild 4: Vergleich zwischen der konventionellen Prozessroute und dem Kombinationsverfahren [6]

ziert werden. Beim konventionellen Verfahren betrug die Länge der Bruchfläche zirka 2,15 mm, beim Kombinationsverfahren ergab diese nur 0,37 mm. Der Unterschied in der Bruchflächenlänge wurde auf den Einfluss der Gegenkraftüberlagerung und der Umformtemperatur zurückgeführt [6].

Aufgrund der Ergebnisse dieser Untersuchung ergeben sich sowohl weitere Fragestellungen als auch Forschungsbedarf: Die verwendete Schneid- beziehungsweise Lochgeometrie ist nicht optimal für gratfreies oder gratreduziertes Lochen, das heißt durch weitere Optimierungsmaßnahmen (zum Beispiel Anpassung des Schneidspalts) kann der Grat reduziert und somit die Qualität des rohrförmigen Halbzeugs gesteigert werden.

In Bild 5 ist die Koaxialitätsabweichung des Glattschnittbereichs zum genapften Innendurchmesser abgebildet. Hierbei liegt die Abweichung im Bereich von 10 bis 45 µm auf einem ähnlichen Niveau wie die Abweichung des Durchmessers der durch das Nap-

fen erzeugten Innenoberfläche. Die zusätzliche Abweichung wird durch das Verlaufen des Napfstempels im rohrförmigen Halbzeug und durch die Messgenauigkeit verursacht. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass durch den Kombinationsprozess der Koaxialitätsfehler deutlich reduziert werden kann, da durch die Werkzeugs substitution der zusätzliche Fehler durch eine zweite Umformstufe vermieden wird. Damit wird die Forschungshypothese bestätigt, dass der Koaxialitätsfehler signifikant reduziert werden kann, wenn eine Substitution der Lochstufe erfolgt.

Durch die Verfahrenskombination Napf-Rückwärts-Fließpressen und Lochen besteht gegenüber einer konventionellen Verfahrensfolge die Möglichkeit, rohrförmige Halbzeuge mit hohen Genauigkeiten und geringem Bruchflächenanteil in einer Umformstufe herzustellen. Die wirtschaftlichen Vorteile durch die Verfahrenskombination ergeben sich in erster Linie durch eine Reduzierung der Umformstufen beziehungsweise der Gesamtprozesskette und der damit einhergehenden Reduzierung der

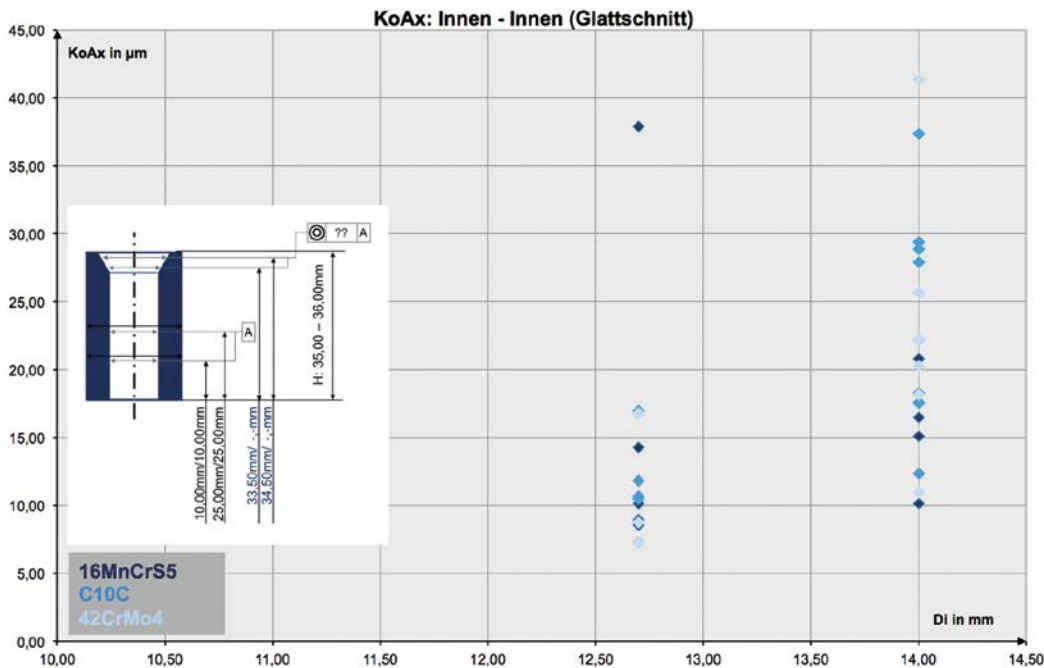


Bild 5: Vergleich der Koaxialitätsmessungen (Glattschnittbereich) für zwei Innendurchmesserbereiche (Di = 12,70 und 14,00); Napf Innendurchmesserbereich als Referenzdurchmesser

Bilder: Autoren

Werkzeug- und Anlagenkosten, die einen unmittelbaren wirtschaftlichen Effekt haben. Darüber hinaus kann der Anteil der spanenden Nacharbeit vor der Weiterverarbeitung der rohrförmigen Halbzeuge zu Leichtbaukomponenten durch umformtechnische Fertigungsverfahren reduziert werden.

Die funktionellen Vorteile durch das kombinierte Verfahren aus Napf-Rückwärts-Fließpressen und Lochen begründen sich im Wesentlichen auf eine Verbesserung der Koaxialität der rohrförmigen Halbzeuge, die darüber hinaus einen reduzierten Bruchflächenanteil aufweisen. Weiterhin ergibt sich durch die umformtechnische Herstellung des rohrförmigen Halbzeugs eine hohe Ressourceneffizienz, was in Zeiten steigender Stahl- und Legierungszuschläge ebenfalls von wirtschaftlicher Relevanz ist.



- [1] Liewald, M.; Felde, A.; Schiemann, T.: Konstruktive Ausführung von Napf-Rückwärts- und Napf-Vorwärts-Fließpresswerkzeugen, Abschlussbericht, German Cold Forging Group (GCFG), Goldene Pforte 1, 58093 Hagen, 2009
- [2] Liewald, M. et al.: Recent research in precision cold forging at IFU Stuttgart, ICFG 49th Plenary Meeting, Stuttgart/Deutschland, 2016
- [3] Henry, R.; Liewald, M.: Numerical investigation of manufacturing hollow pre-forms by combining the processes backward cup extrusion and piercing, NUMIFORM 2016, 2016
- [4] Mletzko, C. et al.: Napf-Fließpressen mit mehreren bewegten Werkzeugelementen zur Reduzierung der Stempelkraft, SchmiedeJOURNAL, September 2012
- [5] Henry, R.; Liewald, M.: Entwicklung eines Mehrachsenwerkzeuges zur experimentellen Umsetzung des Kombinationsprozesses Napfen und Lochen, Neuere Entwicklungen in der Massivumformung 2018, Fellbach/Deutschland, 2017
- [6] Henry, R.; Liewald, M.: Experimental study on combined cold forging process of backward cup extrusion and piercing, ESAFORM 2018, Palermo/Italien, 2018



Das IGF-Vorhaben 18431N „Erzeugung rohrförmiger Halbzeuge durch Kombination der Verfahren Napf-Rückwärtsfließpressen und Lochen“ der Forschungsgesellschaft Stahlverformung e.V. (FSV) wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Die Langfassung des Schlussberichtes kann bei der Forschungsgesellschaft Stahlverformung, Goldene Pforte 1, 58093 Hagen, angefordert werden.

Die Autoren danken für diese finanzielle Unterstützung.

Gefördert durch:



**Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie**



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages