

# Prozessketten in der Umformindustrie

Jörg Stahlmann und  
Simon Wohletz, Darmstadt

Fließende Prozesse ohne Zwischenlagerung von Halbfertigware sollen schlanke und flexible Prozesse ermöglichen. Die in erster Linie organisatorischen Ansätze von Lean-Prozessen sind in der Umformindustrie eng mit technologischen Aspekten verwoben. Anhand des Beispiels eines Forschungsprojekts werden in diesem Beitrag diese Zusammenhänge in der Lieferkette der Kaltmassivumformung dargestellt. Außerdem werden alternative Prozessketten unter technologischen und organisatorischen Blickwinkeln diskutiert.

## Einleitung

Im Bereich der Befestigungselemente- und Komponentenfertigung für die Automobilzulieferindustrie steigen auf Grund unsicherer Nachfragesituationen kontinuierlich die Anforderungen an Reaktionsfähigkeit, Liefertreue und Produktqualität bei gleichermaßen zunehmendem Kostendruck. Die Einführung fließender Prozesse ohne mehrfaches Zwischenlagern von Halbfertigwaren soll zu schlanken und flexiblen Prozessen führen. Vornehmend organisatorische Ansätze schlanker Prozesse sind bei der Kaltmassivumformung stark mit technologischen Anpassungen verwoben. Einzelne technologische Maßnahmen eröffnen organisatorische Handlungsspielräume. Gleichermäßen bedingen aber organisatorische Maßnahmen auch technische Möglichkeiten und Anpassungen. Am Beispiel eines Forschungsprojekts zu fließenden Prozessen in der Kaltmassivumformung wird dargestellt, welches Potenzial in der gleichermaßen technologisch-organisatorischen Betrachtung von komplexen Produktionsketten liegt.

## Technologische und organisatorischen Prozesssicht

Bild 1 stellt eine Sichtweise dar, wie Technologie und Organisation ineinander greifen, um den Kundennutzen, der hier anhand der 6R der Logistik [1] dargestellt ist. Während die technologischen Maßnahmen Materialzustände in der richtigen Qualität sicherstellen, wirken organisatorische Maßnahmen zunächst

auf Zeiten, Mengen, Orte und die Sicherstellung des richtigen Materialeinsatzes. Übergeordnet müssen beide Sichtweisen auf ein Kostenoptimum eingestellt werden. Randbedingungen der eingesetzten Verfahren wirken als Anforderungen an die Organisation und umgekehrt. In industriell produzierenden Unternehmen existieren stets beide Sichten, wobei häufig zu beobachten ist, dass je nach Aufgabenstellung eine dominiert und die andere entsprechend nur folgt, wodurch das übergeordnete Kostenoptimum nicht erreicht werden kann.

Gerade in der Kaltmassivumformung zeichnen sich Prozessketten durch starke Wechselwirkungen zwischen technologischen und organisatorischen Randbedingungen und Anforderungen aus. Unsichere Beschaffungs- und Absatzsitua-

tionen gehen einher mit schwankenden Materialqualitäten, die in Prozessen am Rande der technischen Machbarkeit verarbeitet werden. Gleichzeitig konkurriert der Wunsch nach Individualisierung mit den Bedürfnissen der Massenproduktion.

## Prozessketten in der Kaltmassivumformung

Hersteller von Kaltumformteilen, verarbeiten typischerweise stangen- oder drahtförmiges Halbzeug. Draht kommt tendenziell bei Produkten zum Einsatz, die auf schnelllaufenden mechanischen Pressen in mehreren Stufen fertig bearbeitet werden [2]. Stangenabschnitte werden üblicherweise für großvolumige Bauteile eingesetzt, die Umformung erfolgt auf ein- oder mehrstufigen hydraulischen

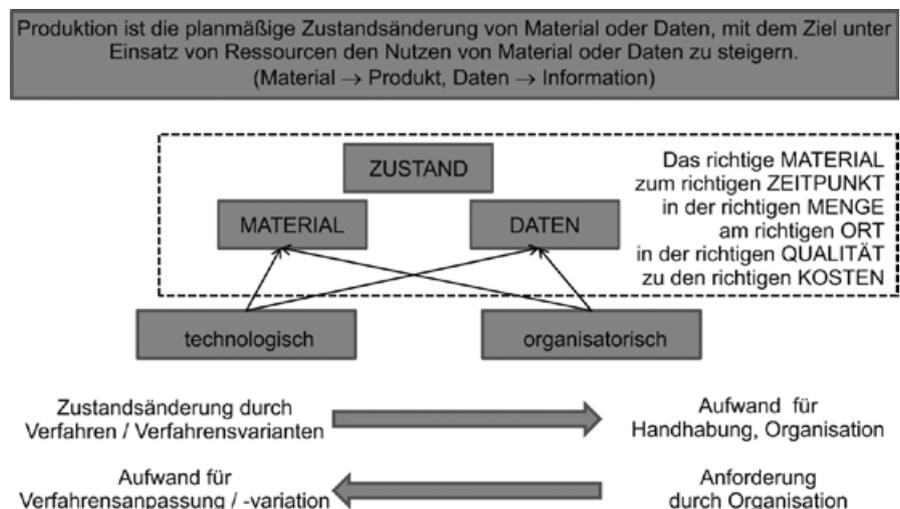


Bild 1. Schwerpunkte technischer und organisatorischer Sichtweisen

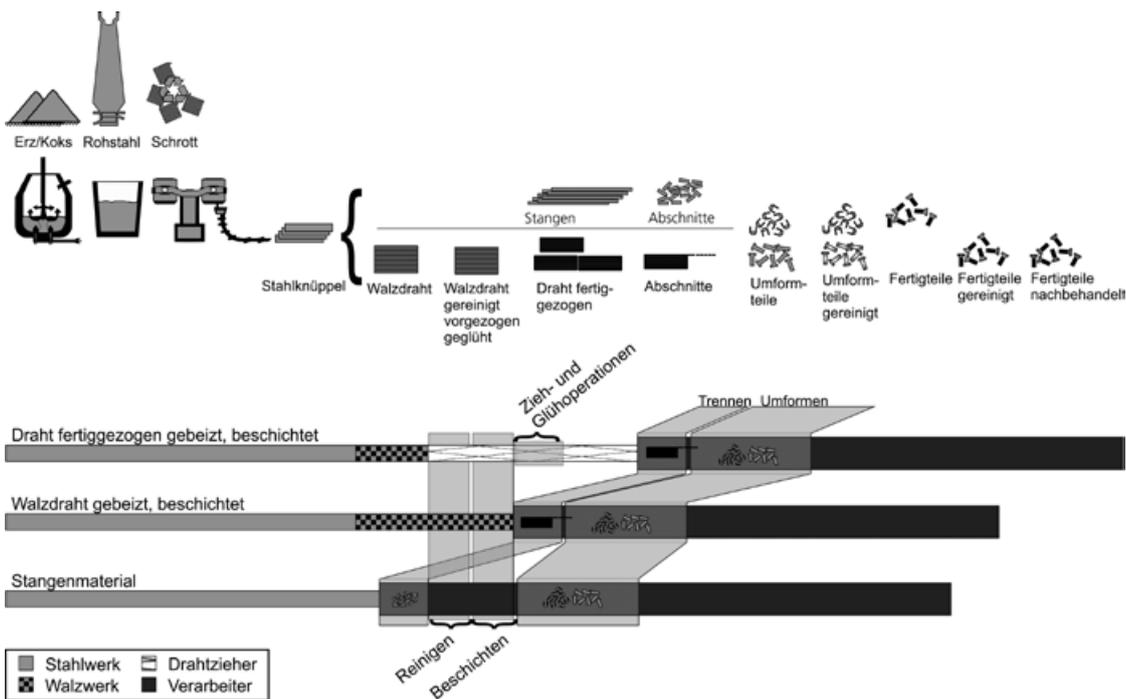


Bild 2. Prinzipielle Lieferketten für die Massivumformung

schen oder mechanischen Pressen. Stangenmaterial und Walzdraht werden mit Walzhaut oder oberflächenbehandelt von Stahlwerken vertrieben.

Drahtdurchmesser variieren von Durchmessern < 1 mm bis zu Durchmessern bis 50 mm. Je nach Ausgangsdurchmesser und Nebenanforderungen, wie z. B. Oberflächenbeschichtung, Festigkeit und Durchmessertoleranzen, kommen für Umformer, die vom Draht arbeiten, neben Stahlwerken vornehmlich Drahtzieher als Lieferanten in Betracht. Drahtziehereien nehmen hierbei eine technologische und organisatorische Rolle ein, da sie technologisch den Draht zur Weiterverarbeitung aufbereiten und organisatorisch notwendige Liefermengen und -zeiten realisieren. Grundsätzlich werden Drähte, mit Durchmessern < 5 mm durch Drahtziehereien auf Maß gezogen und angeboten.

Bild 2 zeigt beispielhaft die typische Prozesskette von der Rohstoffgewinnung bis zu exemplarischen Fertigprodukten. Die Darstellung verdeutlicht unterschiedliche Fertigungstiefen der üblicherweise an der Fertigung massivumgeformter Bauteile beteiligten Bearbeiter. Sie zeigt, dass insbesondere die Art und Weise, in der das Halbzeug vor der Kaltmassivumformung aufbereitet wird, zu erheblich unterschiedlichen Prozessketten führen kann. Ausgehend von der Rohstoffherstellung in Form von Walzdraht folgt grundsätzlich die Reinigung, Zieh- und Glühoperationen, das Ablängen und die

Umformung. Im Fall der Verarbeitung von Stangenabschnitten steht das Ablängen der Reinigung und Beschichtung voran [3, 4].

### Eigenheiten der betrachteten Prozessketten

#### Verarbeitung

#### von fertiggezogenem Draht

Findet der Drahtzug beim externen Drahtzieher statt, können die zu verarbeitenden Drahtdurchmesser in Abhängigkeit der Prozessanforderungen im 1/100 mm Bereich eingestellt werden. Die Festigkeit wird durch den Drahtzieher in Glüh- und Fertigziehprozessen ebenso wie die Oberflächenfeingestalt und Beschichtung nach Kundenanforderungen gezielt eingestellt. Hierbei haben Art und Weise der Glühoperation und Oberflächenbehandlung erheblichen Einfluss auf das Umformergebnis und die Werkzeugstandzeiten beim Umformer [5]. Die Beschichtung soll den Draht vor Umwelteinflüssen schützen, trotzdem bildet mangelnde Drahtoberflächenqualität immer wieder einen Reklamationsgrund. Diese Reklamationen bewirken ungeplante Prozesse und damit Störungen bei Lieferant und Umformer.

In der Praxis sind heute Lieferzeiten für Drahtringe von ca. sechs Wochen akzeptiert. In dringenden Fällen kann die Lieferung ohne erheblichen Mehraufwand wesentlich beschleunigt werden.

Die Mindestbestellmengen entsprechen üblicherweise einem Ring fertiggezogenem Draht. Je nach Lieferant entspricht ein Ring 500 bis 1.200 kg. Für die Maschinenbediener sind demnach Ringe ab 500 kg zu Handhaben. Bei der Verarbeitung von unvollständigen Ringen fallen zusätzliche Restmengen an, die gehandhabt werden müssen.

Je kleiner der Drahtdurchmesser wird, desto wahrscheinlicher wird die Handhabung von Restringen. Grund hierfür ist, dass im Allgemeinen die Anzahl der herzustellenden Teile nicht im gleichen Maße steigt, in der das Teilevolumen sinkt. Für die Handhabung von Ringen und Restringen sind demnach Handhabungsgeräte vor der Maschine: Hallenkran, Schlingen, Kronenstöcke, Stapler vorzuhalten. Oberflächenbeanspruchungen infolge des Transports und der Handhabung im Ring sowie auf Kronenstöcken können zu Maschinenstillstandzeiten in Form von Störungen und vorzeitigem Werkzeugausfall sowie mangelnder Formfüllung führen.

Das Drahtmaterial wird im Ring zugeführt und üblicherweise in der Umformmaschine direkt vor der Umformung abgelängt. Die Einstellung der Abschnittlänge ist Bestandteil des Maschinenrüstvorgangs.

Bei der Bearbeitung von Drahtmaterial erfolgt üblicherweise die Beschichtung auf der Drahtoberfläche mit einem Umformöl. Durch die Bearbeitungsfolge be-

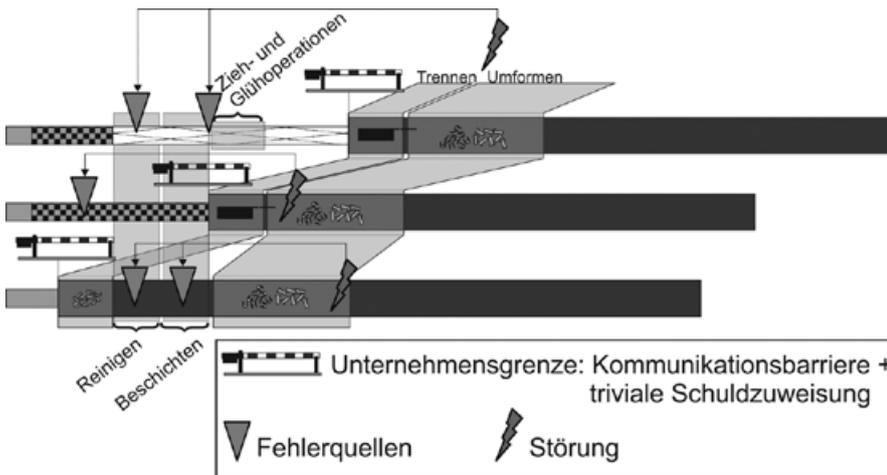


Bild 3. Fehlerquellen, Fehlerentdeckung und Informationsflüsse

dingt, ist an der frisch erzeugten Schnittfläche heute keine Oberflächenbeschichtung in Form eines nasschemisch aufgetragenen oder eingezogenen Schmierstoffträgers möglich. Der Transfer erfolgt in Doppeldruckpressen oder Mehrstufenpressen durch Transfereinheiten. In Umformmaschinen liegen im Allgemeinen gemischte Schmierstoffkreisläufe vor, in denen die im Drahtzug aufgebrachte Oberflächenbeschichtung aus dem Fertigung des Drahtziehers in den Maschinen und Prozessschmierstoff eingetragen wird. Somit wird die Beanspruchung der Werkzeuge und Verunreinigung der Maschine maßgeblich durch die Drahtbeschichtung beeinflusst.

Hinter der Umformmaschine wird das Produkt in der Regel als mit Öl verunreinigtes Schüttgut in Kästen gehandhabt. Vor Gewindewalzprozessen wird das Material üblicherweise von Verunreinigungen befreit. Vor thermischer Behandlung müssen aufgebrachte Konversionschichten mit aggressiven Reinigern entfernt werden. Im Falle einer optischen oder mechanischen 100%-Prüfung werden die Teile einzeln gehandhabt.

**Verarbeitung von Abschnitten**

Großvolumige Bauteile mit einem Materialausgangsdurchmesser von mehr als 50 mm werden von Stangenabschnitten gefertigt, da ringförmiges Ausgangsmaterial in diesen Dimensionen nicht verfügbar ist. Die Herstellung der Stangenabschnitte erfolgt in Schneidzentren. Der Verarbeiter übernimmt in diesen Fällen üblicherweise die Oberflächenbehandlung in Form der nasschemischen Behandlung und des Schmierstoffauftrags. Durch die Einzelteilhandhabung vor und

nach der Presse können Abschnitte grundsätzlich in der besseren Verfassung zur Umformung gebracht werden. Die Vermeidung von Schlag- und Scheuerstellen gewinnt bei der Pressung einbaufertiger Oberflächen zunehmend an Relevanz. Prinzipbedingt sind mehrfache Zwischenbehandlungen möglich, was zu erweiterten Teilespektren führt. Je nach Produktspektrum und Einrichtung werden Warmumformungen mit Kaltumformprozessen kombiniert. Grundsätzlich können Abschnitte auch in schnelllaufende Mehrstufenpressen eingeführt werden, wobei dieses Vorgehen aktuell keine breite Anwendung findet.

In Unternehmensbefragungen zeigte sich, dass Unternehmen, die Oberflächenbeschichtungen auf umzuförmende Halbzeuge selbst aufbringen mit weniger Unsicherheiten bei der Verarbeitung konfrontiert sind. Dieser Vorteil ist durch interne Informationsflüsse zu erklären, die es Unternehmen erlauben, kurzfristiger auf Störungen durch Gefüge oder Oberfläche zu reagieren und entsprechende Anpassungsmaßnahmen vorzunehmen.

Bild 3 verdeutlicht die Unterschiede bei interner und externer Reinigung und Beschichtung. Ähnliches gilt für Wärmebehandlungsprozesse. Diese Erkenntnis gepaart mit den gemeinhin bekannten

Vorzügen fließender Prozesse führte zu der Untersuchung von inlinebearbeiteten Drähten.

**Inlineverarbeitung**

Im Falle einer alternativen Prozesskette wurde in dem ZiM-Forschungsprojekt „Einführung fließender Prozesse in der Kaltmassivumformung“ ein Inlineprozess zur Herstellung von Verbindungselementen auf Basis von Walzdraht erforscht. Die Untersuchung offenbart, welche technologischen und organisatorischen Vorteile sich erschließen lassen, wenn Walzdraht im Sinne eines Fließprinzips direkt in eine verbundene Fertigungsanlage eingesetzt wird. Durch dieses Vorgehen müssen Draht verarbeitende Umformer das Beschichtungs-know-how im eigenen Unternehmen aufbauen. Fehlerquellen in der Oberflächenbehandlung könnten auf Grund interner Kommunikation schneller aufgedeckt werden (Bild 4). Der Verarbeiter bezieht Walzdraht mit Walzhaut ab Walzwerk in weichgeglühtem Zustand, wobei Durchmesser von 5,5 mm bis ca. 50 mm verfügbar sind. Für den Verarbeiter ergeben sich, durch den Walzprozess bedingt, wesentlich größere Geometrie- und Oberflächentoleranzen als beim Einsatz von (fertig) gezogenem Draht. Diese Unsicherheiten müssen durch geeignete Behandlungsprozesse in der Fertigungsmaschine ausgeglichen werden.

Bei der Beschaffung von Walzdraht besteht üblicherweise eine Mindestabnahmemenge von 1.000 kg. Das Material wird in Ringen ohne besonderen Schutz der Oberfläche gehandhabt.

Zur Kompensation der größeren Ungenauigkeiten in Geometrie und Oberflächengestalt beim Walzdraht erfolgt in der hier betrachteten Verarbeitungsmaschine ein Richten der Drahrundheit mit anschließendem Entfernen der Walzhaut durch einen Schälprozess. Der blankgeschälte Draht wird mit Schmierstoff beschichtet und auf den Nenndurchmesser fertiggezogen. Direkt nach der Einstellung des Nenndurchmessers wird der

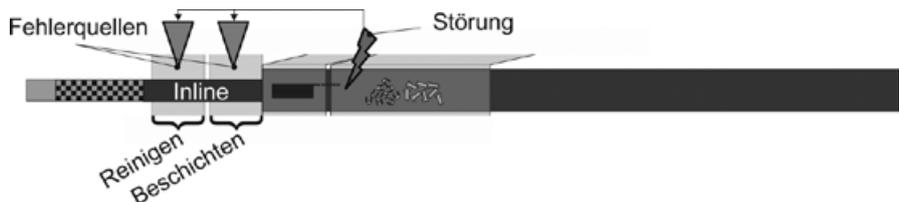


Bild 4. Fehlerentdeckung und Informationsflüsse bei Inline-Verarbeitung

Draht in eine konventionelle Umformmaschine eingefädelt, ab der die bereits beschriebenen Fertigungsprozesse vorgenommen werden.

Der durchgeführte Prozess basiert somit auf der kontinuierlichen Drahtverarbeitung. Gegenüber des oben beschriebenen Vorgehens können Drahtdurchmesser in 1/100 mm Schritten grundsätzlich durch die Fertigungsoption eingestellt werden. In der betrachteten Prozesskette stellte die Zustellung der Schälmesser eine weitere Möglichkeit dar, den Durchmesser einzustellen.

Als kritisch stellte sich in der Versuchsdurchführung der neuen Prozesskette heraus, dass der weiche Umformdraht beim Schälen geringer Querschnitte zu Oberflächenfehlern neigt. Insbesondere bei unterschiedlich stark ausgeprägten Walzhautbereichen, ergeben sich Probleme hinsichtlich der Prozessführung.

Es zeigt sich, dass die eingesetzten Schmierstoffe auch ohne nasschemische Aufbringung von Konversionsschichten eine sichere Prozessführung im Fertigungszug erlauben und sich in der praktischen Umsetzung beim Hersteller beweisen. Bei der Inlineverarbeitung hinter dem eingesetzten Schälprozess konnte die Prozesssicherheit nicht nachgewiesen werden. Die erreichbare Schältopografie bei gleichermaßen duktilem Material und dünnen Drahtquerschnitten stellte hierbei das Kernproblem dar.

## ■ Prozessgegenüberstellung

Aus der Sicht umformender Unternehmen unterscheiden sich die Prozessketten durch die folgenden Freiheiten bzw. Einschränkungen:

### Unter technischen Gesichtspunkten

*Prozesssicherheit und Werkzeugstandzeiten* hängen in einem hohen Maß von den eingesetzten Halbzeugen, Werkzeugen und tribologischen Systemen ab. Die Einzelteilbehandlung erlaubt verfahrensbedingt die bestmögliche Vorbereitung der Halbzeuge durch gezielte Bearbeitung und Abstimmung auf den folgenden Fertigungsschritt.

*Schmierung der Stirnflächen* bei der Drahtverarbeitung kann nur realisiert werden, wenn zwischen Trennen und Umformen genügend Zeit zur Reaktion/Benetzung des Schmierstoffes mit der neu gescherten Halbzeugoberfläche zur Verfügung steht. Die unbeschichteten

Halbzeugoberflächen an abgesicherten Drahtabschnitten werden in aktuell verfügbaren Umformmaschinen zur Drahtverarbeitung mit gemischten Umform- und Maschinenöl benetzt und dann der Umformung zugeführt. Beim Auftritt von hohen tribologischen Belastungen durch große Relativbewegungen und erhöhte Temperaturen führt dies zu in der Regel verfrühtem Verschleiß von Werkzeugen. Bei der Verarbeitung von Abschnitten kann unter anderem aus diesem Grund im Allgemeinen auf Zusatzschmierung durch Umformöl verzichtet werden.

*Neue Schmierstoffe* erlauben (bzw. fordern) die Schmierstoffbeschichtung prozessspezifisch auszugestalten. Diese Schmierstoffe erlauben heute einen Verzicht auf nasschemische aufgetragene Schmierstoffschichten bei Verjüng- und Kopfstauoperationen von Borstählen.

*Oberflächenbehandlung im Hause des Umformers* ermöglicht es dem Umformer kurzfristig auf tribologische Problemstellungen zu reagieren und die prozesskritische Oberflächenschicht als unternehmensinternes Knowhow zu entwickeln.

### Unter organisatorischen Gesichtspunkten

*Schnittstellendefinitionen* schließen bei der Betrachtung technologisch geprägter Prozessketten zwingend Aspekte der Halbzeugqualität ein, da diese erheblich die Folgebearbeitungen beeinflussen. Mit der entsprechenden Prozessfähigkeit können durch technologische Maßnahmen unzureichende Halbzeugqualitäten korrigiert werden. Dieser Freiheitsgrad führt zu komplexen logistischen Randbedingungen.

*Harte Inlineverkettungen* zeichnen sich durch eingeschränkte Flexibilität hinsichtlich Kundenanforderungen aus, weil der Rüstaufwand tendenziell steigt und die Komplexität der Prozesssteuerung zunimmt. Prozessgeschwindigkeiten und Prozessparameter müssen zwingend aufeinander abgestimmt werden.

*Lose Prozessverkettungen* mit Puffermengen zwischen den einzelnen Bearbeitungsschritten erlauben grundsätzlich das Ausgleichen von Störungen in Einzelprozessen, weil mit hoher Wahrscheinlichkeit eine begrenzte Zeit die Produktion aus einem Puffer heraus fortgesetzt werden kann. Neben den Kosten für das gepufferte Material bergen diese Prozesse die Gefahren, dass die Prozesssteuerung intransparent wird, weil der aktuell

zentrale Materialfluss nicht mehr erkennbar ist. Klare Regelwerke für das Vorgehen zwischen Bearbeitungsschritten sind unabdingbar, um die komplexen Produktionsabläufe zu steuern und Verschleierungen vorzubeugen.

## ■ Zusammenfassung

### Technische Motivation für direkte Verkettungen

Direkte Prozessverkettungen stehen in dem Ruf schlanke, sichere Prozesse zu erzeugen. Schlanke Prozesse entstehen auf Anlagenebene insofern als das Material verfahrensbedingt im Fluss bleibt. Bei hart verketteten Prozessen wirkt sich der Stillstand eines Prozessglieds direkt auf die anderen aus. Durch diese Konsequenz werden Störungen direkt aufgedeckt. Da Fehlerfortpflanzungen leichter entdeckt werden können, liegt eine prozessübergreifende Optimierung vermeintlich näher.

Direkte Verkettungen erzwingen die getaktete Bearbeitung aller verbundenen Prozessschritte. Nicht getaktete Prozessschritte führen zu ungleichmäßigen Nutzungsgraden der Teilprozesse.

### Organisatorische Motivation für direkte Verkettungen

Durch die direkte Verkettung müssen keine Handhabungsmaßnahmen und -regelwerke aufgebaut werden, die den Transport zwischen Prozessschritten realisieren. Durch die Vielzahl integrierter Teilprozessschritte werden die Anforderungen zu Beginn und Ende der integrierten Produktion unter organisatorischen Gesichtspunkten verschärft.

### Gekoppelte Vorgehensweise zur technologisch-organisatorischen Prozessoptimierung

Produktionsprozesse mit hohen technologischen Anteilen lassen sich nicht sinnvoll in Rubriken Fließfertigung oder Werkstattfertigung einteilen. Eine zeitgemäße Werkstattfertigung muss sich den Anforderungen der Fließfertigung stellen, gleichermaßen benötigt die Massproduktion am Standort Deutschland eine Flexibilität, die der einer Werkstattfertigung entspricht.

Um in diesem Spannungsfeld handlungsfähig zu sein, müssen Prozessoptimierungen gleichermaßen unter technologischen und organisatorischen Sichtweisen geprüft und vorangetrieben werden.

**Funktionen von Drahtziehereien**

In dem betrachteten Projekt stellt sich heraus, dass Drahtzieher sich als Technologen sehen, die dem Umformer das richtige Material in der richtigen Qualität in Form von Durchmesser, Festigkeit, Gefüge und Oberflächenausprägung liefern.

In der Kaltumformung dominiert in vielen Fällen die technologische Prozesssicht. Bedienen Drahtlieferanten Umformer, ist für sie zu beachten, dass der Draht je nach Umformprozess erheblichen plastischen und tribologischen Belastungen ausgesetzt wird. Die genauen Anforderungen sind dabei im Allgemeinen von Umformer zu Umformer und bei einem Umformer von Produkt zu Produkt unterschiedlich. Diese Vielfalt erschwert die einheitliche Prozessführung in Drahtziehereien und macht eine intensive Kommunikation zwischen Drahtlieferant und Umformer notwendig.

Als Produktionsverbindung zwischen Walzwerken und Umformern nehmen Drahtzieher unter organisatorischen Gesichtspunkten zusätzlich eine Großhandelsfunktion ein. Für kleine- und mittelständische Umformunternehmen bieten Drahtzieher an, geeignete Losgrößen zu produzieren. Dafür können sie die Möglichkeit nutzen, aus einer Walzwerkcharge mehrere Umformer zu bedienen. Diese Funktion birgt die Möglichkeit, dass Umformer kurzfristig disponieren kön-

nen als bei direktem Bezug vom Walzwerk, weil der Drahtzieher durch positive Skaleneffekte seinen Einkauf besser disponieren kann und damit gegenüber dem Walzwerk eine stärkere Position einnimmt.

Die Ausgestaltung dieser „Großhandelsfunktion“ zu beiderseitigem Nutzen bietet zukünftiges Verbesserungspotenzial hinsichtlich verkürzten Lieferzeiten, höherer Flexibilität und sinkenden Kosten.

**■ Literatur**

1. Jünemann, R.: Materialfluss und Logistik. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg 1989, S. 18
2. Lange, K. et al.: Fließpressen. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg 2008, S. 436-471
3. Klocke, F.; König, W.: Fertigungsverfahren 4, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg 2006, S. 189, 196
4. Hirschvogel Automotive Group: Massiv umgeformte Komponenten. Hirschvogel Holding GmbH, 2011, S. 72ff
5. Bartz, W.: Handbuch der Tribologie und Schmieringstechnik. expert verlag, Renningen 2004

**■ Die Autoren dieses Beitrags**

Dr.-Ing. Jörg Stahlmann, geb. 1978, studierte Allgemeinen Maschinenbau an der Technischen Universität Darmstadt. Nach fünfjähriger Forschungstätigkeit am Fachbereich Produktionstechnologie und Umformmaschinen (PtU)

wurde er zum Dr.-Ing. promoviert. Seit 2011 beschäftigt sich Dr. Stahlmann bei der CIC GmbH in Darmstadt in verschiedenen Planungsprojekten mit den Wechselwirkungen zwischen technologischen und organisatorischen Prozessänderungen.

Simon Wohletz, M.Sc., geb. 1984, ist seit Abschluss des Masterstudiengangs Mechanical and Process Engineering – Maschinenbau an der Technischen Universität Darmstadt in 2010, als Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Produktionstechnik und Umformmaschinen (PtU) tätig. In der Fachabteilung Tribologie und Oberflächentechnik betreut Herr Wohletz Forschungsprojekte mit den Schwerpunkten neuartige Tribosysteme in der Kaltmassivumformung sowie stoffschlüssiges Fügen durch Verfahren der Kaltmassivumformung.

**■ Summary**

**Process-Chains in the Forming Industry.**  
Flowing process chains without multiple storing of semi-finished parts shall lead to lean and flexible processes. The in the first instance organizational approaches of lean processes are strongly connected to technical aspects in the cold forging industry. Using the example of a scientific project, these interdependencies are shown for the supply chain in the cold forging industry. This paper discusses alternative process chains using a technological an organizational approach.

Den Beitrag als PDF finden sie unter:  
[www.zwf-online.de](http://www.zwf-online.de)  
Dokumentennummer: ZW 110923