

Bei diesem Beitrag handelt es sich um einen wissenschaftlich begutachteten und freigegebenen („reviewten“) Fachaufsatz.

S. Jende, S. Baumgarten

# Material- und Kosteneinsparungen bei kombinierten Fertigungsprozessen – Massenteile für die Automobilindustrie

## Material and Cost Savings by Combined Production Processes

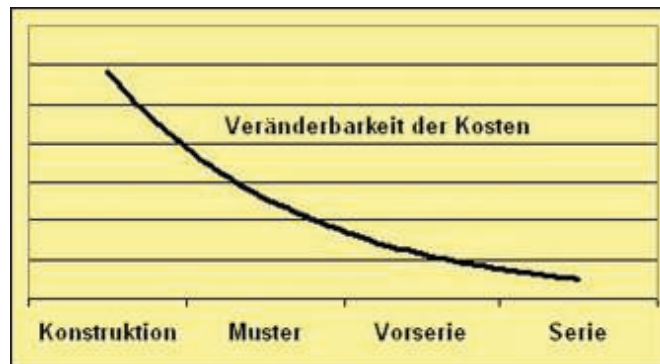
**Inhalt** Durch die Festlegung von Material und Geometrie eines Werkstückes werden die Fertigungskosten weitgehend festgelegt. Werden bereits bei der Entwicklung kombinierte Fertigungsprozesse einbezogen, lassen sich enorme Einsparungen erzielen.

**Abstract** Material and dimensions of a product define production costs. Looking for combined production during development gives enormous savings.

### 1 Einleitung

Konventionelle Methoden zur Einsparung von Rohstoffen und Fertigungszeiten sind weitgehend ausgeschöpft. Innovative Lösungen sind bereits in der Entwicklung gefragt.

Bei der Konstruktion eines Werkstückes werden seine Form und Abmessungen sowie Oberflächen- und Festigkeitseigenschaften festgelegt. Diese Vorgaben bestimmen weitgehend die Auswahl der Fertigungsverfahren und damit die Herstellkosten. Nur wenn bereits bei der Konstruktion eines Werkstückes neben dessen funktionellen Eigenschaften auch die Möglichkeiten einer kostengünstigen Fertigung berücksichtigt werden, ist ein sowohl funktionsoptimales als auch kostenminimales Erzeugnis zu erwarten (Bild 1).



**Bild 1**  
Veränderbarkeit der Kosten

### 2 Fertigungsverfahren

Nach DIN 8580 werden die Fertigungsverfahren in sechs Hauptgruppen unterteilt (Bild 2). Die folgenden Beispiele beziehen sich auf die Hauptgruppen Umformen und Trennen.

#### 2.1 Umformen

Unter Umformen versteht man die Fertigung eines Werkstückes durch bildsames (plastisches) Ändern der Form eines festen Körpers wobei Masse und Werkstoffzusammen-

		Zusammenhalt schaffen	Zusammenhalt beibehalten	Zusammenhalt vermindern	Zusammenhalt vermehren	
Änderung der	Form	Hauptgruppe 1  <b>Urformen (Formschaffen)</b>	Hauptgruppe 2  <b>Umformen</b>	Hauptgruppe 3  <b>Trennen</b>	Hauptgruppe 4  <b>Fügen</b>	Hauptgruppe 5  <b>Beschichten</b>
	Stoffeigenschaften		Hauptgruppe 6 <b>Stoffeigenschaften ändern durch</b>			
			Umlagern von Stoffteilchen	Aussondern von Stoffteilchen	Einbringen von Stoffteilchen	

**Bild 2**

Übersicht der Fertigungsverfahren

#### Autoren

Dipl.-Ing. Siegfried Jende  
Geschäftsführer  
E-Mail: S.Jende@peiner-ut.com  
Dipl.-Ing. Simone Baumgarten  
Projektmanager  
E-Mail: S.Baumgarten@peiner-ut.com

bei  
PEINER Umformtechnik GmbH  
Woltorfer Strasse 20-24  
31224 Peine  
Tel.: 0 51 71/5 45-0  
Fax: 0 51 71/5 45-180  
www.peiner-ut.de



**Bild 3**  
Achszapfen Pressrohling  
und Fertigteil

### 3 Einsparungen durch kombinierte Fertigungsprozesse

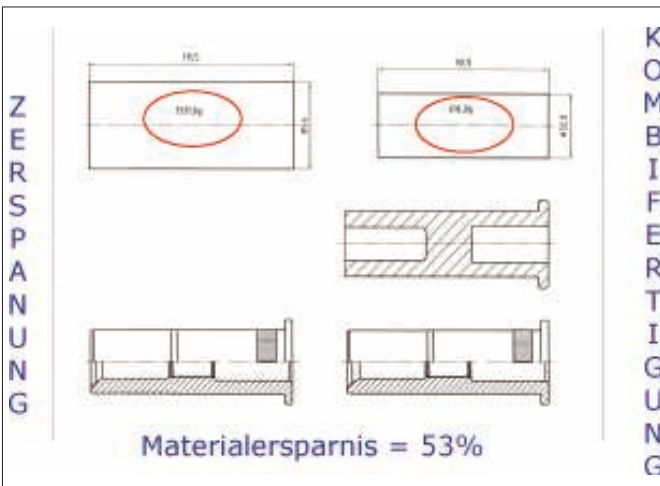
#### 3.1 PKW-Achszapfen

Der Achszapfen hat die Aufgabe, die Verbindung vom Träger zur Hub-Unit über Aufnahme des Radlagers zu schaffen (Bild 3).

Bei reiner Zerspaltung liegt das Einsatzgewicht bei 1331g pro Teil. Verwendet man einen gepressten Rohling, ergibt sich ein Einsatzgewicht von 616g (Bild 4). Die in diesem Fall notwendige Vorbehandlung des Einsatzmaterials für das Pressen (Rissprüfen, Phosphatieren) erhöht den Preis gegenüber Stangenmaterial, so dass sich für das Material eine Kosteneinsparung von > 20% ergibt.

Ausgehend vom Pressrohling werden entsprechend der Kundenforderungen die Prüf- und Zerspaltungprozesse ausgelegt. Nach der Kaltumformung erfolgen Innenbearbeitung und Vergüten sowie die Prüfung auf 100% Rissfreiheit, abschließend folgt die Außenbearbeitung.

Im Gegensatz zur Fertigung durch reine Zerspaltung ergibt sich bei einer kombinierten Fertigung eine Zeitersparnis von ca. 20% (Bild 5). Insgesamt ergibt sich eine Kosteneinsparung aus dem Material und den kombinierten Fertigungsschritten von > 10%.



**Bild 4**  
Einsatzgewicht Achszapfen

hang beibehalten werden [1]. Die hier vorgestellten Teile werden durch Kaltstauchen sowie Fließpressen hergestellt. Der eingesetzte Werkstoff wird weitgehend ausgenutzt.

Umformung bedeutet kurze Fertigungszeiten: Da das Gesamtwerkstoffvolumen gleichzeitig umgeformt wird und metallische Werkstoffe hohe Umformgeschwindigkeiten zulassen, können in Verbindung mit automatischer Werkstoffzu- und Werkstückabfuhr Presshubzahlen > 200 pro Minute bei Schrauben und Kleinteilen sowie zwischen 40 und 100 Hub pro Minute bei Kaltumformteilen zwischen 200 und 600 g pro Stück erreicht werden [2].

Durch den ununterbrochenen Faserverlauf erhält man eine erheblich höhere Gestaltfes-

tigkeit und verminderte Kerbwirkung gegenüber spanend hergestellten Werkstücken [3].

#### 2.2 Zerspanen

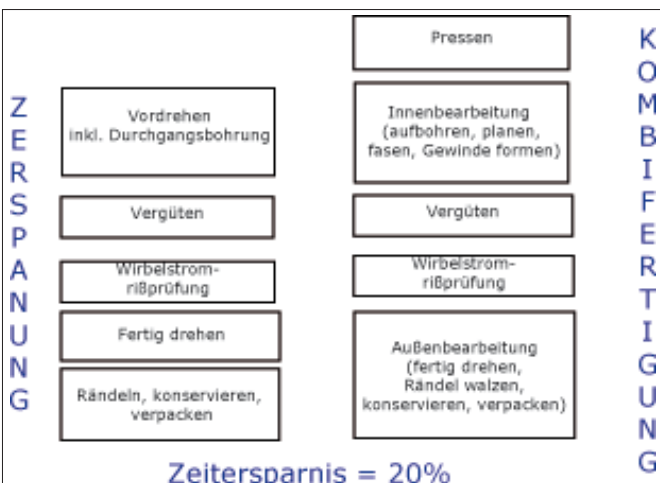
Unter Spanen versteht man einen Trennvorgang, bei dem mit Hilfe der (definierten) Schneiden eines Werkzeuges Werkstoffschichten in Form von Spänen zur Änderung der Werkstückform mechanisch abgetrennt werden.

Zerspanen zeichnet sich durch den vergleichsweise geringen Werkzeugaufwand und kurze Rüstzeiten aus. Auch geringe Losmen- gen können wirtschaftlich gefertigt werden. Es entstehen hohe Abfallanteile in Form von Spänen.

#### 3.2 Ventilgehäuse für Nockenwellenverstellung

Mit der Nockenwellenverstellung kann die Ventilüberschneidung geändert werden, um so bei geringer Ventilüberschneidung ein hohes Drehmoment bei niedriger Drehzahl und bei hoher Ventilüberschneidung eine hohe Leistung bei hoher Drehzahl zu erreichen. Außerdem ergeben sich bessere Abgaswerte im Leerlauf.

Ursprünglich wurden die Ventilgehäuse (Bild 6) aus dem Vollen gedreht. Bei der Peiner Umformtechnik GmbH wurde das Teil auf die Möglichkeit der kombinierten Fertigung hin geprüft und dem Kunden ein entsprechender Vorschlag unterbreitet, der angenommen



**Bild 5**  
Zeitersparnis  
Achszapfen



**Bild 6**  
Ventilgehäuse Pressteil, Halb-,  
Fertigteil, Baugruppe

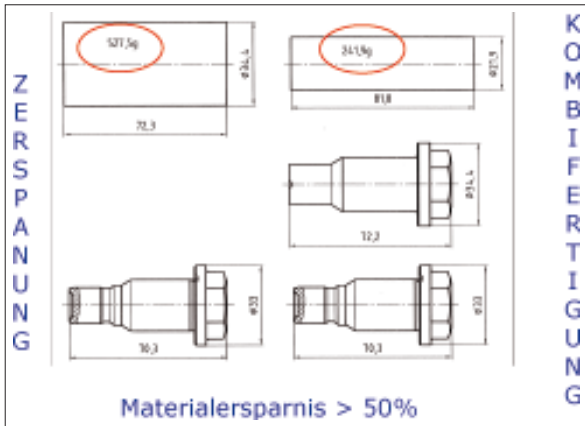


Bild 7

Einsatzgewicht Ventilgehäuse



Bild 8

Verpacken Ventilgehäuse

wurde. Außenkontur und Sechskant werden durch Pressen hergestellt. Es ergibt sich eine Materialersparnis von > 50 % (Bild 7).

Die Pressrohlinge werden vergütet, mittels Wirbelstrom auf Risse geprüft und in einer Bearbeitungszelle gedreht und verpackt (Bild 8).

Die Fertigungszeit wird um ca. 60% verringert (Bild 9). Die Gesamtkostenersparnis liegt bei > 50 %.

### 3.3 Einschweißbolzen

Der Einschweißbolzen (Bild 10) verbindet im Chassis-/Achsbereich den Längsträger und die Achsaufhängung mit dem Fahrstempel (Kleintransporter).

Aufgrund des Mittelbundes ist ein Zerspanteil nicht wirtschaftlich zu fertigen, da hier der Materialeinsatz knapp das Vierfache gegenüber der kombinierten Fertigung betragen würde (Bild 11).

Nach dem Pressen erfolgt nur noch eine Innenbearbeitung auf einem Rundtaktisch. Die Zeitersparnis beträgt 80% (Bild 12). Die Einsparung bei den Herstellkosten beträgt > 60%.

### 4 Einsatzmöglichkeiten der kombinierten Fertigung

Nachdem die kombinierte Fertigung bislang überwiegend auf die Bearbeitung von gegossenen oder geschmiedeten Rohlingen be-

schränkt war, wurde dieses Feld auf die Kaltumformung ausgedehnt. Damit ergibt sich eine Vielzahl neuer Anwendungsmöglichkeiten. Kombinierte Fertigung ist unabhängig vom Einsatzfall des Werkstückes. Ausnahmen bilden Werkstücke bei denen insbesondere auf den ununterbrochenen Faserverlauf Wert gelegt wird oder die Kaltverfestigung ausgenutzt werden soll.

Die kombinierte Fertigung ist besonders bei Massenfertigung von Interesse. In der Kaltumformung lohnen sich die hohen Werkzeugkosten und langen Rüstzeiten nur bei entsprechend großen Losgrößen. Beim Kaltumformen betragen die Werkzeugkosten für ein Teil mit mittlerem Umformgrad bei der

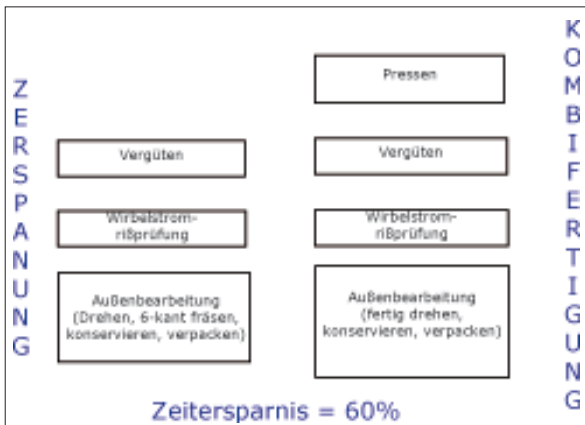


Bild 9

Zeitersparnis Ventilgehäuse



Bild 10

Einschweißbolzen mit Mittelbund

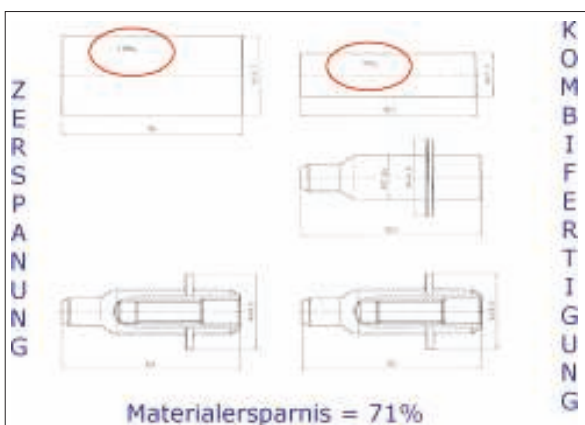


Bild 11

Einsatzgewicht Einschweißbolzen

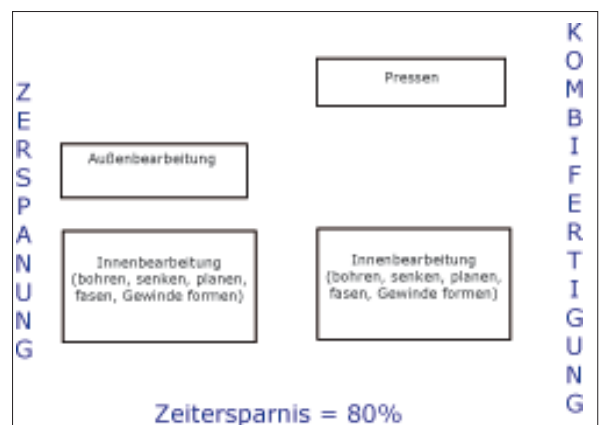


Bild 12

Zeitersparnis Einschweißbolzen

Erstanschaffung ca. 30 TEURO (inkl. Konstruktionsaufwand); die Kosten für die Verschleißwerkzeuge betragen 50 bis 70 EURO pro 1000 Stück.

In der Zerspaltung können Einzweck-Rundtaktmaschinen (Investitionsvolumen 200 bis 300 TEURO) oder flexible Drehmaschinen (Investitionsvolumen 300 bis 500 TEURO) zum Einsatz kommen. Die Kosten der Verschleißwerkzeuge liegen bei mittlerem Zerspaltungsaufwand bei 30 bis 60 EURO, bei hohem Aufwand bis zu 100 EURO pro 1000 Stück. Der wirtschaftliche Nutzen ist bei Einzweckmaschinen ab einer Mindeststückzahl von 700 TST/Jahr und einer Mindestlaufzeit von 4 Jahren gegeben. Bei flexiblen Bearbeitungszentren sollte die Stückzahl 500 TST/Jahr und die Laufzeit 2 Jahre nicht unterschreiten. Erstanschaffungskosten fallen nicht an.

Das Stückgewicht ist auf ca. 1200 g bei Kaltumformung und 4000 g bei Warmumformung beschränkt.

Checkliste kombinierte Fertigung		Tabelle 1
-Bedarf mindestens 500.000 Stück/Jahr		Checkliste
-Laufzeit mindestens 2 Jahre		
-Stückgewicht max. 1.200 g bei Kaltumformung		
-nicht rotationssymmetrisch		
-versetzte Achsen		
-großes Zerspaltungsvolumen		
<b>Wenn mindestens 4 Punkte zutreffen, ist das Teil für eine kombinierte Fertigung geeignet.</b>		

Insbesondere Teile mit folgenden geometrischen Eigenschaften eignen sich für die kombinierte Fertigung:

- Teile mit großem Unterschied zwischen Kleinst- und Größtdurchmesser (hohes Zerspaltungsvolumen)
- nicht rotationssymmetrische Teile
- Teile mit versetzten Achsen (Exzenter)

Wenn Stückzahl, Gewicht und Geometrie den oben beschriebenen Anforderungen entsprechen, sind erhebliche Kosteneinsparungen durch intelligente Fertigungskombination bei gleich bleibenden oder verbesserten

Gebrauchseigenschaften möglich (Tabelle 1). Realisiert werden können diese Einsparungspotentiale jedoch nur durch die frühzeitige Entwicklungspartnerschaft mit geeigneten Lieferanten, die über Erfahrung nicht nur auf dem Gebiet der Massivumformung sondern auch beim Zerspaltung verfügen. So können Material und Geometrie für beide Seiten optimal festgelegt werden.

Kombinierte Fertigung schafft für Kunden und Lieferanten eine Win-Win-Situation. Nur so ist es möglich, Verschwendungen zu vermeiden und auch in Zukunft wettbewerbsfähig zu bleiben (Bild 13).

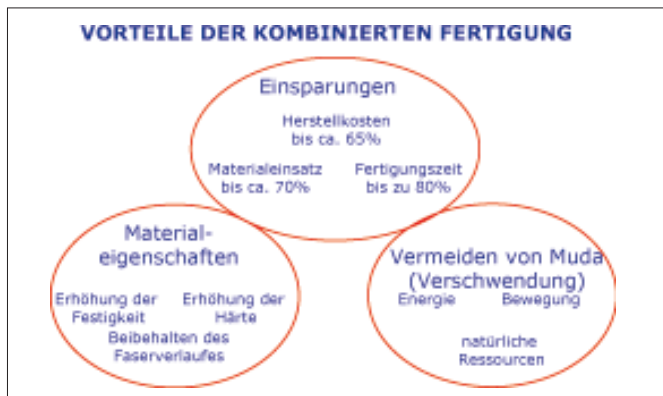


Bild 13

Vorteile der Kombifertigung

### Literatur

[1] Beitz, W.; Grote, K.-H.: *Dubbel-Taschenbuch für den Maschinenbau*; 19. Auflage 1997, Berlin: Springer.

[2] Tschätsch, H.: *Praxis der Umformtechnik*; 7. Auflage 2003, Wiesbaden: Vieweg.

[3] Jende, S.: *Verschraubungen am Motor in Handbuch Verbrennungsmotor*; Hrsg.: van Basshyusen, Schäfer; 3. Auflage 2005, Wiesbaden: Vieweg.