

FOTOS: HONSEL

Getriebegehäuse 8HP45 von ZF Friedrichshafen.

# Künftige Trends bei Leichtmetall-Getriebekomponenten

VON JÜRGEN REUSCH, MESCHEDÉ

## Abstimmung von Bauteil-konstruktion, Gießverfahren und Materialauswahl

Hersteller von Getriebegehäusen aus Leichtmetall benötigen künftig neben dem obligatorischen Know-how über Werkstoffe und Gießprozesse auch detaillierte Kenntnisse in der Getriebetechnik und dem Getriebeentwicklungsprozess. Zusammen mit ihren Kunden - Getriebe- und Fahrzeughersteller - können sie dann Bauteilkonstruktion (z. B. Ölkühleraufhängung, Gestaltung und Dimensionie-

rung von Lagerstellen oder die Position von Ölkanälen), Gießverfahren und Materialauswahl so aufeinander abstimmen, dass das Potential des Leichtmetallwerkstoffs optimal genutzt wird. Das Ergebnis sind leichtere und kleinere Getriebe als bisher - mit höherem Wirkungsgrad, verbesserter Lebensdauer, höherem Komfort und größerer Zuverlässigkeit, die den Kraftstoffverbrauch reduzieren und so Kosten einsparen können. Speziell bei Lastkraftwagen mit limitiertem Gesamtgewicht erhöhen leichtere Getriebe die Transportkapazität, da sie das Fahrzeuggewicht senken und damit die Nutzlast erhöhen.

## Konstruktion weiter verbessern

Doch welche Trends werden die Weiterentwicklung von Getriebekomponenten aus Leichtmetallguss künftig bestimmen? Bei der Honsel AG, Meschede, sind die Entwicklungsrichtungen in der Getriebetechnik analysiert und ihr Einfluss auf die Bauteile abgeleitet worden.

Der erste Optimierungsschritt besteht darin, die derzeitigen konstruktiven Lösungen für Getriebegehäuse und -komponenten weiter zu verbessern. Werden zusätzliche Funktionen in das Getriebegehäuse integriert, reduzieren sich Kosten, Bauraum und Gewicht bei gleichzeitiger

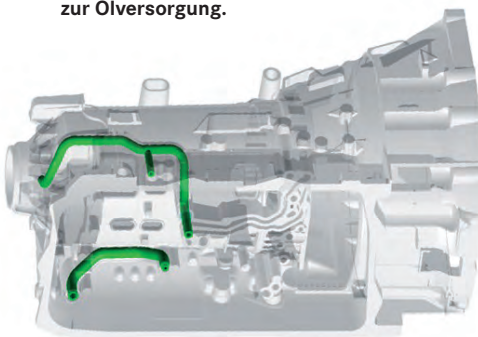
Erhöhung der Zuverlässigkeit. Einige Lösungen hierfür sind bei namhaften Getriebeherstellern bereits in die Serie umgesetzt. Beispielsweise müssen in Getriebegehäuse von Automatikgetrieben Kanäle mit kleinen Querschnitten für die Ölversorgung der hydraulischen Steuerung eingebracht werden. Um aufwendige Bohrungsbearbeitungen am Bauteil mit der Gefahr einer entsprechend hohen Quote von undichten Stellen zu vermeiden, gießt Honsel beim neuen 8-Gang-Automatikgetriebe „8 HP“ der ZF Friedrichshafen AG, Friedrichshafen, vorgebogene Stahlrohre als Ölleitungen in das Aluminiumgehäuse mit ein. Vorteile sind die kostengünstige Gehäusefertigung, eine verbesserte Ölzirkulation im Getriebe dank reduzierter hydraulischer Strömungsverluste sowie die Möglichkeit, verschiedene Getriebevarianten mit einem oder zwei Ölversorgungsleitungen in der gleichen Druckgießform gießen zu können (Bild 1).

Ein weiteres Beispiel erfolgreicher Funktionsintegration ist der Getriebeölkühler beim ZF-Nutzfahrzeuggetriebe „Ecolife“. Während der Ölkühler normalerweise außerhalb des Getriebegehäuses platziert und über zwei separate Ölleitungen mit dem Getriebeölsumpf verbunden wird, konnte bei diesem Getriebe der gesamte Getriebeölkühler bauraum- und kostensparend in das von Honsel gelieferte Gehäuse integriert werden. Durch den Entfall der Ölleitungen verringert sich damit auch die Gefahr undichter Stellen (Bild 2).

### Neue Legierungen

Aber auch Werkstoffe und speziell darauf abgestimmte Gießverfahren bieten noch Potential, Gewicht zu reduzieren und damit Kraftstoff einzusparen. Magnesium ist bekanntlich einer der leichtesten metallischen Konstruktionswerkstoffe. Es wiegt rund 75 % weniger als Stahl und ist 30 % leichter als Aluminium. Seit 2004 nutzt Honsel Magnesium als Werkstoff für das Gehäuse des Automatikgetriebes „7G-Tro-

**Bild 1: Getriebegehäuse 8HP45 von ZF mit eingegossenenen Stahlrohren zur Ölversorgung.**



**Bild 2: Getriebegehäuse Ecolife mit integriertem Ölkühler.**

nic“ (interne Bezeichnung NAG II) von Mercedes-Benz. Das Getriebe mit sieben Gangstufen kommt unter anderem in der E-Klasse zum Einsatz. Das Magnesiumgehäuse wiegt nur 5,9 kg. Trotz der größeren Baulänge – bedingt durch die zwei zusätzlichen Gänge und der um 20 % erhöhten Drehmomentkapazität – ist es 2,4 kg leichter als das Aluminiumgehäuse des Vorgängergetriebes (Bild 3).

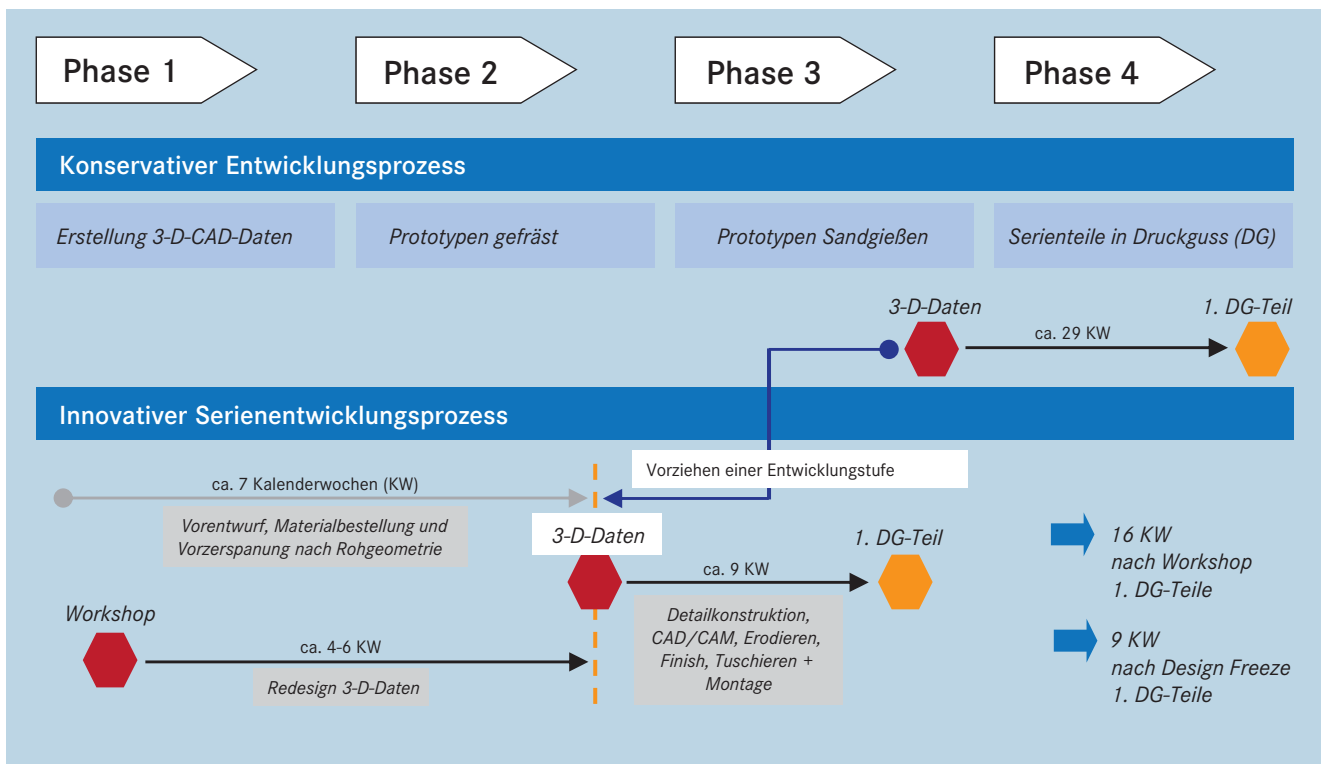
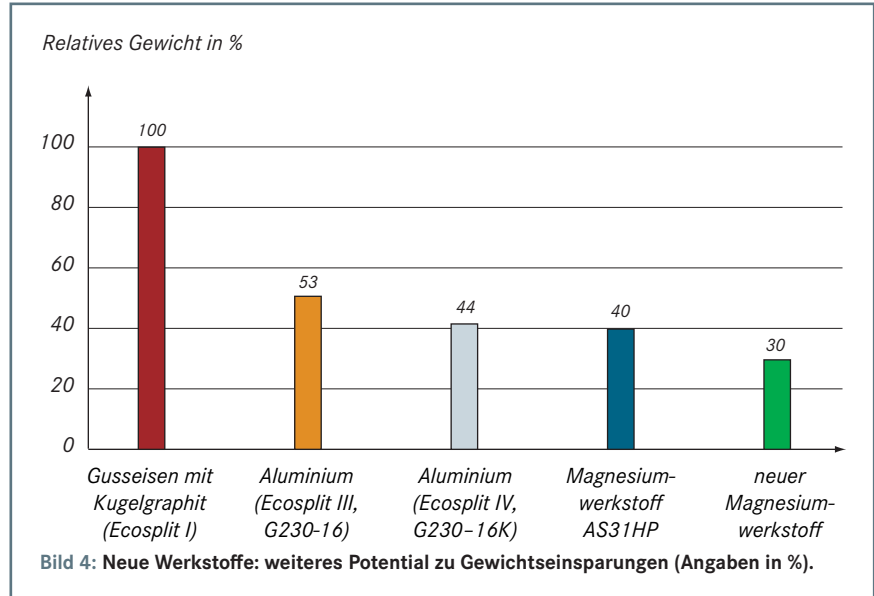
Bei der Konstruktion eines Bauteils aus Magnesium müssen allerdings die spezifischen Eigenschaften des Werkstoffs besonders beachtet werden. Vor allem Korrosion, etwa durch Spritzwasser, das sich in Vertiefungen des Getriebegehäuses sammeln könnte, ist zu vermeiden. Daher wurde bei der Konstruktion der Gussteilkonturen darauf geachtet, Verrippungen und Taschen stark zu reduzieren. Zudem muss bei der Auslegung von Verschraubungen berücksichtigt werden, dass Magnesium bei höheren Temperaturen eine größere Kriechneigung als Aluminium hat. Damit die Klemmkraft und damit die Dichtheit dauerhaft erhalten bleibt, haben sich Verbindungen mit Aluminiumschrauben bewährt, die zudem noch Gewicht einsparen.

Bei der Verarbeitung stellen Magnesiumschmelzen erheblich höhere Anforderungen an die Prozessführung während des gesamten Gießvorgangs als Aluminiumschmelzen. Allerdings hat die Verarbeitung von Magnesium auch Vorteile: Aufgrund des gegenüber Aluminium geringeren Wärmeinhalts erstarrt es schneller, was die Taktzeiten verkürzt. Das trägt dazu bei, die höheren Werkstoffkosten für Magnesiumlegierungen zu kompensieren.

Bislang hat Honsel Getriebegehäuse aus Magnesium bevorzugt aus der Legierung AS 31 gefertigt. Das Potential, Gewicht weiter zu reduzieren, bieten neue Magnesiumlegierungen mit verbesserten Kriech- und Warmfestigkeiten. Hersteller von Magnesiumlegierungen haben diese insbesondere für Fahrzeugmotoren entwickelt. Wie Voruntersuchungen zeigen, eignen sie sich aber auch hervorragend für Getriebegehäuse. Aufgrund der verbes-

### KURZFASSUNG:

Ausgehend vom Leichtmetall-Getriebegehäuse als Gussteil stellt die Honsel AG, Meschede, innovative Lösungen zu den aktuellen Entwicklungstrends in der Getriebetechnik für Pkw und Nfz vor. Innovative Leichtmetallwerkstoffe und höhere Funktionsintegration eröffnen dabei weitere Potentiale bei Kosten, Gewicht, Bauraum und Zuverlässigkeit, während innovative Entwicklungsprozesse Zeit-, Kosten- und Qualitätsvorteile bieten. Zudem verfolgt Honsel ein Getriebegehäusekonzept, bei dem die Bereiche der Wellenlagerung in Form von hochfesten sogenannten Stahlinserts in das Leichtmetallgehäuse eingegossen werden. Ein weiterer Entwicklungsansatz sieht ein Getriebegehäuse vor, bei dem ein Vorgelege das Eingangsdrehmoment reduziert, so dass das Getriebe bei geringeren Kosten 50 % kleiner und 50 % leichter dimensioniert werden kann.



serten Kennwerte lassen sich Getriebegehäuse aus den neuen Magnesiumlegierungen nochmals leichter dimensionieren, so dass möglicherweise auch bei hoch belasteten Getriebegehäusen zusätzlich bis zu 10 % Gewicht eingespart werden kann. Um das Potential der neuen Werkstoffe am realen Produkt genauer bewerten zu können, plant Honsel in Zusammenarbeit mit Automobil- und Getriebeherstellern, Getriebegehäuse aus diesen Magnesiumlegierungen als Prototypen unter seriennahen Bedingungen im Druckgießverfahren zu gießen und durch entsprechende Tests für eine Serienanwendung zu qualifizieren. (Bild 4)

**Beanspruchbarkeits-/ Beanspruchungsanalyse**

Eine auf Berechnungen basierende virtuelle Produktentwicklung wird bei der Entwicklung von anspruchsvollen gegossenen Bauteilen aus Leichtmetall immer wichtiger.

Derzeit geht das Werkstoffverhalten nur mit wenigen idealisierten Kennwerten in die Bauteildimensionierung ein. Vorbelastungen aus dem Gießprozess, wie Eigenspannungen, Materialeigenschaften und Gefügefehler, werden nicht abgebildet, sondern pauschal über Sicherheitsfaktoren berücksichtigt. Das kann zu lokal überdimen-

sionierten Bauteilen und den damit verbundenen Gewichtsnachteilen führen.

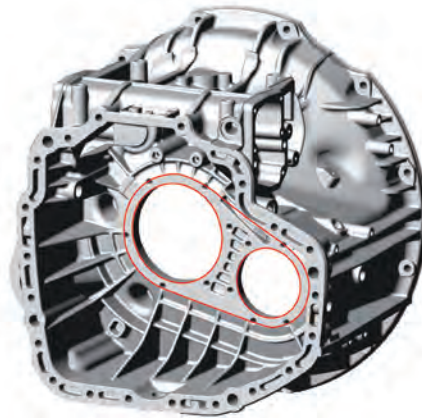
Bei Honsel wird der gesamte Gießprozess, wie Formfüllung, Erstarrung und weitere Prozessparameter des Gießzyklus, im Rahmen einer Simulationsrechnung abgebildet. Daraus werden die lokalen Werkstoffkennwerte im Bauteil abgeleitet. Die so berechnete Beanspruchbarkeit des Bauteils wird dann den örtlichen Beanspruchungen (Nennspannungen, lokale Spannungen, Verformungen) des Bauteils aus der Analyse nach der Finite-Elemente-Methode (FEM) gegenübergestellt. Ein Abgleich beider Simulationsergebnisse führt damit zu einer zielsicheren Dimensionie-

rung des Bauteils auf Basis der lokal vorliegenden Werkstoffkennwerte. Wesentliche Kennwerte wie Zugfestigkeit, Streckgrenze sowie Bruchdehnung lassen sich sehr genau berechnen und prognostizieren, wie ein Vergleich zwischen gemessenen Kennwerten realer Bauteile und den berechneten Werten zeigt.

### Entwicklungszeit straffen

Der verstärkte Einsatz von Simulationswerkzeugen für den Gießprozess erlaubt eine verkürzte und damit kostenoptimierte Entwicklung von Getriebegehäusen, denn die Prozesssimulation spart aufwendige Versuche ein. Das gilt neben Getriebegehäusen auch bei sogenannten Steuerteilen aus Aluminium für die hydraulische Steuerung von Automatikgetrieben, die im Druckgießverfahren hergestellt werden.

Bisher wurden die Steuerteile anhand von 3-D-Daten als Funktionsmuster gefräst, danach Sandgießprototypen erzeugt und dann erst die Druckgießform für die Serienteile gefertigt. Die Anfertigung der Prototypenteile im Sandgießverfahren erfolgt zwar schnell, liefert aber in Bezug auf den späteren Serienherstellungsprozess keine aussagefähigen Ergebnisse. Bei den Teilen, die im Sandgießverfahren hergestellt werden, unterscheidet sich das hydraulische Verhalten (z. B. Schaltzeit und Schalthysterese) deutlich von dem des späteren Serienteils. Ziel war es deshalb, den Entwicklungsablauf so zu straffen, dass auf eine Baustufe mit Sandgießprototypen ganz verzichtet werden kann. Inzwischen werden schon nach Vorliegen der ersten 3-D-Daten des Steuerteils alle für den Druckgießprozess relevanten Anpassungen im Rahmen eines Workshops mit dem Kunden abgestimmt. Parallel dazu starten alle notwendigen Vorarbeiten für die Druckgießform, so dass nach der Überarbeitung der 3-D-Daten auf Basis der Ergebnisse aus dem Workshop mit anschließendem Design-Freeze (Einigung auf ein Design) nur noch die Labyrinthinsätze anzufertigen sind. Neun Wochen nach dem Design-Freeze liegen erste im Druckgießverfahren gefertig-



**Bild 6: Eingegossene Stahlinserts: Vermeidung von zusätzlichen Belastungen und Erhöhung der lokalen Steifigkeit.**

te Steuerteile vor. Durch die enge Zusammenarbeit zwischen Getriebehersteller und Gießerei kann so auf die komplette Entwicklungsstufe mit Sandgießprototypen verzichtet werden. Neben der auf 16 Wochen verkürzten Anfertigungszeit für das Werkzeug bietet der neue Prozess in der Summe sehr viel früher eine belastbare Aussage zur Schaltqualität des Getriebes unter Serienprozessbedingungen. Damit wird die Feinabstimmung der Schaltqualität im Vergleich zum bisherigen Serienentwicklungsprozess kostengünstiger und einfacher realisiert (Bild 5).

### Weitere Getriebeinnovationen

Die beschriebenen Optimierungsmaßnahmen bei Konstruktion, Werkstoffauswahl und Produktentstehungsprozess werden kurzfristig neue Standards bei der Entwicklung von Getriebegehäusen und Getriebebauteilen setzen. Mittelfristig sind auf dieser Basis weitere Innovationen denkbar. Beispielsweise verfolgt Honsel ein Getriebegehäusekonzept, bei dem die Bereiche der Wellenlagerung in Form von hochfesten sogenannten Stahlinserts in das Leichtmetallgehäuse eingegossen werden. Als besonders kostengünstige Lösung wäre es sogar möglich, die Rohteile für die Lagersäulenringe der Wälzlagerung direkt in das Gehäuse einzugießen. Vorteil dieser Insert-Lösung ist die hohe radiale und axiale

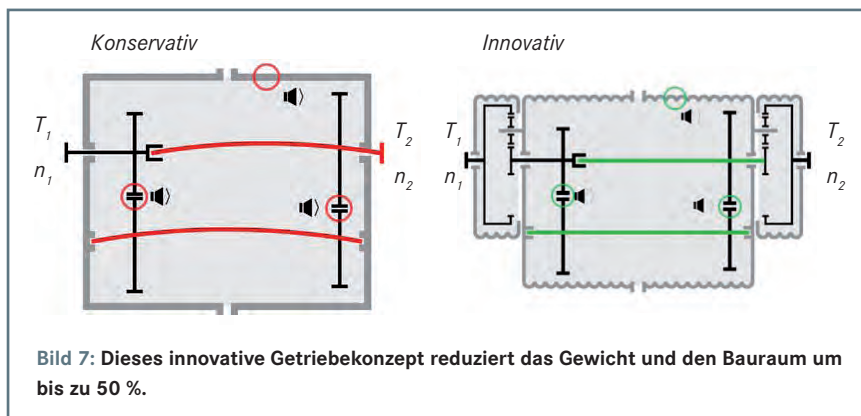
Festigkeit sowie Steifigkeit im kritischen Bereich der Aufnahmebohrungen für die Wälzlager. Auch bleiben zusätzliche Belastungen und Einflüsse resultierend aus den unterschiedlichen Wärmeausdehnungen im Fahrbetrieb aus, da sich Insert und Getrieberadsatz im gleichen Maße thermisch ausdehnen. Die ebenfalls geringe Tragbildverlagerung unter Last und Temperatur führt zu einer Reduzierung der Laufgeräusche und zu einer Erhöhung der Verzahnungslebensdauer. Der höhere Wirkungsgrad führt zu geringeren Verlusten und senkt damit den Kraftstoffverbrauch (Bild 6).

Schließlich könnte ein überarbeitetes Getriebeconcept weiteres Gewicht einsparen und den Kraftstoffverbrauch senken. Generell hängen Baugröße und letztlich auch das Gewicht eines Getriebes entscheidend von dem zu übertragenden Drehmoment ab. Ein Entwicklungsansatz, angeregt durch Honsel, sieht ein Getriebe vor, bei dem z. B. ein Planetengetriebe das Eingangsdrehmoment reduziert. Dadurch nehmen die Zahnkräfte ab, so dass Wellenverlagerungen, -durchbiegungen sowie Schiefstellungen im Zahneingriff deutlich reduziert werden. Im Ergebnis steigen Lebensdauer und Zuverlässigkeit, Geräuschemissionen werden reduziert und der Wirkungsgrad verbessert. Zudem verringert sich der Achsabstand um rund 20 %, so dass das Getriebe bei geringeren Kosten 50 % kleiner und 50 % leichter dimensioniert werden kann. Diese Idee könnte sich vor allem für Nutzfahrzeuggetriebe eignen, die hohe Drehmomente bei mittleren Drehzahlen übertragen (Bild 7).

### Zusammenfassung und Ausblick

Insbesondere in der Automobilbranche wird sich die Zusammenarbeit zwischen den Herstellern von Gussteilen und ihren Kunden weiter verändern. Gefragt sind zunehmend Partner, die Entwicklungen von der ersten Idee an begleiten und beraten. Dazu müssen die Hersteller von Gussteilen ein tiefes technisches Systemverständnis der Produkte aufbauen, für die sie Bauteile liefern. Honsel bietet innovative Lösungen zu den aktuellen Entwicklungstrends in der Getriebe-technik und arbeitet gemeinsam mit den Kunden an der Realisierung künftiger Getriebeconzepte. Ausgangspunkt ist dabei die Entwicklung von Getriebegehäusen. Innovative Leichtmetallwerkstoffe und höhere Funktionsintegration eröffnen dabei weitere Potentiale bei Kosten, Bauraum und Zuverlässigkeit, während innovative Entwicklungsprozesse Zeit-, Kosten- und Qualitätsvorteile bieten.

*Dr.-Ing. Jürgen Reusch verantwortet als Leiter Entwicklung Getriebe die F&E-Aktivitäten der Honsel AG auf diesem Gebiet*



**Bild 7: Dieses innovative Getriebeconcept reduziert das Gewicht und den Bauraum um bis zu 50 %.**