



Whitepaper

Die Zukunft von Strukturbauteilen für Druckgusslösungen.

Hermann Jacob Roos

(Structural Process Manager)
Bühler AG, Uzwil, Schweiz

Martin Lagler

(Director Global Application Technology Die Casting)
Bühler AG, Uzwil, Schweiz

Luis Quintana

(Application Technology Specialist)
BuhlerPrince Inc., Holland, Michigan, USA

Mit Strukturbauteilen den Automobil-Massenmarkt erschliessen

Zusammenfassung:

Angesichts der anhaltenden Nachfrage nach leichteren Bauteilen in der Automobilbranche ist ein lukrativer Markt für den Druckguss entstanden: Strukturbauteile. 2018 sollte die Nachfrage nach diesen grossen, komplexen Bauteilen wie Federbeinstützen und Längsträgern knapp 6 Millionen Automobile abdecken, wobei vielfach mehrere Strukturbauteile pro Fahrzeug verbaut wurden. Prognosen zufolge soll sich das Einsatzgebiet bis 2025 auf rund 9 Millionen Fahrzeuge ausweiten.³ Wenngleich diese Strukturbauteile eine von den Automobilherstellern gewünschte steifere und zugleich leichtere Lösung bieten, haben die Kosten für längere Produktionsläufe bislang die Nutzung beschränkt. Derzeit finden sich Strukturbauteile vorwiegend in Sportwagen, Fahrzeugen der Luxusklasse, SUVs und der oberen Mittelklasse. Hier rechnen sich kleinere Produktionsläufe wirtschaftlich. Doch die wirtschaftlichen Grundlagen des Druckgussverfahrens ändern sich. In den letzten Jahren sind die Kosten von Strukturbauteilen um 20 Prozent gesunken.

In diesem Beitrag diskutieren wir die Auswirkungen der Kombination aus fortschrittlichem thermischen Management, der Verwendung neuer Legierungen und einem ausgeklügelten Produktdesign. Diese Punkte könnten die Produktionskosten sogar noch weiter senken, um Strukturbauteile kosteneffizient für den Automobil-Massenmarkt zu machen. Prognosen zufolge soll die Fahrzeugproduktion bis 2023¹ die Marke von 110 Millionen Fahrzeugen erreichen. Bei zwei bis sechs Strukturbauteilen pro Fahrzeug könnten diese technologischen Fortschritte dem Druckguss weltweit Chancen eröffnen. Wenn die Wertschöpfungskette – von Druckgiessmaschinenherstellern über Giessereien und Automobilhersteller – zusammenarbeitet, kann dies Realität werden.

Was macht Strukturbauteile für die Automobilbranche so attraktiv?

Giessereien auf der ganzen Welt sehen sich fundamentalen Veränderungen in der Automobilindustrie gegenüber, die tiefgreifende Auswirkungen auf die Branche haben. Die Verbrauchernachfrage sowie umweltrechtliche Verordnungen verändern die Art, wie Menschen Autos nutzen wollen sowie die Anforderungen an die Autos selbst. Die E-Mobilität

entwickelt sich rasant: Der weltweite Absatz ist von 2 Millionen im Jahr 2017 auf 5,1 Millionen im Jahr 2018 gestiegen.²

Jeder Automobilhersteller ist darauf bedacht, nachhaltigere Fahrzeuge zu produzieren – zu möglichst geringeren Kosten. Einer der Schlüssel für geringeren Kraftstoffverbrauch, eine grössere Batteriereichweite oder weniger Emissionen besteht in der Produktion leichterer Autos. Hierin liegt die steigende Nachfrage nach Strukturbauteilen begründet.

Die Rolle des Druckguss bei der Reduktion des Fahrzeuggewichts

Das Fahrzeuggewicht lässt sich erwiesenermassen mit grossen Strukturbauteilen reduzieren. Teile aus Aluminiumlegierungen bieten eine aussergewöhnliche Festigkeit und eine hohe Gestaltungsfreiheit und sind dabei leichter als herkömmliche Bauteile aus Stahl.

Dieses Streben nach weniger Gewicht ist unabhängig von der Art des Antriebs. Diskussionen über die besten nachhaltigen Antriebslösungen gehen vom Verbrennungsmotor über Plug-in-Hybride, Hybridfahrzeuge, E-Autos bis hin zu Autos mit Wasserstoffantrieb. Die Verbrauchereinstellungen sowie regionale und lokale Vorschriften können die Nachfrage auf den verschiedenen Märkten verzerren. Für Druckgiessereien ist deshalb die Investition in die Fertigung von Strukturbauteilen eine klare strategische Lösung.

Strukturbauteile kamen erstmals im deutschen Markt für Luxusfahrzeuge zum Einsatz und werden heute auch in anderen Segmenten vielfältig eingesetzt (siehe Abbildung 1).

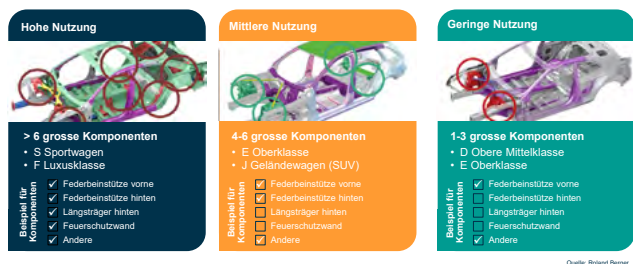


Abbildung 1: Derzeitige Verwendung von Strukturbauteilen auf dem Automobilmarkt

Ein wichtiger Einsatzbereich für Druckgusslösungen

Sport-Coupés der S-Segments und Fahrzeuge der Luxusklasse verwenden derzeit die grösste Bandbreite an Strukturbauteilen, darunter vordere und hintere Federbeinstütze und Längsträger für die Absorption von Aufprallenergie. Für den Jaguar I-PACE kommen beispielsweise 15 Strukturbauteile je Fahrzeug zum Einsatz.

Das Oberklasse-Segment sowie Sportwagen verwenden Druckgussteile in Federbeinstützen und Trägerverstärkungen. Der vielleicht grösste Abnehmer ist die Mercedes C-Klasse, von der jährlich rund 400 000 Fahrzeuge verkauft werden. Mittelklasse-Fahrzeuge verwenden Druckgussteile für vordere Federbeinstützen und die Tunnelverstärkung.

Der Übergang zu Strukturbauteilen gewinnt weltweit an Dynamik. Eine im Auftrag von Bühler von der globalen Unternehmensberatung Roland Berger durchgeführte Analyse des gegenwärtigen Marktes (siehe Abbildung 2) zeigt, dass die Stückzahlen zwischen 2015 und 2025 vermutlich von 3,3 Millionen Fahrzeugen auf 8,9 Millionen Fahrzeuge steigen werden.³ In der Studie berücksichtigt sind die bekannten Produktionsanläufe der Automobilhersteller. Neue Plattformen könnten die Nachfrage nach Strukturbauteilen weiter steigen lassen.

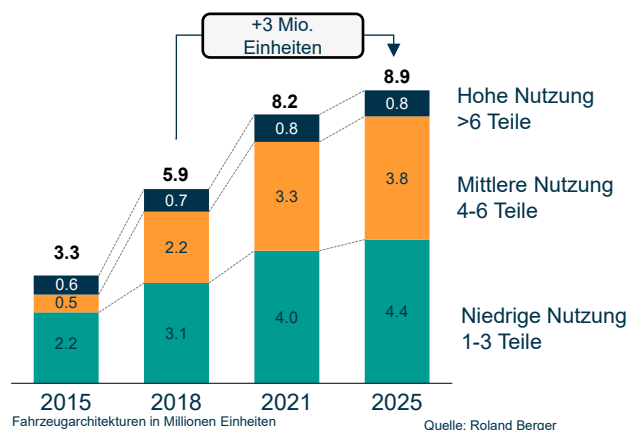


Abbildung 2: Voraussichtliches Wachstum der gegenwärtig existierenden Strukturbauteile in Fahrzeugen, 2015 bis 2025

Automobile des E- und D-Segments sowie Sportwagen (S-Segment) werden wahrscheinlich für einen grossen Teil dieses Wachstum verantwortlich sein.

Das Potenzial für eine erfolgreiche Einführung auf dem Massenmarkt

Derzeit sind die Investitionskosten für Formen im Vergleich zu anderen Prozessen zwar gering, doch die Formen unterliegen einer wesentlich höheren Abnutzung, was wiederum die Wartungskosten für höhere Produktionszahlen steigen lässt. Damit sind die Stückkosten aktuell zu hoch, um in den Mittelklassemarkt oder den Massenmarkt für kleinere Modelle vorzudringen.

Die Analyse von Bühler zeigt, dass Kosteneinsparungen, mit denen der Durchbruch ins C-Segment gelingen kann, in Verbindung mit einer stärkeren Verbreitung in den bestehenden Segmenten die Branche grundlegend verändern (siehe Abbildung 3) und den Markt mit heute sechs Millionen Autos bis 2030 auf über 25 Millionen vergrößern könnte.

Die Frage ist: Welche Fortschritte sind mit der gegenwärtigen Technologie möglich, damit es Druckgiessereien gelingen könnte, die Kostengrenze für eine Einführung auf dem Massenmarkt zu durchbrechen?



Abbildung 3: Potenzielles Wachstum des Marktes für Strukturbauteile bei geringeren Produktionskosten

Drei technologische Fortschritte in unmittelbarer Reichweite

Mithilfe des in Europa, China und Nordamerika gesammelten Anwendungswissens hat Bühler drei Bereiche identifiziert, in denen anwendungsspezifische Entwicklungen die von der Branche benötigten Kosteneinsparungen bei der Produktion bewirken könnten:

1. Thermisches Management
2. Legierungsauswahl
3. Leichtbau durch Produktdesign

Die vorgestellten Berechnungen beziehen sich auf den Einsatz einer 4400-Tonnen-Maschine mit einer Anwendung mit zwei Kavitäten mit einem Drei-Platten-Werkzeug. Die Berechnungen ergeben, dass mit fortschrittlichen Techniken zur Verkürzung der Zykluszeiten und zur Verbesserung der Formlebensdauer erhebliche Kosteneinsparungen möglich sind.

1. Verbesserung der Produktivität durch thermisches Management

Thermisches Management spielt für die Zykluszeiten, die Formlebensdauer und die Teilequalität eine wesentliche Rolle. Die Verbesserung des thermischen Managements in einem bestehenden Prozess kann daher zu Verbesserungen in sämtlichen drei Bereichen führen.

Die Kombination aus einem verbesserten Wärmehaushalt und einem zusätzlichen gezielten Mikrosprühen kann in Verbindung mit einer optimalen Zellenanordnung die Zykluszeiten für eine typische Federbeinstütze um ein Drittel senken, also von 90 Sekunden auf gerade einmal 60 Sekunden (siehe Abbildung 4).

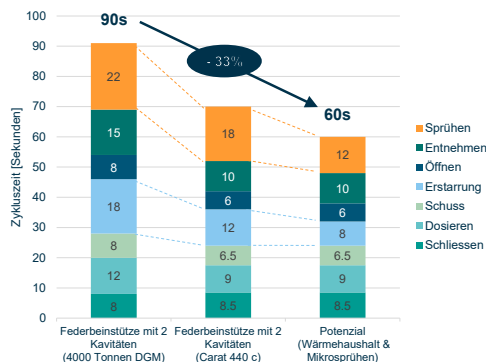


Abbildung 4: Wie ein besseres thermisches Management Zykluszeiten um bis zu ein Drittel verkürzen kann

Ein gut ausgelegtes Temperaturkonzept ermöglicht den Einsatz Evon Mikrosprühen. Hierdurch kann die Erstarrungszeit beschleunigt werden und die Zykluszeit wesentlich reduziert. Zudem werden Produktivität und Qualität verbessert.

Ein verbessertes thermisches Management reduziert zudem die Abnutzung der Form, wodurch sich die Lebensdauer verlängert. Das vorliegende Rechenbeispiel besagt, dass die Formlebensdauer von 80 000 auf mindestens 120 000 Zyklen erhöht werden könnte, was einer Verbesserung von 50 % oder mehr entspricht. Dies ist ein erheblicher Vorteil für die Massenproduktion.

Zudem verhindert dieses sorgfältig abgestimmte thermische Verfahren Überhitzungen und reduziert die Schwindungsporosität, wodurch die Teilequalität verbessert wird. Damit könnte die Ausschussquote von 5 % auf 3 % reduziert werden, was wiederum die Produktionskosten insgesamt senkt.

Kosteneinsparungen bei einer typischen Federbeinstütze

Die Kombination aus der Verkürzung der Zykluszeiten, einer verlängerten Formlebensdauer und geringerem Ausschuss hat selbst bei zusätzlichem Formbedarf das Potenzial, die Stückkosten um 10 % zu senken – ein wichtiger erster Schritt, um für den Massenmarkt akzeptable Kosten zu erreichen. (siehe Abbildung 5)

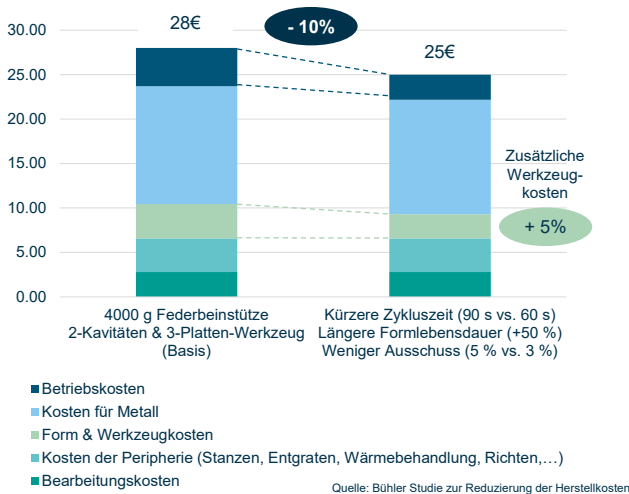


Abbildung 5: Kosteneinsparungen dank verbessertem thermischem Management

2. Einsatz neuer Legierungen zur Reduzierung der Prozessschritte

Viele der Strukturbauteile, die derzeit im Druckgussverfahren hergestellt werden, spielen eine wichtige Rolle für die Sicherheit oder die Schadensbegrenzung im Falle eines Aufpralls. Um neben den funktionalen Anforderungen auch den spezifischen Materialanforderungen im Hinblick auf eine Verformung bei Aufprall oder die Absorption der Aufprallenergie gerecht zu werden, existieren sehr hohe mechanische Spezifikationen.

Derzeit werden diese Eigenschaften mit speziellen Legierungen für Strukturbauteile erreicht, die oftmals einer thermischen Behandlung und Nachbehandlung bedürfen. Diese erfolgen später im Prozess, nachdem das Teil gegossen wurde. In einigen Fällen muss die Nachbearbeitung in kostenintensiver Handarbeit durchgeführt werden.

Stetig werden neue Legierungen entwickelt, die vergleichbare oder höherwertige mechanische Eigenschaften bei geringerem Wärmebehandlungsbedarf besitzen oder sogar vollständig ohne diesen Schritt auskommen (siehe Abbildung 6).

	Standard Struktural Legierung	Neue Legierungssysteme	Hochfeste Legierungssysteme
Legierungssysteme	AlSi10MnMg	AlMg4Fe2	AlMg6Si2MnZr
Behandlungszustand	T7	F	T5
Zugfestigkeit Rm [MPa]	200-240	240-260	350-380
Dehngrenze Rp0,2 [MPa]	120-140	120-140	230-250
Bruchdehnung A [%]	10-20	10-22	8-12

Abbildung 6: Möglichkeiten verschiedener Legierungssysteme für Strukturbauteile

Legierungen für Strukturbauteile mit hohen Anforderungen an Dehnung und Festigkeit

Natürlich muss jedes neue Legierungssystem für die spezifische Anwendung zugelassen und überprüft werden, doch das Potenzial für Qualitätsverbesserungen und Kosteneinsparungen ist deutlich (siehe Abbildung 7). Konkret besteht in diesem Beispiel Potenzial für Kosteneinsparungen um weitere 10 %, und zwar zusätzlich zu den Einsparungen durch das thermische Management aus Schritt 1.

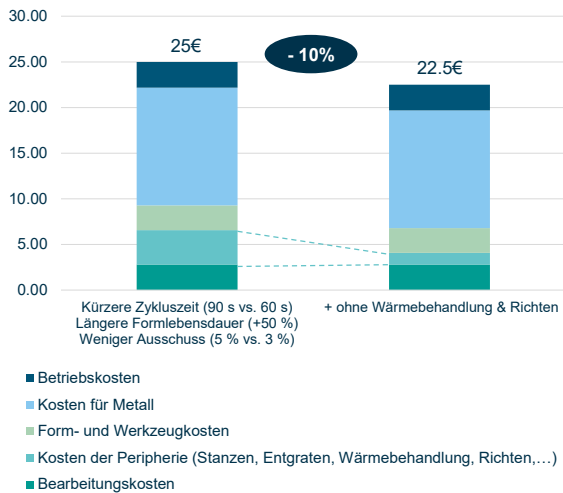
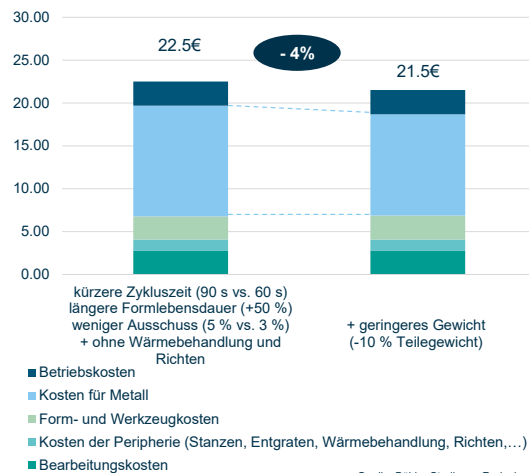


Abbildung 7: Potenzielle Kosteneinsparungen durch neue Legierungen



Quelle: Bühler Studie zur Reduzierung der Herstellkosten

Abbildung 8: Kosteneinsparungen durch geringeres Gewicht

3. Gewichtssparendes Design

Der Grund für die Beliebtheit von Strukturbauteilen ist ihr geringes Gewicht.

Strukturbauteile aus Aluminiumlegierungen sind heute durchschnittlich 2,5 mm dick, wobei eine Materialkonzentration rund um Verbindungspunkte und Auswerfermarkierungen besteht. Mithilfe eines durchdachten Teiledesigns und eines ausgeklügelten Gussverfahrens können dieselben Bauteile mit einer Dicke von nur 1,8 mm produziert werden. Damit kann das Gesamtgewicht um bis zu 20 % verringert werden.

Natürlich hängt der Umfang der erreichbaren Gewichtsreduktion von der Formbeständigkeit ab, die wiederum von der Beanspruchung und Belastung eines jeden Teils bei der Nutzung abhängig ist. Beim Beispiel der Federbeinstütze könnte das Gewicht dank intelligentem Design um 10 % reduziert werden, nämlich von 4 000 g auf 3 600 g.

Dies würde nicht nur das Argument bekräftigen, Druckguss wegen der Gewichtseinsparung zu nutzen, sondern auch die Produktionskosten um weitere 4 % senken (siehe Abbildung 8), während gleichzeitig ein nachhaltigeres Produkt geschaffen würde.

Ein preisgekröntes Beispiel für Gewichtsreduktion

2018 ging auf der Fachmesse Euroguss der erste Preis für optimiertes Design eines Gussteils an ein Teil, das eine Gewichtsreduktion von 19 % gegenüber dem Vormodell mit identischer Funktion aufwies.⁴ Dies wurde durch eine hochfeste, besonders fließfähige Legierung in Kombination mit einer festigkeitsoptimierten T6-Wärmebehandlung erreicht. Durch das dünnwandige Design wird ausserdem deutlich an Material eingespart, was zu einer nachhaltigen Wertschöpfungskette beiträgt.

Kosteneinsparungen von insgesamt mehr als 23 %

In diesem Beispiel konnte die Verbesserung des thermischen Managements, die Einführung neuer Legierungen und die Umgestaltung der Federbeinstütze zur Gewichts- und Produktionsoptimierung beitragen. Dabei könnten die Stückkosten von 28 € auf 21,50 € sinken, was einer Gesamtkosteneinsparung von gut 23 % entspricht.

Der entscheidende Punkt hierbei: Dies könnte ausreichen, um für das Mittelklassensegment attraktiv zu werden, wodurch sich ein lukrativer Markt für Druckgiessereien weltweit eröffnet.

Ein starkes Argument für anwendungsspezifische kosteneinsparungsprogramme

In diesem Beitrag beschreiben wir ein theoretisches Kostensenkungsprogramm für eine typische Federbeinstütze und unterstreichen die Bedeutung der sorgfältigen Abstimmung von Produkten und Prozessen, um Kosteneinsparungen und Qualitätsverbesserungen zu erzielen.

Bei Bühler sollen Investitionen in Technologien rund um Industrie 4.0, künstliche Intelligenz, SmartCMS und erstklassige digitale Services wie Downtime Analysis und Predictive Maintenance es den Kunden ermöglichen, Prozesse ständig zu optimieren.

Doch jedes Teil weist einzigartige Eigenschaften auf. Jede Anwendung besitzt spezifische Parameter. Und jede Giesserei richtet Zellen unterschiedlich ein und verfolgt einen anderen Ansatz. Damit anwendungsspezifische Kostensenkungsprogramme funktionieren, ist es entscheidend, dass Automobilhersteller, Produktdesigner, Giessereien und Druckgiessmaschinenhersteller eng zusammenarbeiten, um einen Durchbruch zu erreichen, der der Automobilbranche über viele Jahre hinweg zugutekommen und von dem die Druckgussbranche profitieren wird.

Literaturhinweise

1. Wagner, Statista, available at: <https://www.statista.com/statistics/266813/growth-of-the-global-vehicle-production-since-2009/>
2. IEA (2019), "Global EV Outlook 2019", IEA, Paris, www.iea.org/publications/reports/globalevoutlook2019/
3. Roland Berger (2019), Independent research for Bühler AG: Considers existing, known and projected architectures, congress presentations and interviews with industry experts.
4. DGS award-winning casting: <https://www.dgs-druckguss.com/en/technology-and-innovation/awards>

Bühler AG

CH-9240 Uzwil,
Schweiz

T +41 71 955 11 11

die-casting@buhlergroup.com
www.buhlergroup.com