

FOTO: BUEHLER AG

Druckgegossene Strukturbauteile bieten ein enormes Potenzial zur Gewichts- und Kostenminimierung im Automobilbau.

Druckgusslösungen für Strukturbauteile – die Zukunft für Leichtbaukonzepte

VON HERMANN JACOB ROOS UND MARTIN LAGLER, UZWIL, SCHWEIZ UND LUIS QUINTANA, MICHIGAN, USA

Angesichts der anhaltenden Nachfrage nach leichteren Bauteilen in der Automobilbranche ist ein lukrativer Markt für den Druckguss entstanden: Strukturbauteile. 2018 deckte die Nachfrage nach diesen großen, komplexen Bauteilen wie Federbeinstützen und Längsträgern knapp 6 Millionen Automobile ab, wobei vielfach mehrere Strukturbauteile pro Fahrzeug verbaut wurden. Prognosen zufolge soll sich das Einsatzgebiet bis 2025 auf rund 9 Millionen Fahrzeuge ausweiten [1]. Darunter fällt auch die steigende Zahl an Elektrofahrzeugen, deren weltweiter Absatz bereits jetzt von 2 Millionen im Jahr 2017 auf 5,1 Millionen im Jahr 2018 gestiegen ist [2].

KURZFASSUNG:

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. Infolge sehen sich die Automobilhersteller in der Pflicht, nachhaltigere Fahrzeuge zu produzieren – zu möglichst geringeren Kosten. Einer der Schlüssel für reduzierten Kraftstoffverbrauch, eine größere Batteriereichweite oder weniger Emissionen besteht in der Produktion leichter Autos. Hier bieten Strukturbauteile ein enormes technologisches und wirtschaftliches Potenzial.

Strukturbauteile für den Automobil-Massenmarkt

Bereits heute bieten Strukturbauteile die von den Automobilherstellern gewünschte steifere und zugleich leichtere Lösung.

Die Kosten für längere Produktionsläufe haben bislang jedoch den Einsatz beschränkt. So finden sich Strukturbauteile derzeit vorwiegend in Sportwagen, Fahrzeugen der Luxusklasse, SUVs und der oberen Mittelklasse, bei denen auch klei-

Clusters der Verwendung von Strukturbauteilen



Bild 1: Derzeitige Verwendung von Strukturbauteilen auf dem Automobilmarkt.

GRAFIK: ROLAND BERGER

nerer Produktionsläufe Gewinn bringen. Doch die wirtschaftlichen Grundlagen des Druckgießverfahrens ändern sich und die Kosten von Strukturbauteilen sind in den letzten Jahren um 20 % gesunken.

Dieser Beitrag diskutiert den Aspekt des Zusammenspiels aus fortschrittlichem thermischem Management, der Verwendung neuer Legierungen und einem ausgeklügelten Produktdesign. Die Umsetzung der gewonnenen Erkenntnisse könnte die Produktionskosten sogar noch weiter senken, um Strukturbauteile kosteneffizient für den Automobil-Massenmarkt zu machen. Prognosen zufolge soll die Fahrzeugproduktion bis 2023 [2] 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 Akteure der Wertschöpfungskette von den Druckgießmaschinenherstellern über die Gießereien bis hin zu den Automobilherstellern zusammenarbeiten, kann dies Realität werden.

Druckgusslösungen zur Reduktion des Fahrzeuggewichts

Das Fahrzeuggewicht lässt sich erwiesenermaßen mit großen Strukturbauteilen reduzieren. Teile aus Aluminiumlegierungen bieten sowohl eine außergewöhnliche Festigkeit als auch eine hohe Gestaltungsfreiheit und sind dabei leichter als herkömmliche Bauteile aus Stahl. Das Streben nach weniger Gewicht ist unabhängig von der Art des Antriebs. Diskussionen über die besten nachhaltigen Antriebslösungen gehen vom Verbren-

Strukturbauteile in Autos:

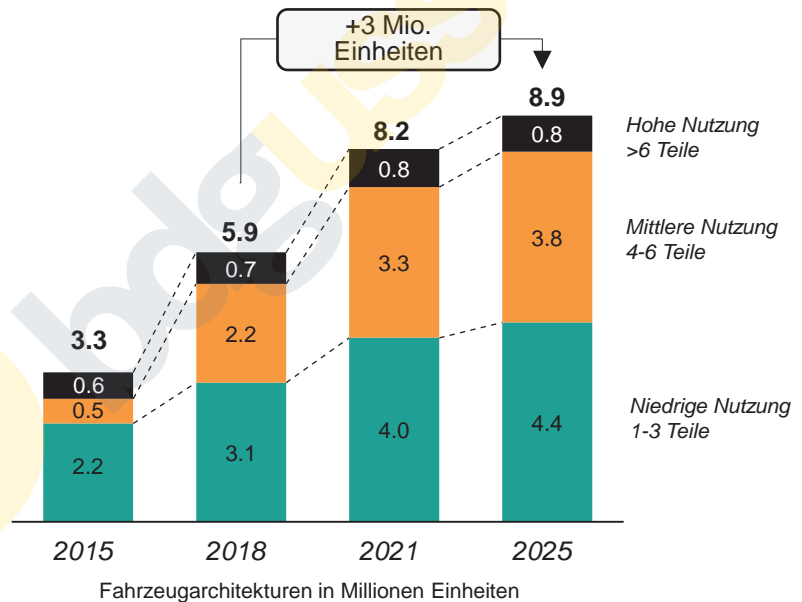


Bild 2: Voraussichtliches Wachstum der gegenwärtig existierenden Strukturbauteile in Fahrzeugen, 2015 bis 2025.

GRAFIK: ROLAND BERGER

nungsmotor über Plug-in-Hybride, Hybridfahrzeuge und 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 klar strategische Lösung. Strukturbauteile kamen erstmals im deutschen Markt für Luxusfahrzeuge zum Einsatz und werden heute auch in anderen Segmenten vielfältig eingesetzt (Bild 1). Sport-Coupés des 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 die vorderen Federbeinstützen und die Tunnelverstärkung.

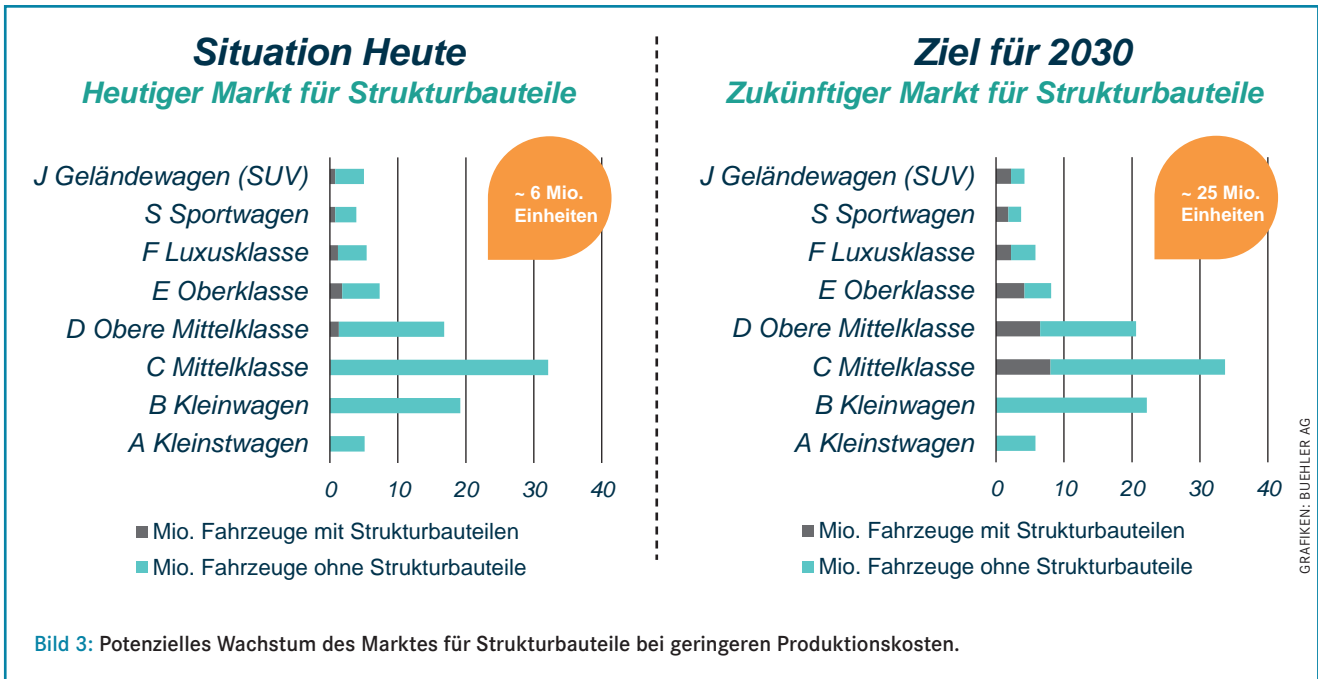
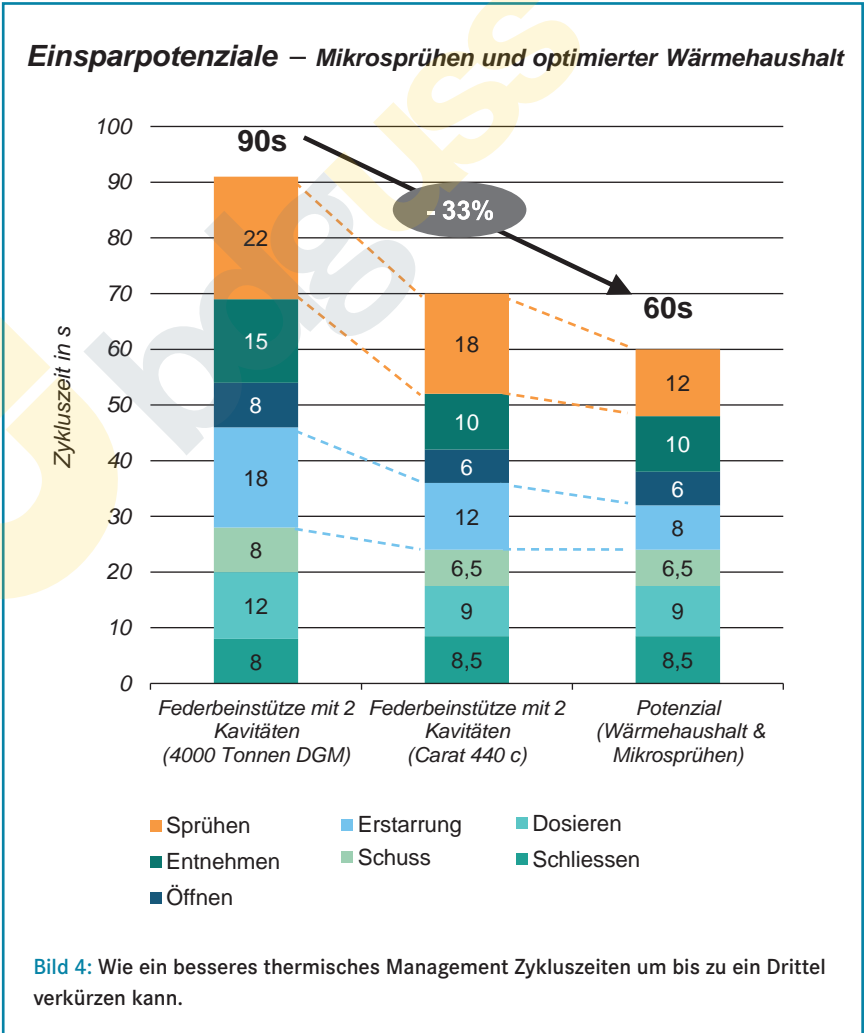


Bild 3: Potenzielles Wachstum des Marktes für Strukturbauteile bei geringeren Produktionskosten.

Der Übergang zu Strukturbauteilen gewinnt weltweit an Dynamik. Eine im Auftrag von Bühler von der globalen Unternehmensberatung Roland Berger durchgeführte Analyse des gegenwärtigen Marktes (Bild 2) zeigt, dass die Stückzahlen zwischen 2015 und 2025 vermutlich von 3,3 Millionen Fahrzeugen auf 8,9 Millionen Fahrzeuge steigen werden [1]. In der Studie berücksichtigt sind die bekannten Produktionsanlagen der Automobilhersteller. Neue Plattformen könnten die Nachfrage nach Strukturbauteilen weiter steigen lassen. Automobile des E- und D-Segments sowie Sportwagen (S-Segment) werden wahrscheinlich für einen großen Teil dieses Wachstums verantwortlich sein.

Erfolgspotenzial auf dem Massenmarkt

Derzeit sind die Investitionskosten für Druckgießformen im Vergleich zu anderen Prozessen zwar gering, doch unterliegen sie einer wesentlich höheren Abnutzung, was wiederum die Wartungskosten bei höheren Produktionszahlen steigen lässt. Damit sind die Stückkosten aktuell zu hoch, um in den Mittelklassemarkt oder den Massenmarkt für kleinere Modelle vorzudringen. Eine Analyse der Bühler AG zeigt jedoch, dass mit geschickten Kosteneinsparungen der Durchbruch ins C-Segment gelingen kann. In Verbindung mit einer stärkeren Verbreitung in den bestehenden Segmenten könnte dies die Branche grundlegend verändern (Bild 3) und den Markt mit heute sechs Millionen Autos bis zum Jahr 2030 auf über 25 Millionen vergrößern.



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

Drei technologische Fortschritte

Mithilfe des in Europa, China und Nordamerika gesammelten Anwendungswissens hat Bühler drei Bereiche identifiziert, in denen anwendungsspezifische Ent-

Einsparpotenziale – Mikrostrühen und optimierter Wärmehaushalt

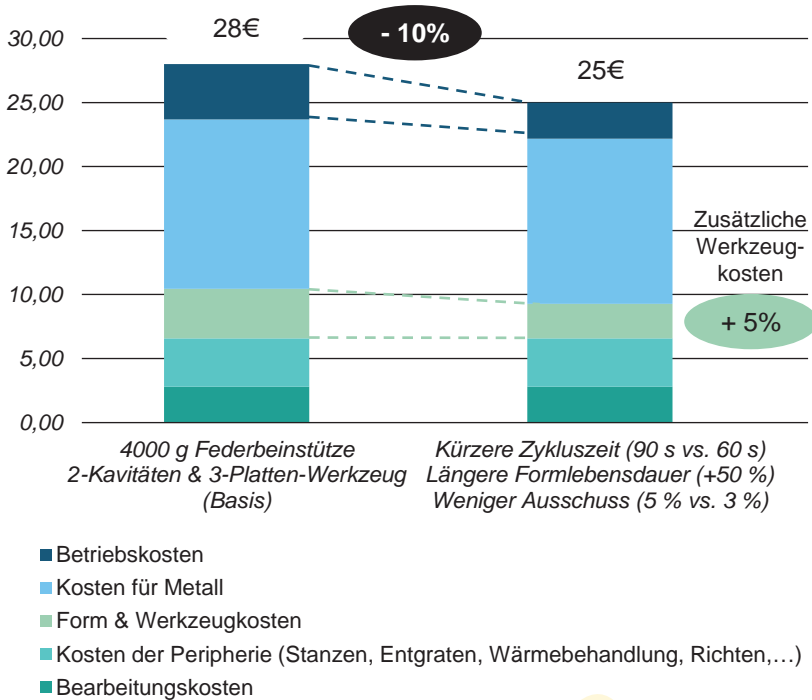


Bild 5: Kosteneinsparungen dank eines verbesserten thermischen Managements.

	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

Bild 6: Möglichkeiten verschiedener Legierungssysteme für Strukturbauteile.

wicklungen die von der Branche benötigten Kosteneinsparungen bei der Produktion bewirken könnten:

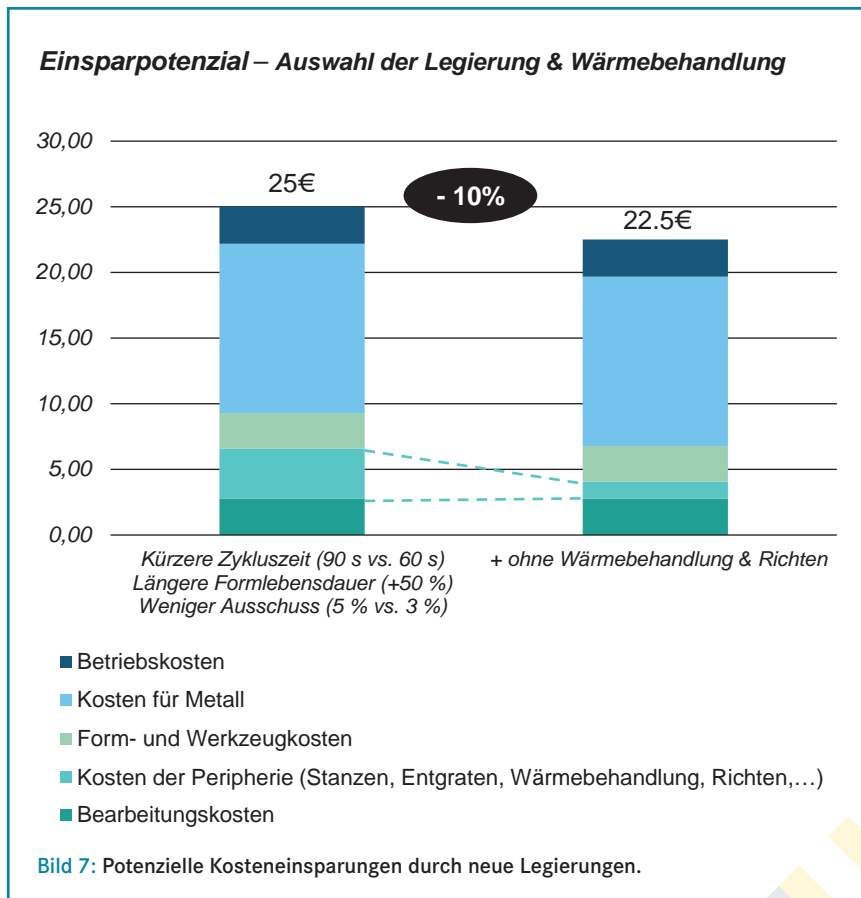
- > Thermisches Management der Druckgießform,
- > Legierungsauswahl,
- > Leichtbau durch Produktdesign.

Die vorgestellten Berechnungen beziehen sich auf den Einsatz einer 4400-Tonnen-Maschine bei einer Anwendung mit zwei Kavitäten und einem Drei-Platten-Werkzeug. Die Berechnungen ergeben, dass mit fortschrittlichen Techniken zur Ver-

kürzung der Zykluszeiten und zur Verbesserung der Formlebensdauer erhebliche Kosteneinsparungen möglich sind.

Thermisches Management

Thermisches Management spielt für die Zykluszeiten, die Formlebensdauer und die Teilequalität eine wesentliche Rolle. Die Optimierung des thermischen Managements in einem bestehenden Prozess kann daher zu Verbesserungen in sämtlichen drei Bereichen führen. Zum Beispiel ermöglicht ein verbesserter Wärmehaushalt bei zusätzlichem gezieltem



Mikrosprühen in Verbindung mit einer optimalen Zellenanordnung, die Zykluszeiten für eine typische Federbeinstütze um ein Drittel zu senken – also von 90 Sekunden auf gerade einmal 60 Sekunden (Bild 4).

Ein gut ausgelegtes Temperaturkonzept ermöglicht den Einsatz von Mikrosprühen. Hierdurch können die Erstarungszeit beschleunigt und die Zykluszeit wesentlich reduziert werden. Ein verbessertes thermisches Management reduziert gleichzeitig die Abnutzung der Form. Das vorliegende Rechenbeispiel besagt, dass die Formlebensdauer von 80 000 auf mindestens 120 000 Zyklen erhöht werden könnte, was einer Verbesserung von 50 % entspricht. Dies ist ein erheblicher Vorteil für die Massenproduktion. Neben der Produktivitätssteigerung ermöglicht eine sorgfältig abgestimmte thermische Prozessführung auch eine Qualitätsverbesserung, da Überhitzungen verhindert und die Schwindungsporosität reduziert werden. Die Ausschussquote ließe sich von 5 % auf 3 % reduzieren, 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. Dies ist ein wichtiger erster Schritt, um für den Massenmarkt akzeptable Kosten zu erreichen (Bild 5).

Neue Legierungen

Viele der Strukturbauteile, die derzeit im Druckgießverfahren 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, die später im Prozess erfolgen, 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 (Bild 6).

Legierungen 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 (Bild 7). Konkret besteht in diesem Beispiel Potenzial für Kosteneinsparungen um weitere 10 %, und zwar zusätzlich zu den Einsparungen durch das thermische Management.

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 die erreichbare 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 4000 g auf 3600 g. Dies würde nicht nur das Argument bekräftigen, Druckguss wegen der Gewichtseinsparung zu nutzen, sondern auch die Produktionskosten um weitere 4 % senken (Bild 8), während gleichzeitig ein nachhaltigeres Produkt geschaffen würde.

Preisgekröntes Beispiel für Gewichtsreduktion

2018 ging auf der Fachmesse Euroguss der erste Preis für optimiertes Gussdesign an ein Gussteil, 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 wurde außerdem deutlich Material eingespart, was zu einer nachhaltigen Wertschöpfungskette beiträgt.

Benefit des Technologiefortschritts

Die Verbesserung des thermischen Managements, die Einführung neuer Legierungen sowie die Umgestaltung der Federbeinstütze konnten schließlich zur Ge-

Einsparpotenzial – Geringeres Gewicht

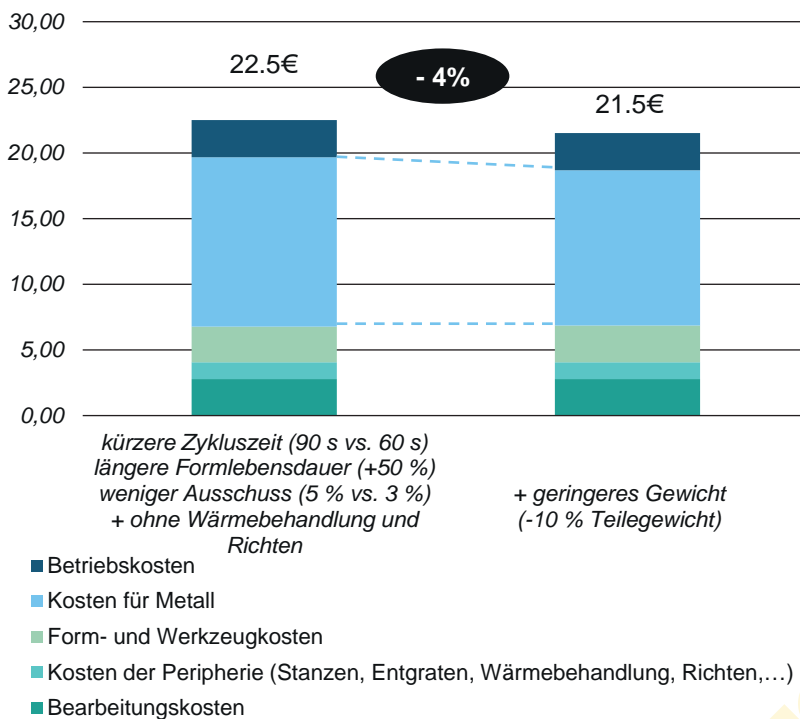


Bild 8: Kosteneinsparungen durch geringeres Gewicht.

wichts- und Produktionsoptimierung beitragen. Die Stückkosten können dabei von 28 € auf 21,50 € sinken, was einer Gesamtkosteneinsparung von gut 23 % entspricht. Dies könnte durchaus ausreichen, um für das Mittelklassesegment attraktiv zu werden, wodurch sich ein lukrativer Markt für Druckgießereien weltweit eröffnet.

Anwendungsspezifische Kosteneinsparungsprogramme

In diesem Beitrag wird ein theoretisches Kostensenkungsprogramm für eine typische Federbeinstütze beschrieben und die Bedeutung der sorgfältigen Abstimmung von Produkten und Prozessen unterstrichen, um Kosteneinsparungen und Qualitätsverbesserungen zu erzielen. Bei der Bühler AG 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 zugutekommt und von dem die Druckgussbranche profitieren wird.

Hermann Jacob Roos, Structural Process Manager und Martin Lagler, Director Global Application Technology Die Casting, Bühler AG, Uzwil, Schweiz und Luis Quintana, Application Technology Specialist, BuhlerPrince Inc., Holland, Michigan, USA.

Literatur:

- [1] Roland Berger (2019), *Unabhängige Untersuchung für Bühler AG, basierend auf bestehenden, bekannten und projizierten Bauweisen, Kongressvorträgen und Gesprächen mit Branchenexperten.*
- [2] IEA (2019), *«Global EV Outlook 2019», IEA, Paris, www.iea.org/publications/reports/globalevoutlook2019/*
- [3]l. Wagner, Statistica, erhältlich unter: <https://www.statista.com/statistics/266813/growth-of-the-global-vehicle-production-since-2009/>
- [4] DGS-Auszeichnungen: <https://www.dgs-druckguss.com/de/technologie-and-innovation/auszeichnungen>.

Der
GIESSEREI
Newsletter

Schneller als die
Polizei
erlaubt!

FOTO: ©VANHOPE - STOCK.ADOBE.COM

Keine Neuigkeit
verpassen.
Jetzt anmelden!

<http://tinyurl.com/y455njxy>

GI GIESSEREI