

## massiverFOKUS

Massivumformung in Deutschland

# Eine energieintensive energieeffiziente Branche





# Vorwort

Drei wesentliche Treiber haben die politisch handelnden Personen bewogen, eine Veränderung unserer Energieversorgung anzustreben:

1. Begrenzte Ressourcen an fossilen Energieträgern
2. Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes zur Verringerung der Klimaerwärmung
3. Gesellschaftlicher Wille zum Ausstieg aus der Atomenergie

Zu 1.) Es liegt auf der Hand, dass die fossilen Brennstoffe wie Kohle, Öl und Gas nur in endlicher Menge vorhanden sind. Strittig ist, ob diese 2050 oder erst zu einem späteren Zeitpunkt zu Ende gehen. Es werden immer wieder neue Lagerstätten gefunden; ob diese wirtschaftlich erschließbar sind, hängt auch von den Kosten alternativer Energieerzeugungsmethoden ab.

Zu 2.) Sowohl bei der Stromerzeugung (insbesondere aus Kohle) aber auch durch die Verbrennungsmotoren unserer Fahrzeuge entsteht in erheblichem Maße CO<sub>2</sub>, das nach mehrheitlicher wissenschaftlicher Meinung zur unerwünschten Klimaerwärmung beiträgt.

Zu 3.) Nach der Reaktor-Katastrophe von Fukushima im März 2011 in Folge des Erdbebens und sich daran anschließenden Tsunamis und vor dem Hintergrund der damals bevorstehenden Landtagswahl in Baden-Württemberg hat unsere Bundesregierung in einer ad-hoc Aktion die Energiewende beschlossen. Dieser Beschluss war und ist in dieser Form unüberlegt und führte zu einer voreiligen Stilllegung von Kernkraftwerken, deren bisherige Stromproduktion mal eben durch erneuerbare Energien wie Windkraft, Photovoltaik, Biomasse-Kraftwerke und Wasserkraftwerke ersetzt werden sollte.

Nun ist der Ausstieg aus der Kernenergie in unserer Bevölkerung mit Sicherheit mehrheitsfähig und im Prinzip zu begrüßen. Allein die Geschwindigkeit des Ausstiegs, dessen unkoordiniertes Management und die ungeplanten Folgen rufen doch Kritik hervor.

Die stromintensive Industrie kann die heute zu tragende EEG-Umlage in Höhe von 6,88 ct/kWh aus Wettbewerbsgründen nicht akzeptieren. In Summe beläuft sich diese EEG-Umlage für die Bundesrepublik inzwischen auf über 25 Mrd. €/Jahr. Die Mehrheit der Bürger wollte die Energiewende und den Atomausstieg,

für die Industrie hingegen ist die EEG-Umlage teilweise existenzgefährdend. Sie führt – abhängig davon, ob ein Unternehmen die kritische Größenordnung für eine Entlastung erreicht oder nicht – zu ungerechten Verwerfungen innerhalb deutscher Industriebranchen, zu Fehlanreizen in Richtung Energieeffizienzmaßnahmen sowie zu einem erheblichen internationalen Wettbewerbsnachteil und daher zu einer erwarteten Abwanderung energieintensiver Industrien in andere Länder und Regionen, in denen Umwelt- und Arbeitsschutz teilweise deutlich geringeren Stellenwert genießen.

Die Struktur des derzeitigen Erneuerbare-Energien-Gesetzes ist ungerecht und beinhaltet keine sinnvollen Anreizsysteme. Der Industrieverband Massivumformung e. V. wirbt daher dafür, die Finanzierung der Energiewende umzustellen und sinnvolle Anreizsysteme zu implementieren.

Unabhängig davon arbeiten wir weiter an einer Verbesserung der Energieeffizienz unserer Prozesse und in gleichem Sinne an energieeffizienten Produkten für unsere Kunden. Hierbei wurden in den vergangenen 20 Jahren große Erfolge erzielt und der Energieverbrauch pro Tonne geschmiedeter Stahl um mehr als das Dreifache gesenkt. Dies wird in dieser Ausgabe „massiverFOKUS“ an einigen Beispielen exemplarisch dargestellt.

Allen Mitarbeitern des Industrieverbands Massivumformung e. V. (IMU), insbesondere aber Herrn Holger Ade als Autor, sei für diese Veröffentlichung herzlich gedankt – genauso wie für den unaufhörlichen Versuch, den politischen Entscheidungsvorbereitern die spezielle Situation der Massivumformung zu erläutern.

Dr.-Ing. Frank M. Springorum  
Vorsitzender des Vorstandes  
Industrieverband Massivumformung e. V.

58093 Hagen, im Dezember 2017

# Impressum

Autor:	Dipl.-Kfm. Holger Ade, Leiter Betriebswirtschaft im Industrieverband Massivumformung e. V. und Leiter Industrie- und Energiepolitik beim WSM Wirtschaftsverband Stahl- und Metallverarbeitung e. V.
Bilder:	Siehe Bilderverzeichnis Seite 33
Verantwortlich für die Gesamtherstellung:	Industrieverband Massivumformung e. V., Hagen Dorothea Bachmann Osenberg <a href="http://www.massivumformung.de">www.massivumformung.de</a>
Layout und Titelbild:	simplon Agentur für Werbung und Marketing-Kommunikation St. Ingbert
Bauteilabbildung Titelbild:	Bharat Forge CDP GmbH
Druckschriften-Nr.:	mF-EE-1217-10
Ausgabe:	Dezember 2017
ISBN:	978-3-928726-36-8

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, auch die der Übersetzung und Vervielfältigung, vorbehalten. Auszugsweise Wiedergabe des Inhalts nur nach Rückfrage beim Industrieverband Massivumformung e. V. mit Quellenangabe gestattet. Den Veröffentlichungen des Industrieverbands Massivumformung e. V. liegen die Ergebnisse der Gemeinschaftsforschung der im Industrieverband Massivumformung e. V. zusammengeschlossenen Unternehmen zugrunde.

Massivumformung in Deutschland

# Eine energieintensive energieeffiziente Branche

Herausgeber:  
Industrieverband  
Massivumformung e. V.

Goldene Pforte 1  
58093 Hagen, Deutschland  
Telefon: +49 2331 958830  
Telefax: +49 2331 958730  
E-Mail: [info@massivumformung.de](mailto:info@massivumformung.de)  
[www.massivumformung.de](http://www.massivumformung.de)



# Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorwort	3
Impressum	4
1 Einleitung	8
2 Belastbar – sicher – zuverlässig ...die Bedeutung der Massivumformung	9
3 Energiepolitische Rahmenbedingungen in Deutschland	16
4 Energieeffizienz-Netzwerk / Benchmarking	22
5 Forschung für eine energieeffiziente Massivumformung	24
6 Forschung für energieeffiziente Kundenprodukte	28
7 Fazit und Ausblick	31
8 Literaturverzeichnis	32
9 Bilderverzeichnis	33
10 Forschungsprojekte zu Werkstoffen mit Leichtbaupotenzialen	34

# Einleitung

Energie ist ein entscheidender Produktionsfaktor, sowohl in der Stahl erzeugenden als auch in der Stahl verarbeitenden Industrie. Zu Beginn der industriellen Stahlverhüttung und -verarbeitung hatte die Verfügbarkeit von thermischer Energie in Form von Braun- und Steinkohle sowie von kinetischer Energie in Form von Wasserkraft starken Einfluss insbesondere auf die Ansiedlung der Produktionsstandorte in der Nähe von Kohlerevieren und wasserreichen bergigen Regionen. Heute sind beide Energieformen zwar prinzipiell zu jeder Zeit und an jedem Ort verfügbar – noch, muss man angesichts der dynamischen Zunahme fluktuierender Energiequellen im deutschen und europäischen Stromerzeugungsmix hinzufügen – dafür steht die Bezahlbarkeit der Energie viel stärker im Fokus und führt zu Standortentscheidungen zugunsten von Regionen mit niedrigen Energiekosten.

Die vorliegende Ausgabe „massiverFOKUS“ des Industrieverbands Massivumformung stellt die Bedeutung der Energie für die Branche dar und zeigt, wie die Unternehmen auf die durch die Energiewende veränderten Rahmenbedingungen reagieren, um im zunehmenden internationalen Wettbewerb zu bestehen. Dabei wird deutlich, dass Energieeffizienz ein entscheidender Schlüssel zum Erfolg ist und das gleich doppelt: Einerseits unter dem Aspekt der Reduzierung der Produktionskosten und -emissionen, was auf der Hand liegt. Andererseits ist aber der Beitrag der Massivumformung zur Steigerung der Effizienz der Kundenprodukte, wie z. B. aus den Bereichen Automobilbau, Schiffbau, Maschinen- und Anlagenbau, Luft- und Raumfahrt – um nur einige zu nennen – in den letzten Jahren immer weiter gestiegen und entwickelt sich neben dem Preis zu einem immer wichtigeren Wettbewerbsfaktor.

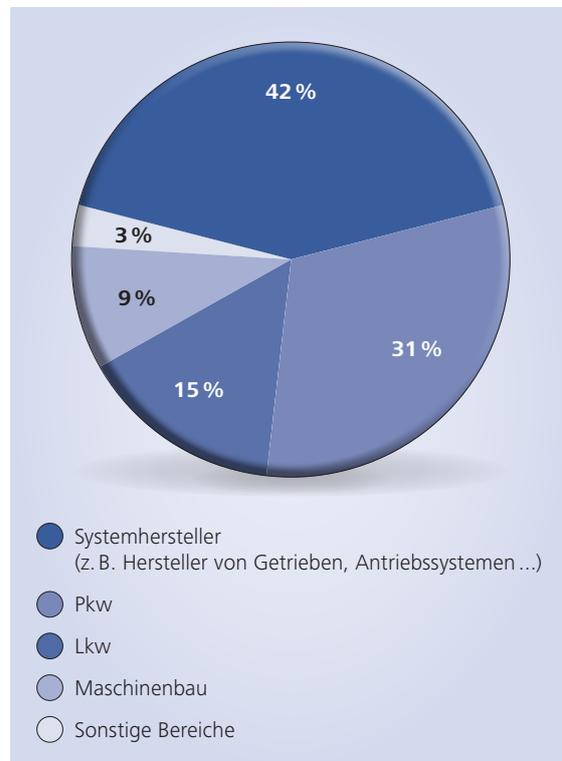
# Belastbar – sicher – zuverlässig ... die Bedeutung der Massivumformung

## 2.1 Wirtschaftliche Bedeutung

„Massivumformbauteile kommen immer dann zur Anwendung, wenn raum- und gewichtssparende Konstruktionen mit hohen Anforderungen an die statische und/oder dynamische Belastbarkeit bei gleichzeitig hoher Sicherheit und Zuverlässigkeit gefordert sind.“ [1]

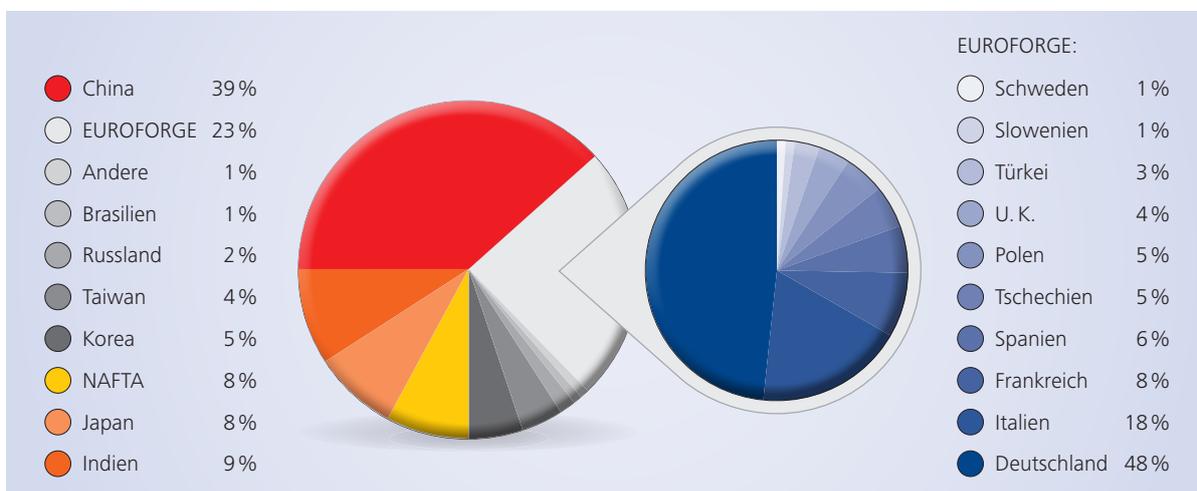
Das ist bei bewegten Massen die Regel. Mengenmäßig wichtigster Einsatzort von Massivumformteilen sind daher Fahrzeuge auf und neben der Straße mit ihrem Fahrwerk, dem Antriebsstrang, dem Motor und dem Getriebe. Solche Konstruktionen finden sich aber auch in der Luft- und Raumfahrt und in Anlagen, etwa zur Stromerzeugung, sowie in Maschinen zum Antrieb von Schiffen oder Zügen. Die Massivumformung ist somit eine wichtige Zulieferbranche der Hightech-Industrien in Deutschland, Europa und international. Man darf wohl behaupten: „Ohne massiv umgeformte Stahl- und Metallteile bewegt sich nichts.“

Im Jahr 2016 haben die Unternehmen in Deutschland mit über 30.000 Beschäftigten knapp 3 Millionen Tonnen Stahl und Metall zu Bauteilen und Komponenten umgeformt. Der Energieeinsatz in Form von Erdgas und elektrischem Strom beläuft sich auf schätzungsweise 3 Terawattstunden und kostet die Unternehmen jährlich etwa 350 Millionen Euro. Der Umsatz von rund 7



**Abbildung 1:** Kunden der Gesenkschmieden, Anteile nach Tonnage (Stand 2016)

Milliarden Euro wird zu einem Drittel direkt im Ausland erzielt, allerdings ist die Exportorientierung der Branche deutlich höher, wenn man berücksichtigt, dass die wichtigsten Kundenbranchen Automobil- und Maschinenbau drei Viertel ihrer Produktion exportieren. International ist Deutschland hinter China der größte Produktionsstandort massiv umgeformter Teile.



**Abbildung 2:** Produktionsanteile Massivumformung weltweit auf Tonnenbasis

## 2.2 Produktionsverfahren und -prozesse

Die Massivumformung ist technisch betrachtet ein Druckformverfahren.

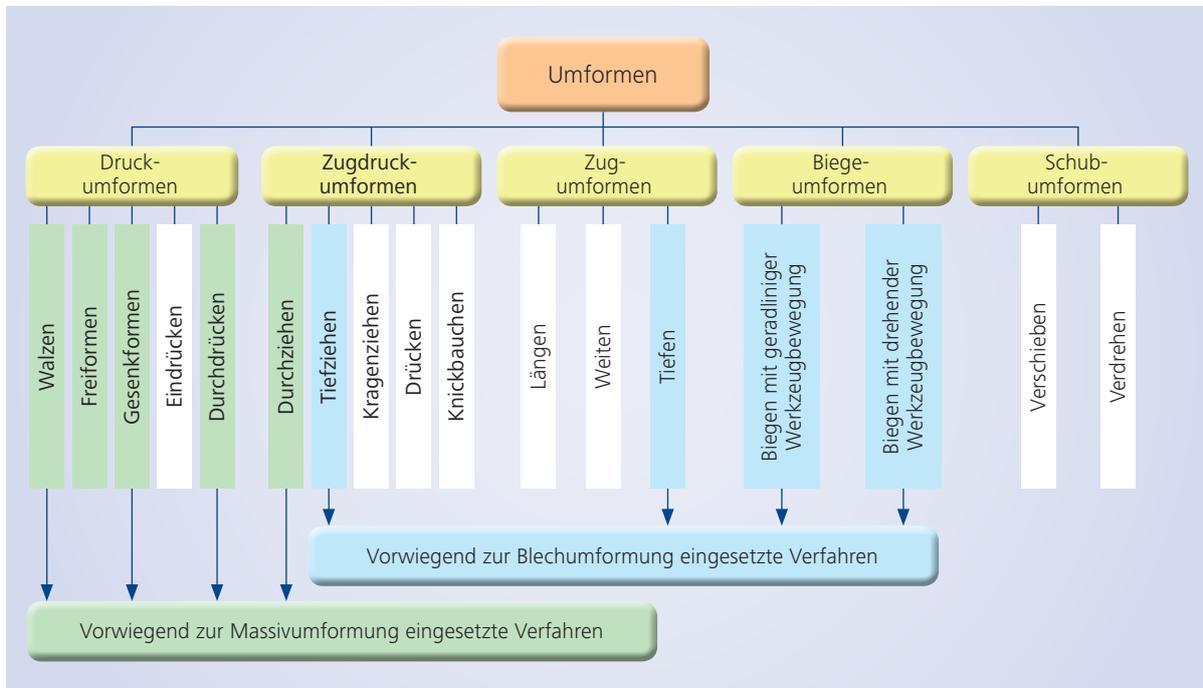


Abbildung 3: Umformverfahren

Die Prozesskette des Massivumformens ist grundsätzlich bei allen Verfahren vergleichbar, allerdings können ein-

zelne Prozessschritte je nach ausgewähltem Verfahren entfallen.

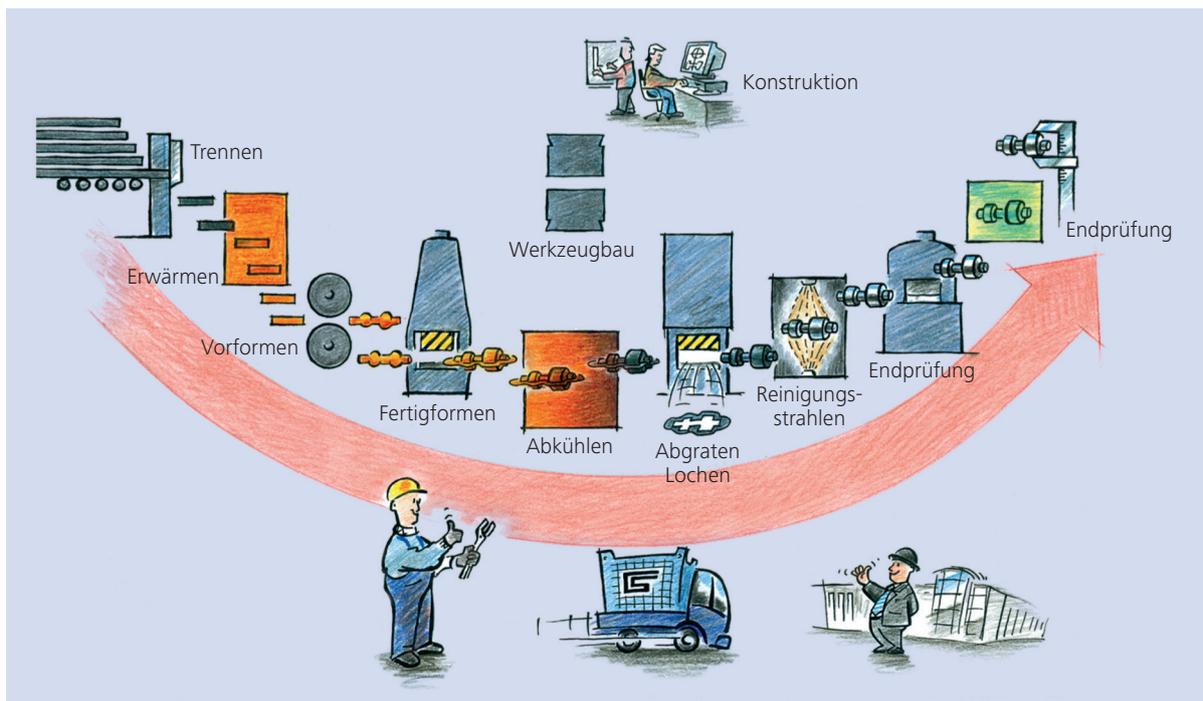
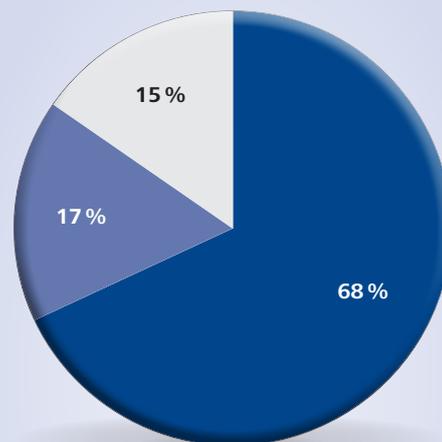


Abbildung 4: Prozesskette Massivumformung

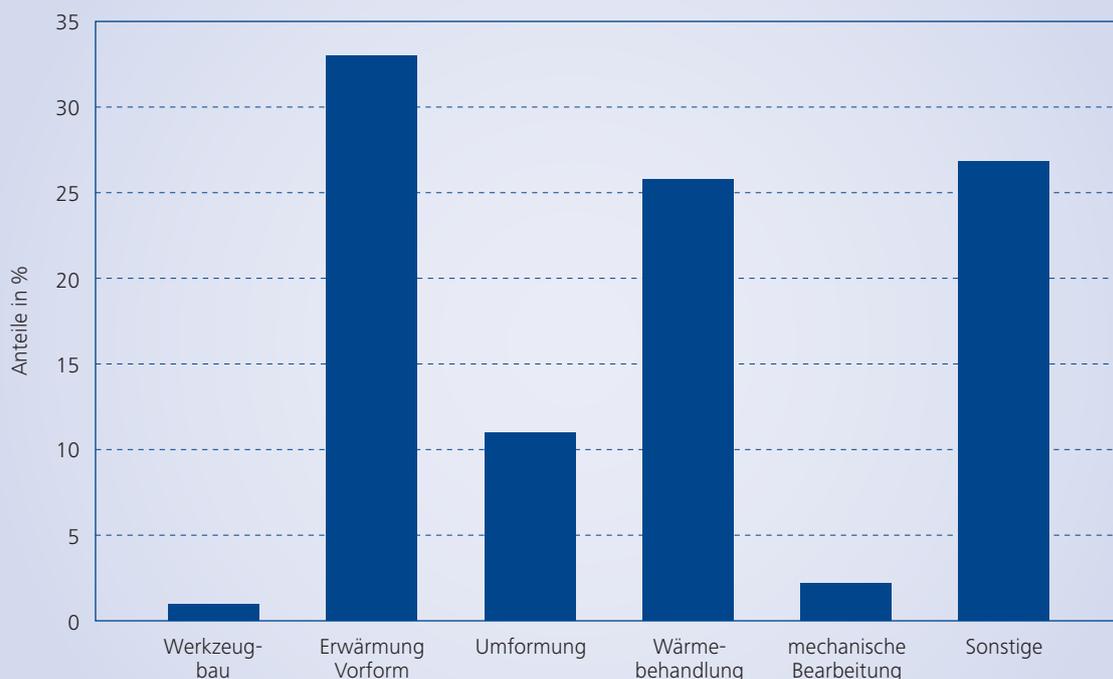
So werden etwa beim Gesenkschmieden Werkzeuge (Gesenke) eingesetzt, wodurch große Stückzahlen bei konstanter, zuverlässig reproduzierbarer Qualität – vorwiegend für die Automobilindustrie – erreichbar sind. Dagegen werden beim Freiformschmieden keinerlei Formen genutzt, die dem Bauteil die Konturen des Endproduktes geben könnten. Hier entfällt der Aufwand für die Entwicklung, die Konstruktion und den Bau der Werkzeuge. Dieses Verfahren eignet sich für kleinere Serien und in der Regel größere Bauteile (z. B. Schiffskurbelwellen, Wellen und Ringe für Windkraftanlagen) für dementsprechende Einsätze im Maschinen- und Großanlagenbau. Aufgrund seiner Ausrichtung auf Großserien ist das Gesenkschmieden, zu dem auch das Kaltfließpressen gezählt wird, die in Deutschland mengenmäßig (in Tonnen) häufigste Umformmethode.

Bezogen auf die Prozessschritte entfallen in der Warmmassivumformung fast 33 % des Gesamtenergieeinsatzes auf die Erwärmung der Vorform, 11 % auf die eigentliche Umformung, 26 % auf die Wärmebehandlung, 1 % auf den Werkzeugbau, 2 % auf die mechanische Bearbeitung sowie 27 % auf die sonstigen Unternehmensbereiche und -prozesse, z. B. Heizung der Produktionshallen. Diese branchendurchschnittlichen Werte variieren je nach Fertigungsschritten und Fertigungstiefe von Betrieb zu Betrieb.



- Gesenkschmiedeteile, Warmfließpressteile und Stauchteile (inkl. Flansche ...)
- Freiformschmiedestücke und gewalzte Ringe
- Kaltfließpressteile

**Abbildung 5:** Verfahren der Massivumformung in Deutschland



**Abbildung 6:** Energieeinsätze in der Warmmassivumformung

Mit steigenden Presskräften der Umformmaschinen nimmt die Anzahl der Bauteile, die ohne vorherige Materialerwärmung mit hoher Präzision geschmiedet werden können, zu. Allerdings bleibt das Formänderungsvermögen des Stahls bei Raumtemperatur weiterhin eng begrenzt, sodass bei größeren Massen und komplexen Geometrien der Erwärmungsvorgang unumgänglich bleibt.

Die Auswahl des idealen Umformverfahrens bzw. des Temperaturniveaus erfolgt in Abhängigkeit der Anforderungen, die an das Produkt gestellt werden. Dabei werden verschiedene Einflussfaktoren berücksichtigt: Stückgewicht, Präzision, Oberflächenrauheit, Komplexität der Geometrie, Umformkosten und der Aufwand der Nachbearbeitung.

„Eine generelle Empfehlung für die Warm-, Kalt- oder Halbwarmumformung kann nicht gegeben werden. Jedes Verfahren hat seine spezifischen Vor- und Nachteile. Eine technisch und wirtschaftlich sinnvolle Auswahl eines jeweiligen Verfahrens kann nur bauteilspezifisch erfolgen, unter Berücksichtigung der Bauteilgeometrie und der gewünschten Form- und Maßgenauigkeit, des verwendeten Werkstoffs und der mechanischen Eigenschaften des Bauteils sowie der Produktionsmenge.“ [2]

Der Energieeinsatz ist ein zunehmend wichtiges Kriterium der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung im Zusammenhang mit der Auswahl des Herstellverfahrens. Dieser variiert offenkundig beträchtlich hinsichtlich der Erwärmungsenergie, allerdings sind auch die unterschiedlichen Energieflüsse im Zusammenhang mit der Herstellung des Rohteils („In den verwendeten Ausgangsmaterialien ist bereits ein großer Energieanteil durch deren Herstellung „gespeichert“ [3]) sowie mit Nachbearbeitungsbedarfen in die Betrachtung des Gesamtenergiebedarfs einzubeziehen. „Je nach Werkstoff oder Kundenanforderung kann (...) eine Halbwarmumformung mit geringerem Energieeinsatz verbunden sein als eine Kaltumformung (...).“ [4] Dies liegt insbesondere am höheren kinetischen Energieeinsatz in der Kaltmassivumformung gegenüber dem höheren Wärmeenergieeinsatz bei der Warmumformung. [5]

Zur Erwärmung des Rohlings auf die notwendige Warmumformtemperatur stehen verschiedene Verfahren und Energieträger zur Verfügung. Üblich ist inzwischen die elektrische Erwärmung, bei der zwischen konduktivem und induktivem Verfahren unterschieden wird.

„Bei den konventionellen Verfahren im Kammerofen oder mit Gasbrennern erfolgt die Schmiedeerwärmung konvektiv (...). Hingegen wird der Rohling bei der konduktiven Erwärmung von hochfrequentem Strom durchflossen und auf die gewünschte Umformtemperatur erhitzt (Widerstandserwärmung). Beim induktiven Erwärmen erzeugt eine Spule (Induktor), die von nieder- oder mittelfrequentem Wechselstrom durchflossen wird, ein magnetisches Wechselfeld, das im elektrisch leitfähigen Rohling Wirbelströme induziert, die den Werkstoff unmittelbar erhitzen. Vorteile der induktiven Schmiedeerwärmung sind u. a., dass am Werkstück Verunreinigungen, z. B. durch den Oberflächenkontakt mit heißen Gasen, vermieden werden, [weiterhin] die Möglichkeit zur partiellen Erwärmung des Werkstücks sowie die gute Integrierbarkeit des Verfahrens in den automatisierten Arbeitstakt.“ [6] Während Konvektionsöfen erst langwierig hochgefahren werden müssen, steht induktive Energie schnell bereit und kann daher gezielt dann eingesetzt werden, wenn erwärmtes Material auch verarbeitet wird, also nicht etwa zu Pausen- bzw. Stillstandszeiten.

Diese Vorteile führen dazu, dass sich Strom als effizienterer Energieträger für die Erwärmung mehr und mehr durchsetzt. Zur Erwärmung einer Tonne Stahl auf die Umformtemperatur von 1.200 °C werden bei der elektrischen induktiven Erwärmung zwischen 400 und 500 kWh benötigt. Zum Vergleich: Der Kammerofen erfordert zur Bereitstellung der gleichen Umformtemperatur den Einsatz von 1.200 kWh/t, der Gasbrenner sogar zwischen 2.000 und 2.500 kWh/t. [7] Inzwischen entfallen ca. zwei Drittel des Gesamtenergiebedarfs auf elektrischen Strom, wobei der Energiemix in den letzten 20 Jahren weitgehend unverändert war.

### 2.3 Vergleich mit anderen Produktionsverfahren

Bauteile, die durch Massivumformung produziert werden, können zum Teil auch durch andere Produktionsverfahren wie das Gießen, Zerspanen oder Sintern hergestellt werden, wobei geometrieseitig und bezüglich der erreichbaren Bauteileigenschaften unterschiedliche Restriktionen bestehen. Alle Verfahren weisen zudem

spezifische Vor- und Nachteile auf. Für einen energetischen Vergleich der Verfahren haben bereits Lange et al. 1983 vorgeschlagen, die jeweiligen Vorprodukte in die Betrachtung einzubeziehen. [8] Allerdings sind die seinerzeit ermittelten Werte für den Energieeinsatz durch technologische Weiterentwicklungen und Effizienzsteigerungen für alle Verfahren überholt. Aktuellere Untersuchungen kommen zu folgenden deutlich geringeren Werten:

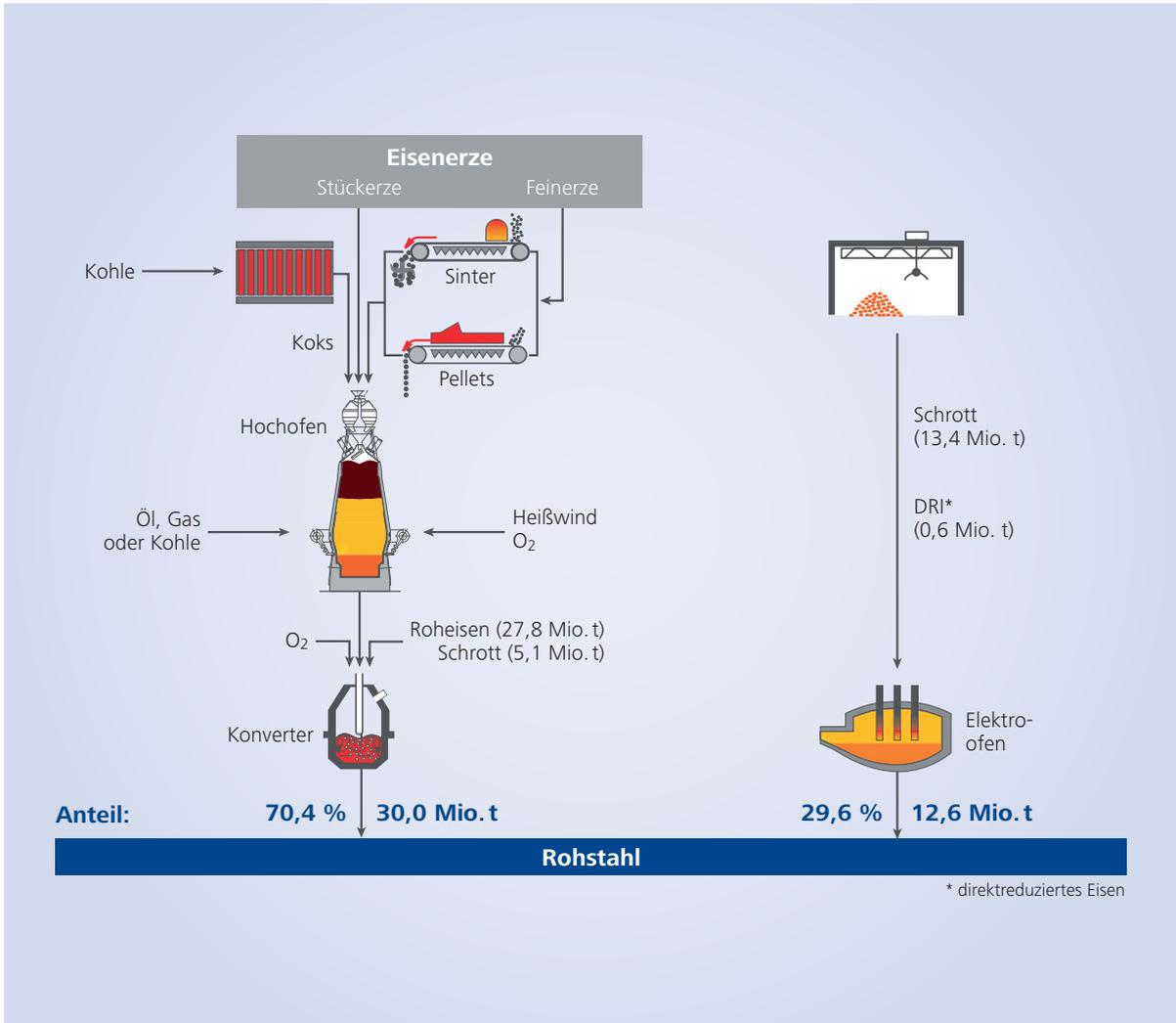
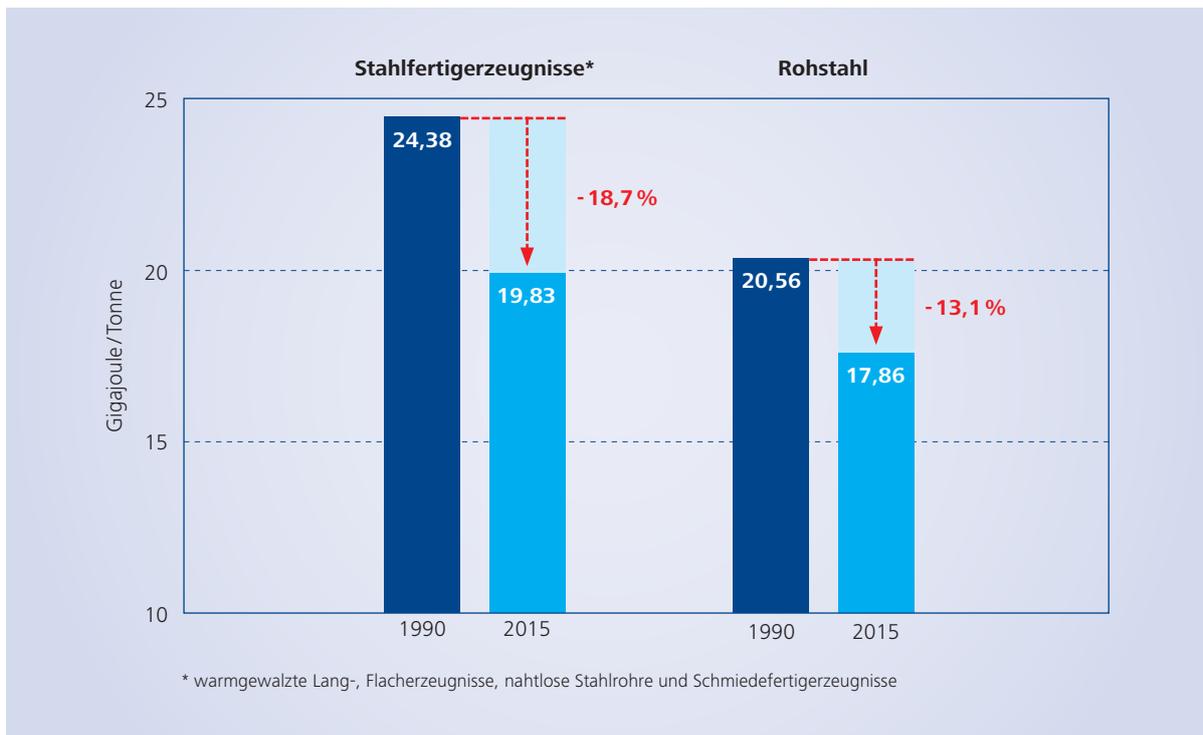


Abbildung 7: Stahlherstellung im Hochofen (links) und im Elektroofen (rechts) [9]

Die in der Massivumformung eingesetzten Vorprodukte werden zu 75 % über die Elektroofen-Route erzeugt. Hier ist einerseits die Recycling-Quote sehr hoch und zudem der spezifische Energieeinsatz mit 400 bis 450 kWh/t Rohstahl sehr gering. In der alternativen Hochofenroute sind zur Erzeugung einer Tonne Rohstahl rund 17,86 GJ, also 4.960 kWh erforderlich. Rechnet man jeweils die Weiterbearbeitung zum Stahlfertigerzeugnis hinzu, kommt man für Elektrostahl auf rund 950 kWh/t

und für die Hochofenroute auf 5.500 kWh/t. Berücksichtigt man diese Energiemenge als im Stahlschrott gebunden, so erhöht sich der Gesamtenergieeinsatz pro Tonne Elektrostahl auf rund 1.500 kWh (5.500 kWh/t dividiert durch 10 Recyclingverwendungen + 950 kWh/t). Branchenweit kann man die im Vormaterial der Massivumformung gebundene Energiemenge somit konservativ auf 2.500 kWh/t schätzen (1.500 kWh/t x 75 % + 5.500 kWh/t x 25 % = 2.500 kWh/t).



**Abbildung 8:** Spezifischer Primärenergieverbrauch [10]

Bei der Warmmassivumformung werden nochmals zwischen 900 und 4.500 kWh/t Fertigprodukt aufgewendet, abhängig vom jeweils gefertigten Bauteil. [11] Demnach summieren sich die durchschnittlich im Vormaterial gebundene Energie, die Erwärmungsenergie, die Energie für häufig mehrere Umformschritte und die Energie für Wärmebehandlungsprozesse zu Energieeinsätzen von durchschnittlich 3.400 bis 7.000 kWh je Tonne massiv umgeformten Bauteils. Beim Einsatz von Elektro Stahl liegt die untere Energieeinsatzmenge sogar bei 2.400 kWh/t.

Wendet man dieses Kalkulationsverfahren auf Stahlguss an, so kommt man für elektrisch beheizte Schmelzöfen ohne Berücksichtigung der im eingeschmolzenen Stahlschrott gebundenen Energie auf Gesamtenergiewerte von 4.850 kWh je Tonne Gussteil. [12] Diese verteilen sich auf die Roheisenerzeugung mit 690 kWh/t und den Gießprozess mit 4.160 kWh/t. Auch hier gibt es größere Schwankungsbreiten je nach Bauteil. So nennt das Umweltbundesamt für den Gießprozess einen geringeren Energiebedarf von 2.640 bis 2.700 kWh/t, allerdings an gleicher Stelle am Beispiel eines realen Betriebs einen Gesamtenergiebedarf von 9.360 kWh/t. [13]

Bei der pulvermetallurgischen Herstellung von Stahlprodukten liegt der spezifische Energieeinsatz bei 2.000 bis 10.000 kWh/t. Als Durchschnitt wird inklusive der

Berücksichtigung der Pulverherstellung ein Wert von 6.800 kWh/t angegeben. [14] Am schlechtesten kommt in den meisten energetischen Betrachtungen das Zerspanen weg. Aufgrund der schlechten Materialausnutzung liegt der spezifische Energieverbrauch hier zwischen 8.400 und 11.400 kWh/t. [15]

Die Massivumformung ist demnach gegenüber den bekannten Alternativen energetisch betrachtet ein sehr wettbewerbsfähiges und energieeffizientes Verfahren – und das bei herausragenden Eigenschaften der Endprodukte: Massivumformung ist das bevorzugte Verfahren in allen Bereichen, in denen große mechanische Belastungen auf die Bauteile wirken. Die Duktilität massiv umgeformter Stahlteile ist unerreicht, was sie besonders in sicherheitsrelevanten Komponenten zum unverzichtbaren Bestandteil macht, denn massiv geformte Teile halten sowohl den statischen als auch insbesondere den dynamischen Belastungen des Alltags stand. Bei Überlastung, etwa in Folge eines Aufprallunfalls, brechen sie zudem nicht, sondern verformen sich lediglich. Diese Eigenschaften weisen massiv umgeformte Bauteile aller üblichen Stahlgüten, inklusive der AFP-Stähle und der zuletzt entwickelten bainitischen Güten, auf. Damit profiliert sich die Massivumformung unter allen Fertigungstechnologien durch das beste Verhältnis aus Belastbarkeit und Energieeinsatz.

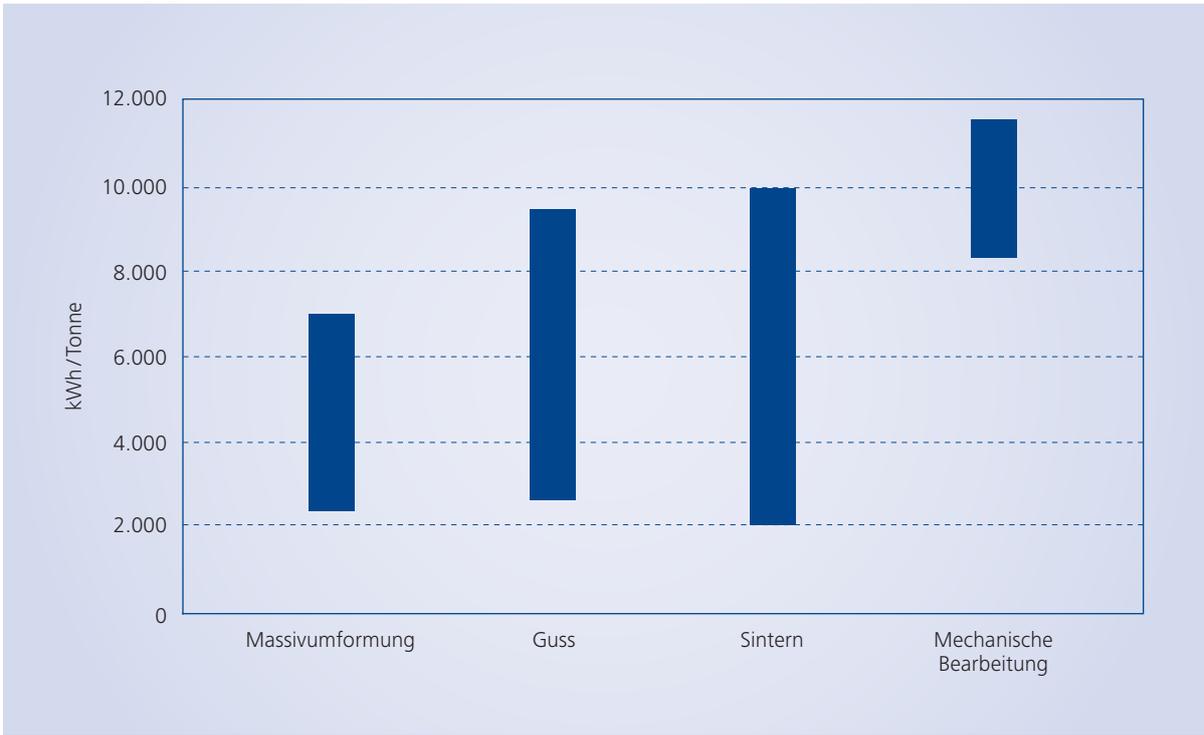


Abbildung 9: Energiebedarfsvergleich der Umformverfahren in kWh/Tonne

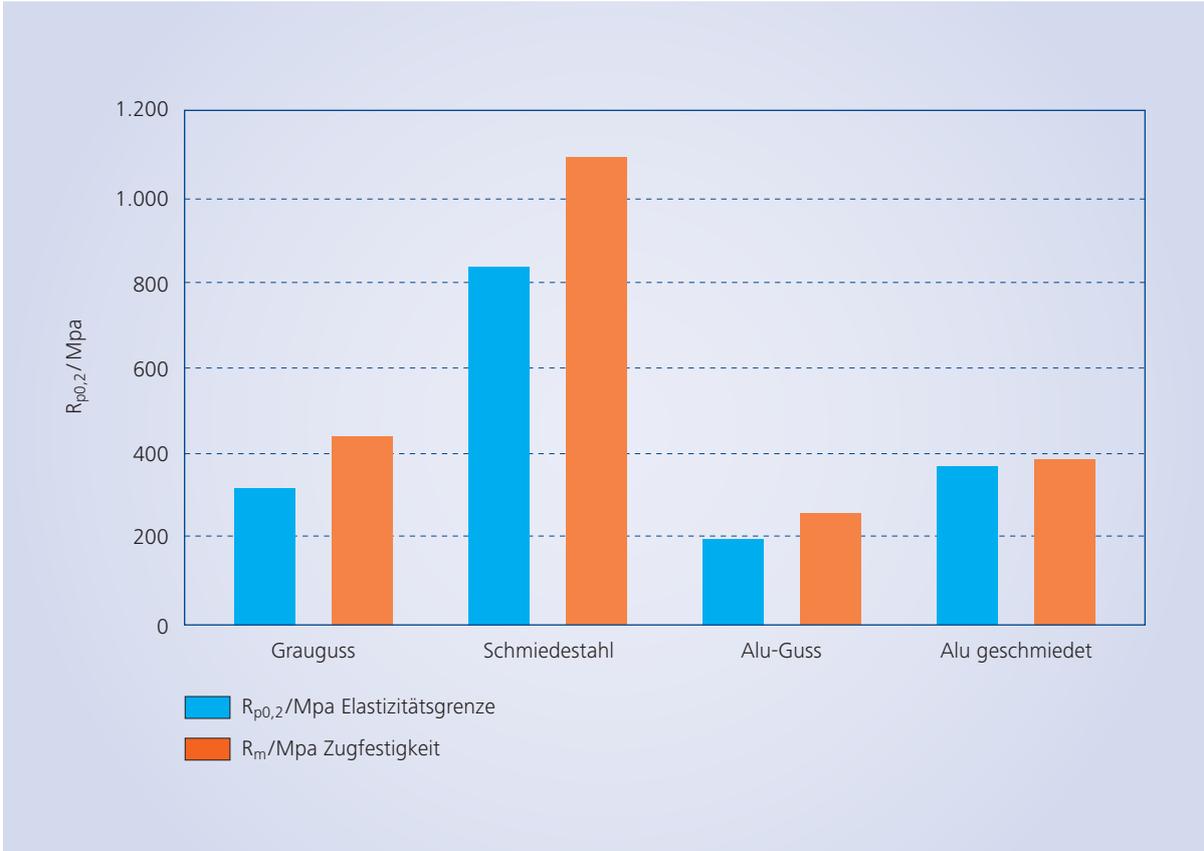


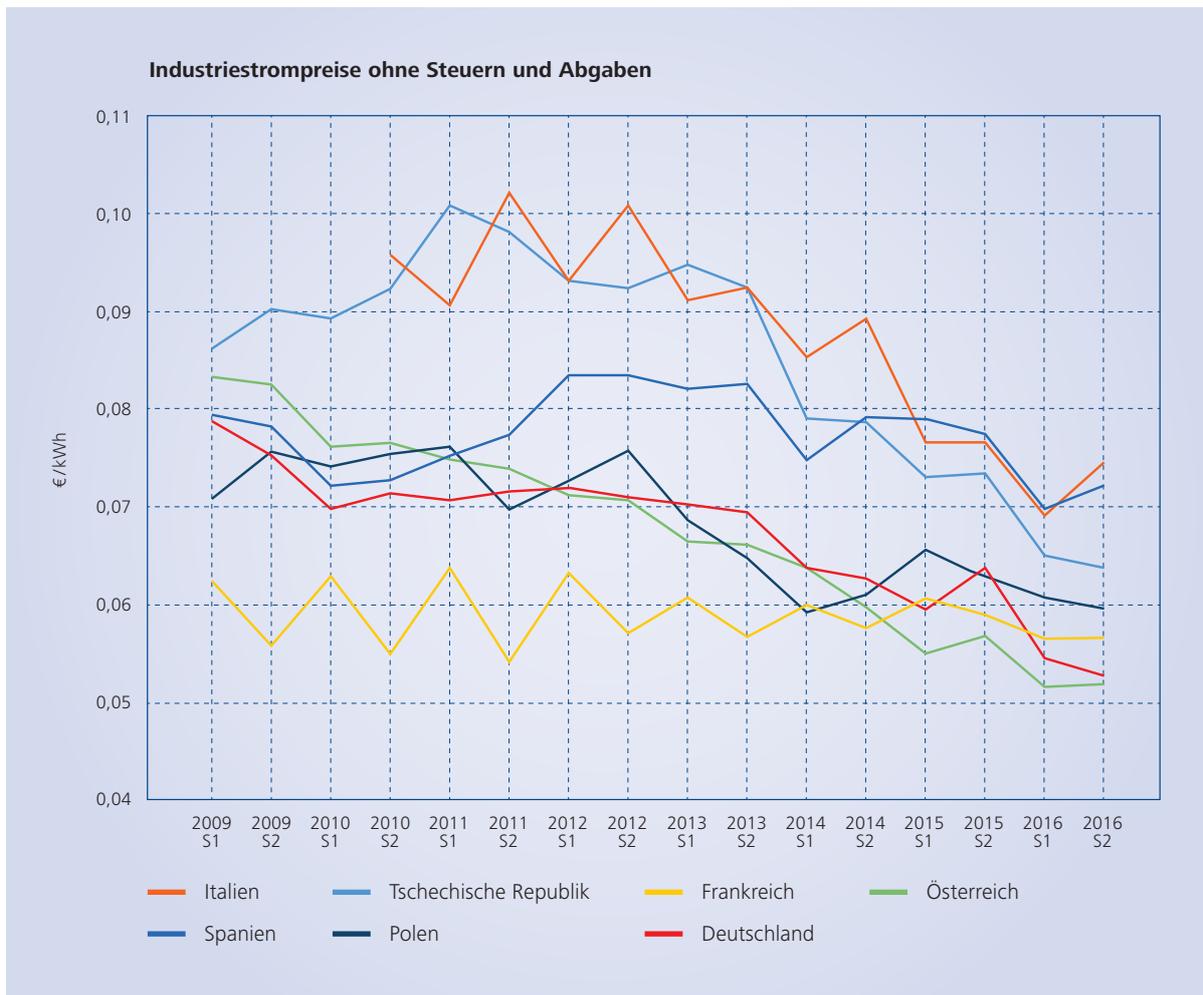
Abbildung 10: Verfahrensvergleich Werkstoffeigenschaften geschmiedete versus gegossene Bauteile [16]

## Energiepolitische Rahmenbedingungen in Deutschland

Die zunehmenden internationalen Unterschiede in den Energiekosten, respektive den Stromkosten, werden immer mehr zum Standortfaktor für die Produktionsstätten der Massivumformung.

Eine Betrachtung der reinen Börsenstrompreise, also ohne die politischen Strompreisbestandteile, zeigt, dass die deutschen Industriestrompreise im europäischen

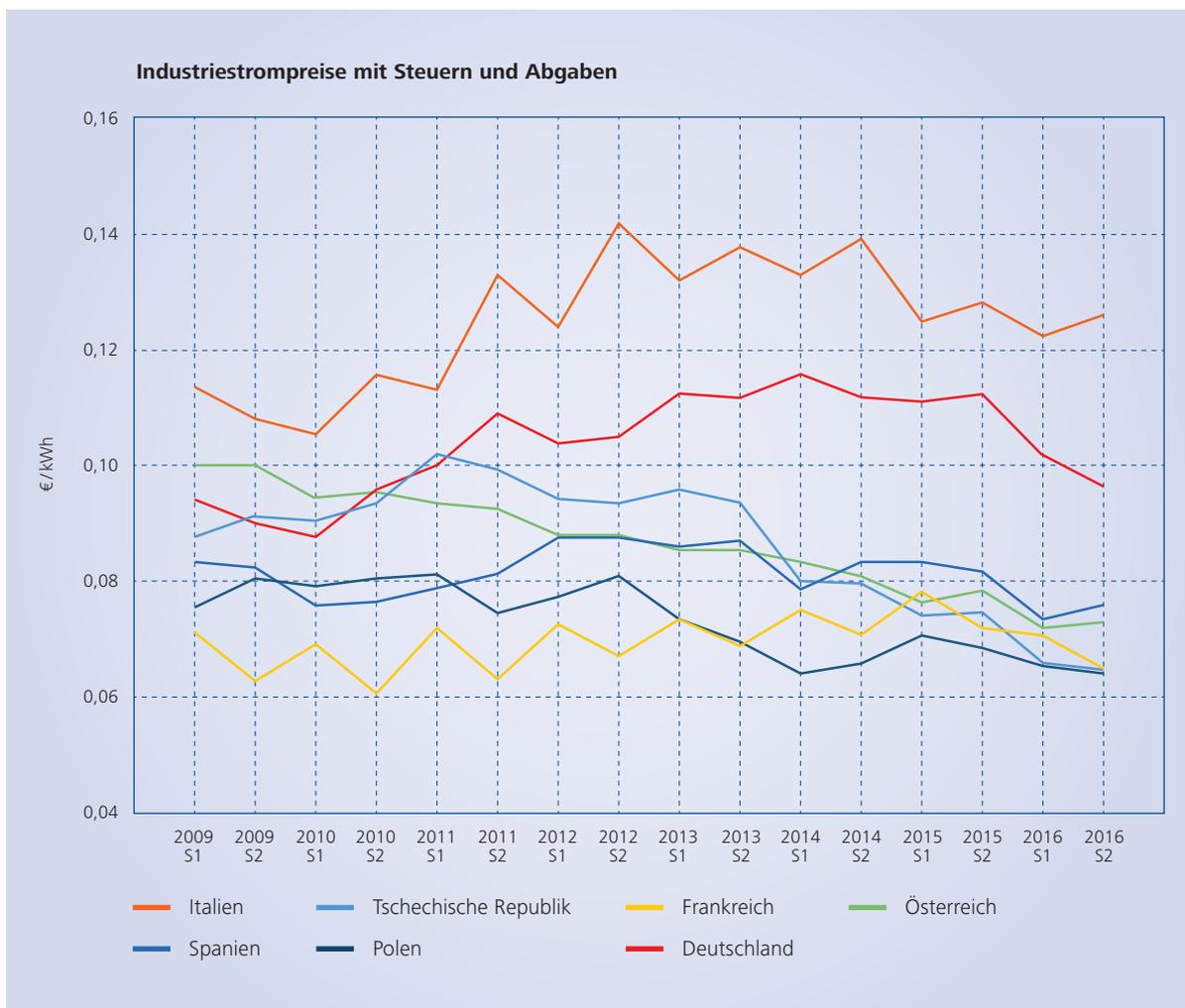
Vergleich wettbewerbsfähig sind. Im internationalen Vergleich liegt China in etwa auf dem deutschen Niveau, die nordamerikanischen Märkte sowie Südkorea unterbieten die europäischen Preise für Erzeugung und Transport jedoch teilweise deutlich. Hauptursache dafür ist der unterschiedliche Strommix sowie ein günstiger Preis für die Energieträger Erdgas/-öl in Nordamerika bzw. Kohle in Asien.



**Abbildung 11:** Strompreise europäische Industrie mit 20 – 70 GWh Stromverbrauch/a ohne Steuern und Abgaben

Werden allerdings die hauptsächlich durch politische Rahmenbedingungen zu tragenden Kosten berücksichtigt, so zeigt sich der in den Jahren 2010 bis 2015 anwachsende und weiterhin erhebliche Kostenunterschied alleine zwischen Deutschland und seinen unmittelbaren Nachbarstaaten – trotz identischer europäischer Rahmenbedingungen. Im außereuropäischen Ausland fallen

die Steuern und Abgaben zudem entweder gar nicht an oder sind vernachlässigbar gering, sodass der Wettbewerbsnachteil gegenüber diesen Regionen noch höher ausfällt. Lediglich Italien bleibt aufgrund seines erdgaslastigen Kraftwerksparks an der Spitze des Vergleichs. Viele italienische Betriebe nutzen daher Möglichkeiten, im Ausland Strom zu beziehen.



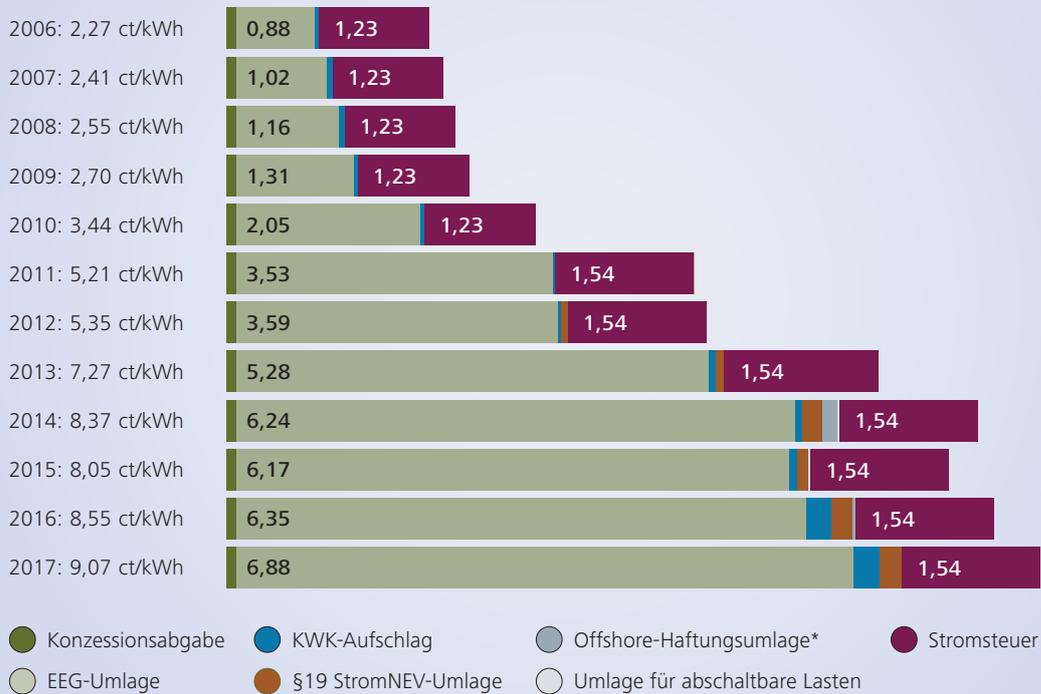
**Abbildung 12:** Strompreise europäische Industrie mit 20 – 70 GWh Stromverbrauch/a mit erstattungsfähigen Steuern und Abgaben

Die Herausforderungen für die Unternehmen in Deutschland gehen auf den Alleingang der deutschen Politik bei der Energiewende und insbesondere auf die Vorreiterrolle beim Ausbau der regenerativen Stromerzeugung zurück. Für den Kostenanstieg ist hauptsächlich die Förderung für diesen Ausbau über die EEG-Umlage ver-

antwortlich. Deutschland setzt bei dem Bestreben, die Treibhausgasemissionen zu senken, bislang einseitig auf die erneuerbaren Energien. Andere Vermeidungsoptionen werden dadurch vernachlässigt oder verdrängt. Hier ist dringend ein Umdenken einzuleiten.

### Steuern und Abgaben für die Industrie

Durchschnittliche Steuern und Abgaben für die Industrie in ct/kWh 2006 bis 2017  
 Jahresverbrauch 160.000 bis 20 Mio. kWh (Mittelspannungsseitige Versorgung;  
 Abnahme 100 kW/1.600 h bis 4.000 kW/5.000 h)



\* Offshore-Haftungsumlage 2015/17 wegen Nachverrechnung negativ, Stand 02/2017

**Abbildung 13:** Zusammensetzung des Industriestrompreises in Deutschland

Die Politik ist gefordert, vergleichbare Wettbewerbsbedingungen zu schaffen – nicht nur in Westeuropa, sondern weltweit. Das könnte gelingen, wenn ein globaler Preis für CO<sub>2</sub>-Emissionen als alleiniges marktwirtschaftliches Steuerungsinstrument für Klimaschutzpolitik implementiert würde. Dann müsste sich der weitere Zubau von Solar- und Windenergieanlagen im globalen Rahmen und ohne Förderung dem Wettbewerb mit anderen CO<sub>2</sub>-Vermeidungsstrategien stellen. Dies ist allerdings bislang nicht absehbar, wengleich Emissionshandelssysteme nach europäischem Vorbild auch in anderen Volkswirtschaften implementiert werden.

Das aktuelle deutsche Umlagesystem als Finanzierungsinstrument der Energiewende, das auf dem Prinzip von Belastung aller Stromkunden und anschließender „gezielter“ Entlastung bestimmter Verbraucher beruht, führt zu erheblichen Kostenunterschieden sowohl zwischen den deutschen Herstellern als auch gegenüber dem internationalen Wettbewerb. Das hat massive Investitionshemmnisse zur Folge; beides kann in einer volkswirtschaftlichen Gesamtbetrachtung nur als schädlich klassifiziert werden. In der Massivumformung treten diese Phänomene besonders drastisch zu Tage.

## 2015 Energie-Kosten und -Kennzahlen der europäischen Massivumformung

(Angaben der nationalen Verbände)

	Einheit	Tschechien	Frankreich	Deutschland	Italien	Polen	Spanien	Schweden	Türkei	EUROFORGE
<b>Unternehmen</b>	Anzahl	12	8	20	14	9	10	5	n. a.	78
<b>Produktion</b>	1.000 Tonnen	84	137	724	205	76	248	78	n. a.	1.552
<b>Elektrischer Strom</b>										
Durchschnittspreis je kWh	€ x 10 <sup>-2</sup> /kWh	8,27	7,90	12,77	13,45	11,15	9,12	4,70	7,90	11,12
Höchster Preis je kWh	€ x 10 <sup>-2</sup> /kWh	10,04	11,80	16,40	15,30	14,15	12,70	7,00	8,70	14,33
Niedrigster Preis je kWh	€ x 10 <sup>-2</sup> /kWh	7,40	5,20	7,84	12,75	10,20	7,65	3,80	7,20	8,11
<b>Erdgas</b>										
Durchschnittspreis je kWh	€ x 10 <sup>-2</sup> /kWh	3,14	3,70	4,85	5,00	2,05	3,28	n. a.	2,74	4,45
Höchster Preis je kWh	€ x 10 <sup>-2</sup> /kWh	5,15	5,30	6,16	5,80	2,70	4,18	n. a.	3,00	4,58
Niedrigster Preis je kWh	€ x 10 <sup>-2</sup> /kWh	2,50	3,30	3,85	4,70	1,95	2,72	n. a.	2,24	3,58
<b>Energieverbrauchskennzahlen</b>										
Energiekosten/ Umsatz	%	6,51	4,44	5,10	6,40	6,70	4,72	3,82	7,00	5,24
Energieeinsatz/ Produktion	kWh/Tonne	2.212	1.903	1.335	990	1.740	1.006	1.376	n. a.	1.356
Energiekosten/ Produktion	€/Tonne	151	119	126	148	n. a.	93	65	n. a.	115

Tabelle 1: EUROFORGE Energiepreisvergleich

EUROFORGE = mit Produktion gewichteter Durchschnitt je Land

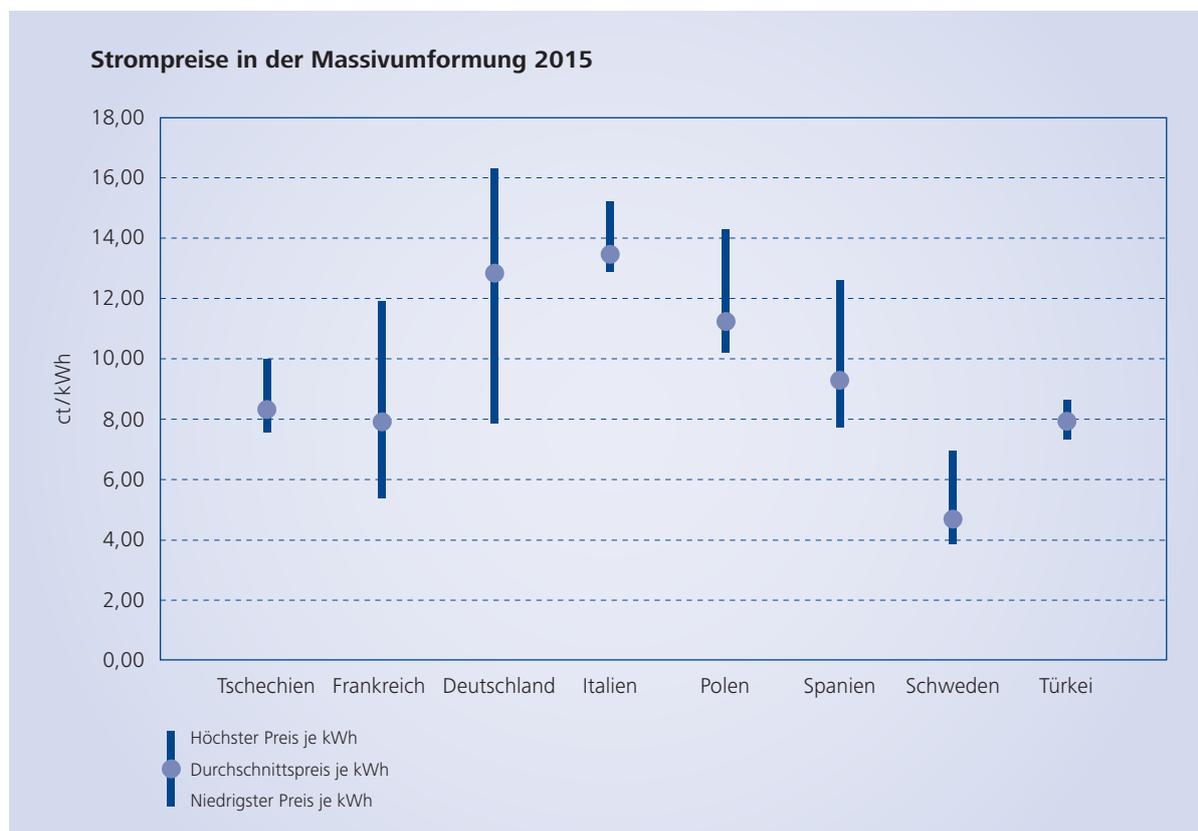


Abbildung 14: EUROFORGE Energiepreisvergleich

Der Energiepreisvergleich des europäischen Verbandes der Massivumformung zeigt deutlich, dass die in Deutschland tatsächlich gezahlten Strompreise nur dann gegenüber den europäischen Nachbarn wettbewerbsneutral sind, wenn die Unternehmen Entlastungen von den politisch getriebenen Kosten in Anspruch nehmen können. Ein Unternehmen, das den in Tabelle 1 genannten Mindestpreis von 7,84 ct/kWh elektrischer Energie bezahlt, kann sicherlich von den Ausnahmen profitieren. Das Unternehmen mit dem höchsten Preis von 16,4 ct/kWh allerdings nicht und zahlt aus diesem Grund mehr als das Doppelte. Die sogenannte „Besondere Ausgleichsregel“ des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG), aktuell §§63 ff. EEG 2017, ist quantitativ betrachtet die wichtigste dieser Entlastungsmöglichkeiten. Sie hat jedoch Voraussetzungen, die nur von Teilen der Branche erfüllt werden und deren Einhaltung von Jahr zu Jahr nicht annähernd sicher sind (nur etwa 20 Unternehmen mit ca. 40 % des gesamten Stromverbrauchs von rund 2 TWh der Massivumformung in Deutschland sind umlagebegrenzt).

Darüber hinaus stehen die Entlastungsvorschriften im Fokus europäischer Richtliniensetzung.

„Nach Auffassung der EU-Kommission können Unternehmen in Zukunft nur noch von einer beihilfekonfor-

men Entlastung von den Kosten des Ausbaus erneuerbarer Energien (in Deutschland EEG-Umlage) profitieren, sofern bestimmte Mindestanforderungen an die Stromkosten- und Handelsintensität der Branche erfüllt sind. Dies hat sie in den Leitlinien für Umwelt- und Energiebeihilfen 2014 bis 2020 (Guidelines on State aid for environmental protection and energy 2014 – 2020) dargelegt.

Aufgrund von prinzipiellen wie datenbedingten Schwierigkeiten lassen sich die geforderten Indikatoren „Handels- und Stromkostenintensität“ auf der europäischen Ebene weder für den Sektor WZ 25.50 („Herstellung von Schmiede-, Press-, Zieh- und Stanzteilen, gewalzten Ringen und pulvermetallurgischen Erzeugnissen“) noch für seine Subsektoren bestimmen, da viele Daten bei Eurostat in der dafür notwendigen disaggregierten Gliederung nicht zur Verfügung stehen. Als Folge hiervon wurde der Wirtschaftszweig WZ 25.50 bzw. seine Subsektoren in der Beihilfeleitlinie nicht berücksichtigt, d. h. in den Listen im Annex 3 bzw. 5 nicht gelistet.“ [17]

Es bedurfte intensiver politischer Überzeugungsarbeit auf nationaler und europäischer Ebene, um den besonders stromintensiven Unternehmen der Branche eine Entlastung von der EEG-Umlage zu ermöglichen, wie sie im folgenden Schaubild schematisch dargestellt ist.

Voraussetzung Branche	Liste 1 (EEG 2014)	Liste 2 (EEG 2014)	Sektor nicht gelistet
Stromkosten EEG-Umlage	SKI $\geq$ 17 % 15 % EEG oder 4 % BWS		
Stromkosten EEG-Umlage	wenn SKI $\geq$ 20 %, dann max. 0,5 % der BWS als EEG-Umlage		
Auffangregel, Bestandsschutz	20 %, wenn SKI $\geq$ 14 %	20 % der EEG-Umlage, wenn 2014 entlastet und SKI $\geq$ 14 %	
Übergangsregel	maximal doppelte EEG-Umlage von Jahr zu Jahr bis 2018 (§103 (3) EEG 2014)		

SKI = Stromkostenintensität = Stromkosten zur BWS; BWS = Bruttowertschöpfung zu Faktorkosten

Abbildung 15: Voraussetzungen für EEG-Entlastung

Die Wirtschaftszweige WZ 25.50 („Herstellung von Schmiede-, Press-, Zieh- und Stanzteilen, gewalzten Ringen und pulvermetallurgischen Erzeugnissen“) sowie WZ 25.61 („Oberflächenveredlung und Wärmebehandlung“) wurden erst ein Jahr nach der EEG-Reform 2014 nachträglich in die Liste 2 der Anlage 4 EEG 2014 als entlastungsberechtigte Branchen aufgenommen. Seither können Unternehmen der Massivumformung eine EEG-Entlastung beantragen, wenn sie nachweisen, dass ihre Stromkostenintensität über 14 % liegt und sie zudem im Jahr 2014 einen gültigen EEG-Begrenzungsbescheid hatten. Liegt dieser nicht vor, ist eine Stromkostenintensität von mindestens 20 % erforderlich, um eine Entlastung beantragen zu können. Um die wirtschaftliche Bedeutung der Entlastung zu verdeutlichen, ist im folgenden Schaubild beispielhaft eine Entlastung auf 20 % der EEG-Umlage dargestellt, die für Stromverbrauchsmengen ab 1 Millionen kWh greift. Es wird deutlich, dass eine Ablehnung eines Antrags auf die Entlastung mit erheblichen Belastungen des betroffenen Unternehmens verbunden ist – hier ein typisches mittelständisches Unternehmen der Massivumformung. Ebenso wird offensichtlich, dass es zu Wettbewerbsverzerrungen innerhalb der Branche kommen kann, da die Unternehmensstrukturen nicht immer identisch sind und die Stromkostenintensitäten variieren. Energieeffiziente und personalintensive Unternehmen und solche mit tieferer Wertschöpfungskette werden durch die aktuelle Gesetzeslage benachteiligt, da sie bei Anwendung der Definition Stromkostenintensität = Stromkosten/Bruttowertschöpfung nicht an die für eine EEG-Entlastung geforderten Grenzen herankommen.

Das Risiko eines erfolglosen Entlastungsantrags hat in den letzten Jahren mit steigenden bürokratischen Hürden seitens der Bewilligungsbehörde BAFA (Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle) weiter zugenommen. Das Rechenbeispiel zeigt, dass die gesamte Umsatzrendite gefährdet ist, wenn die EEG-Entlastung verloren geht.

Hinzu kommt, dass die Stromnetzentgelte in den letzten Jahren erheblich angestiegen sind und absehbar weiter steigen werden. Die durch das Netzentgeltmodernisierungs-Gesetz (NEMoG) eingeleitete Solidarisierung der energiewendebedingten Zusatzkosten in den Netzen ist keine Lösung, sondern erneut ein Reparieren eines fehlerbehafteten Systems. Von den Netzentgelten können sich die Unternehmen der Massivumformung in der Regel nicht entlasten. Den Unternehmen bleiben mittel- bis langfristig daher nur die beiden Optionen, einerseits die eigene Energieeffizienz noch weiter zu steigern und andererseits den Kundennutzen durch energieoptimierende Lösungen auf höchstem Niveau zu halten. Dafür sind jeweils Innovationen erforderlich, die durch intensive gemeinsame Forschung und Entwicklung unterstützt werden.

#### **Beispiel 20 GWh Stromverbrauch/a:**

EEG-Umlage voll: 1.376.000 €

EEG entlastet: 330.240 €

Differenz/Risiko: 1.045.760 €

#### **Kennzahlen bei 20 GWh Stromeinsatz/a:**

Umsatz: 50.000.000 €

Gewinn: 1.000.000 € (2 % Rendite)

**Bei voller EEG-Umlage kein Gewinn!**

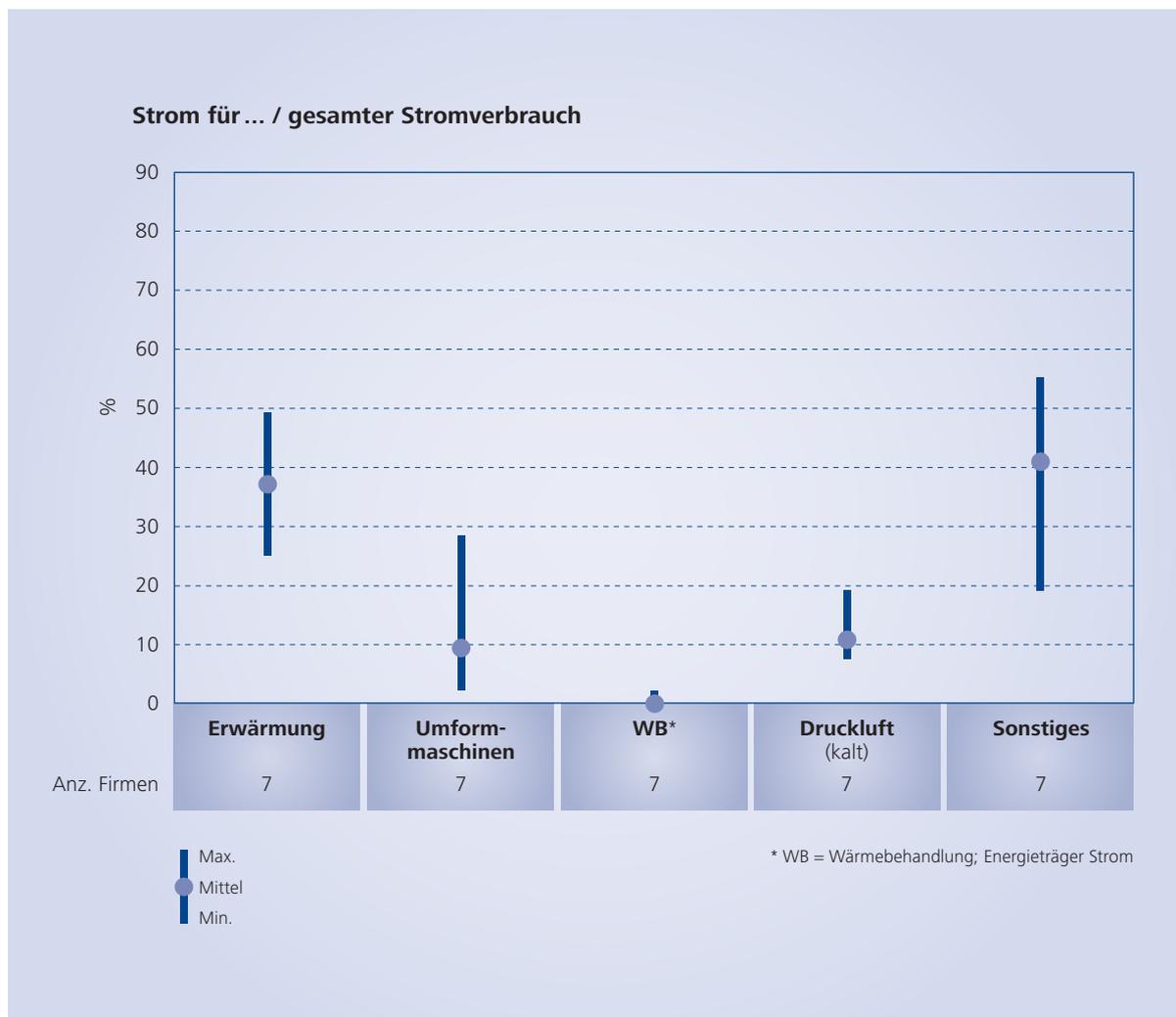
(Quelle: Industrieverband Massivumformung e. V.)

## Energieeffizienz-Netzwerk / Benchmarking

Neben den Forschungsprojekten spielt auch der Erfahrungsaustausch eine wichtige Rolle bei der Verbesserung der Energieeffizienz der Prozesse und Verfahren der Massivumformung. Im November 2016 haben 12 Mitgliedsunternehmen des Industrieverbands Massivumformung e.V. ein Energieeffizienz-Netzwerk gegründet, mit dem Ziel, sich vorwettbewerblich über Best-Practice-Maßnahmen auszutauschen, die aus dem Betreiben der jeweiligen Energiemanagementsysteme entstanden sind. Ebenso soll das Netzwerk dazu beitragen, Fehlinvestitionen in nicht effektive Effizienzmaßnahmen zu vermeiden. Nahezu alle Betriebe der Branche betreiben ein Energiemanagementsystem nach DIN EN 50001 oder zumindest das gemäß §55 Abs. 4 Satz 2 EnergieStG sowie §10 Abs. 3 Satz 2 StromStG für kleinere Unternehmen vorgesehene alternative System zur Verbesserung der Energieeffizienz. Daher liegen in jedem

Betrieb bereits Erkenntnisse zu möglichen und/oder tatsächlichen Effizienzpotenzialen vor. Dieses Wissen im Netzwerk auszutauschen, multipliziert die Einspareffekte in den Unternehmen und beschleunigt die Effizienzfortschritte.

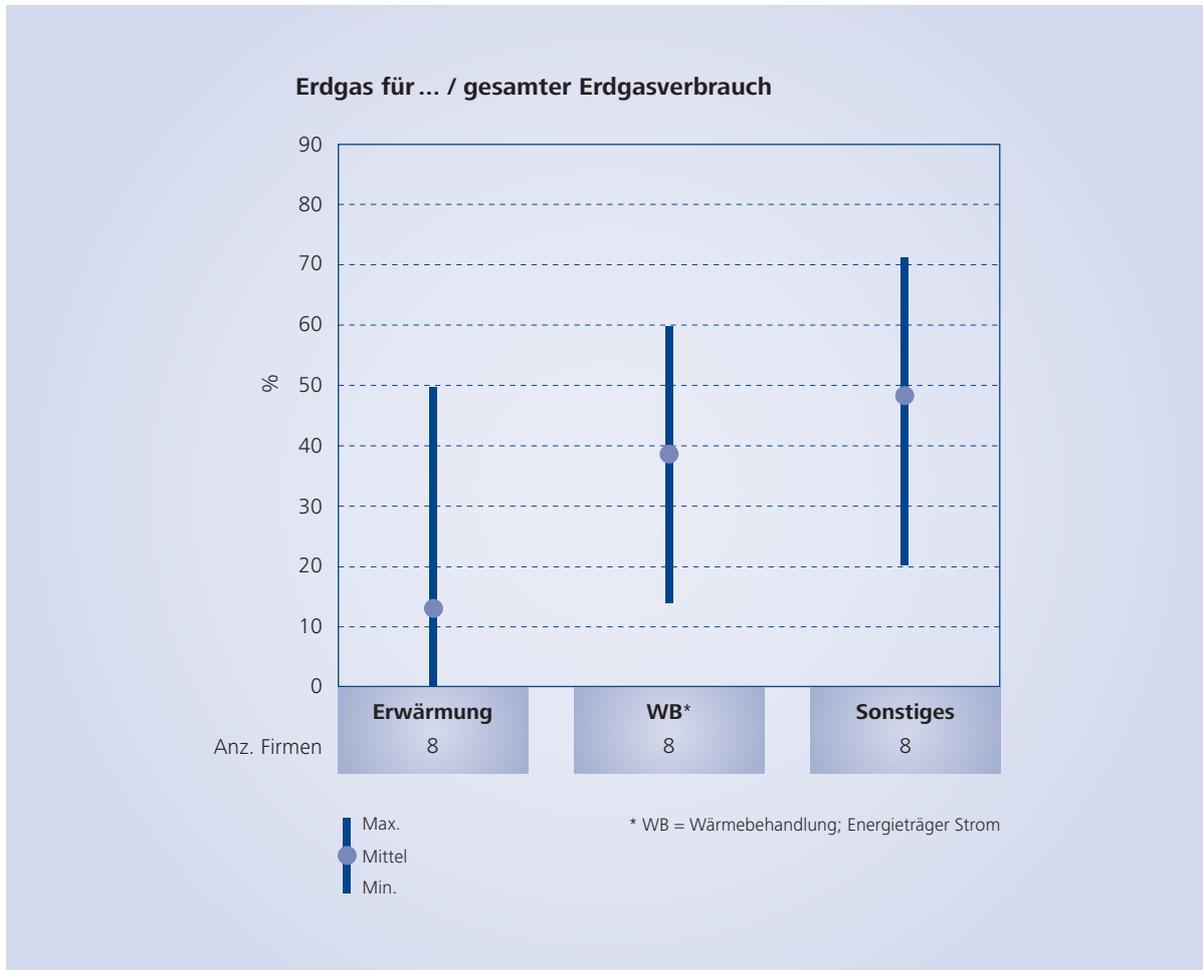
Der Netzwerkgründung vorangegangen war ein Projekt zur Messung und zum detaillierten Vergleich der Energieverbräuche in den Unternehmen der Massivumformung. Eine Erkenntnis aus diesem Projekt war, dass der Stromverbrauch nicht unbedingt im Projektschritt Materialerwärmung am höchsten ist, sondern in den „sonstigen“ Bereichen wie technische und logistische Infrastruktur, obwohl zur effizienten induktiven Erwärmung von 1 Tonne Stahl auf die Umformtemperatur von 1.200 °C physikalisch-technisch knapp 500 kWh erforderlich sind.



**Abbildung 16:** Stromverbrauch in der Massivumformung nach Prozessschritten

Nicht zuletzt dieses überraschende Ergebnis hatte die Gründung des Energieeffizienz-Netzwerkes forciert. Die Aufgabe dieses branchenspezifischen Netzwerkes ist die Untersuchung der Umformprozesse. Dabei wird allerdings die energetische Peripherie nicht vernach-

lässigt, um die Frage zu beantworten, welche Potenziale in den sonstigen Bereichen stecken. Eine weitere Erkenntnis aus dem Benchmark ist, dass in der Wärmebehandlung ausschließlich Erdgas-Öfen eingesetzt werden.



**Abbildung 17:** Erdgasverbrauch in der Massivumformung nach Prozessschritten

Das dürfte im Zusammenhang mit der politisch angestrebten Sektorenkopplung von Strom, Wärme und Verkehr sowie deren Elektrifizierung noch zu branchenspezifischen Herausforderungen führen. Auch beim Energieträger Erdgas sind es jedoch die sonstigen Bereiche, also die Beheizung der Hallen und Verwaltungsgebäude, die den höchsten Energiebedarf aufweisen, obwohl gerade die warm umformenden Betriebe bereits intensiv ihre Abwärme für Heizzwecke nutzen.

In den Netzwerktreffen stellen die jeweils gastgebenden Unternehmen ihre Energiemanagementsysteme vor und geben in Betriebsrundgängen wichtige praktische Erfahrungen zu den umgesetzten Effizienz-Maßnahmen weiter. Zudem bereichert externer fachlicher Input den Wissensschatz der Energiebeauftragten der Unternehmen.

# Forschung für eine energieeffiziente Massivumformung

Im Folgenden werden einige Forschungsprojekte vorgestellt, die den Schwerpunkt Energieeffizienz haben, zunächst mit dem Fokus auf die Produktionstechnologie der Massivumformung, anschließend Projekte mit dem Fokus auf die Unterstützung der Energieeffizienz auf Kundenseite. Dabei werden die Inhalte der Projekte kurz skizziert. Interessenten an den Forschungsergebnissen seien an die ausführlichen Abschlussberichte und die Leitfäden für die praktische Umsetzung in den Betrieben verwiesen.

Die Hebel zur Reduzierung des Energieeinsatzes liegen in drei Bereichen:

- **Verbesserte Werkstoffausnutzung,**  
z. B. geringer Materialeinsatz durch Verwendung höher- und hochfester Werkstoffe; Reduzierung von Grat durch verbesserte Konstruktion infolge leistungsfähiger Simulation; Leichtbau
- **Reduzierung der Prozessschritte,**  
z. B. Verzicht auf Erwärmungsvorgänge
- **Optimierung der Prozesse,**  
z. B. optimale Erwärmungsverfahren und -aggregate; Wärmerückgewinnung

Die in diesem Kapitel chronologisch vorgestellten Projekte lassen sich immer mindestens einem dieser Bereiche zuordnen.

## 5.1 Untersuchung zur Energieeinsparung in Schmiedebetrieben durch die Optimierung induktiver Erwärmungsprozesse

Bereits kurz nach der Jahrtausendwende, genauer von Juli 2000 bis Juni 2001, hat sich die Branche mit dem Einsatz von Induktionsanlagen befasst. Aufbauend auf experimentellen und numerischen Untersuchungen wurden Maßnahmen zum rationellen Energieeinsatz beim induktiven Schmiedeblock-Erwärmen aufgezeigt.

## 5.2 Energiesparende, emissionsarme und qualitätssteigernde Beheizung von Wärmebehandlungsöfen durch innovative Beheizungsverfahren (PtJ-Energie)

Von März 2004 bis Ende Januar 2009 wurden neue, bis dahin nicht verfügbare Impulsbrenner entwickelt und eingesetzt, mit deren Hilfe eine bessere Wärmeübertragung auf die im Ofen liegenden Stahlteile (Nutzgut) und eine homogene Temperaturverteilung im Ofenraum erreicht wird.

## 5.3 Reduzierung des Energieeinsatzes in der Metallindustrie durch Nutzung der Prozessenergie

Zwischen März und Oktober 2008 wurden in zwei Pilotunternehmen die Energieflüsse qualitativ und quantitativ ermittelt. Darüber hinaus wurde das Temperaturniveau der Energieflüsse ermittelt. Hierbei lag der Fokus auf der Prozesswärme. Zudem wurden Lösungsansätze zur Rückgewinnung der Prozesswärme untersucht und hinsichtlich der Einsetzbarkeit in der Massivumformung bewertet.

## 5.4 Entwicklung und Erprobung eines neuartigen Rohr-Regenerator-Brenner-Systems zur energiesparenden Beheizung von getakteten/sequenziell beheizten Industrieöfen

Dezember 2007 bis November 2009: Ziel dieses Fortsetzungsvorhabens war die Weiterentwicklung des Rohr-Regenerator-Brenner-Systems in Richtung betriebliche Nutzenanwendung und Marktreife.

## 5.5 Erhöhung der Material- und Energieeffizienz in der Massivumformung

Dieses Forschungsprojekt dauerte von Juni 2009 bis Mai 2011. Es wurden Möglichkeiten aufgezeigt, um einen bestmöglichen Materialwirkungsgrad und darüber eine hohe Energieeffizienz bei Massivumformverfahren zu erreichen. Darauf aufbauend wurden Konstruktions- und Verfahrensregeln in allgemeingültiger Form hergeleitet und bewertet. Die Bewertung und Optimierung erfolgte weitgehend unter Anwendung von Stoffflusssimulationen mit Hilfe der Finite-Elemente-Methode (FEM).

## 5.6 Erhöhung der Energieeffizienz in der Massivumformung (ENERMASS)

Ein umfangreiches Projekt mit einer Laufzeit von 2009 bis 2012 – untersucht wurden 7 unterschiedliche Ansätze, in den typischen Produktionsschritten der Warmmassivumformung Energie einzusparen. Nachfolgend werden die Ideen kurz skizziert:

### 5.6.1 Vergüten aus der Schmiedewärme

Anstatt die Schmiedeteile zunächst abkühlen zu lassen, um sie anschließend zu vergüten, wurde untersucht, ob und wie Vergütungsstähle direkt aus der Schmiedewärme abgeschreckt und anschließend angelassen werden können, um ähnlich hohe mechanische Eigenschaften (Festigkeits-/Zähigkeits-Verhältnis) wie bei der klassischen Vergütung zu erreichen.

### 5.6.2 Materialaufmaß beim Reckwalzen reduzieren

Hier wurde geprüft, ob durch eine Optimierung des Reckwalzverfahrens der notwendige Materialeinsatz bei der Produktion von Lkw-Pleueln minimiert und der Ausschussanteil durch Über-/Unterschreitung von Gewichtstoleranzen und sonstigen Fehleranteilen reduziert werden kann.

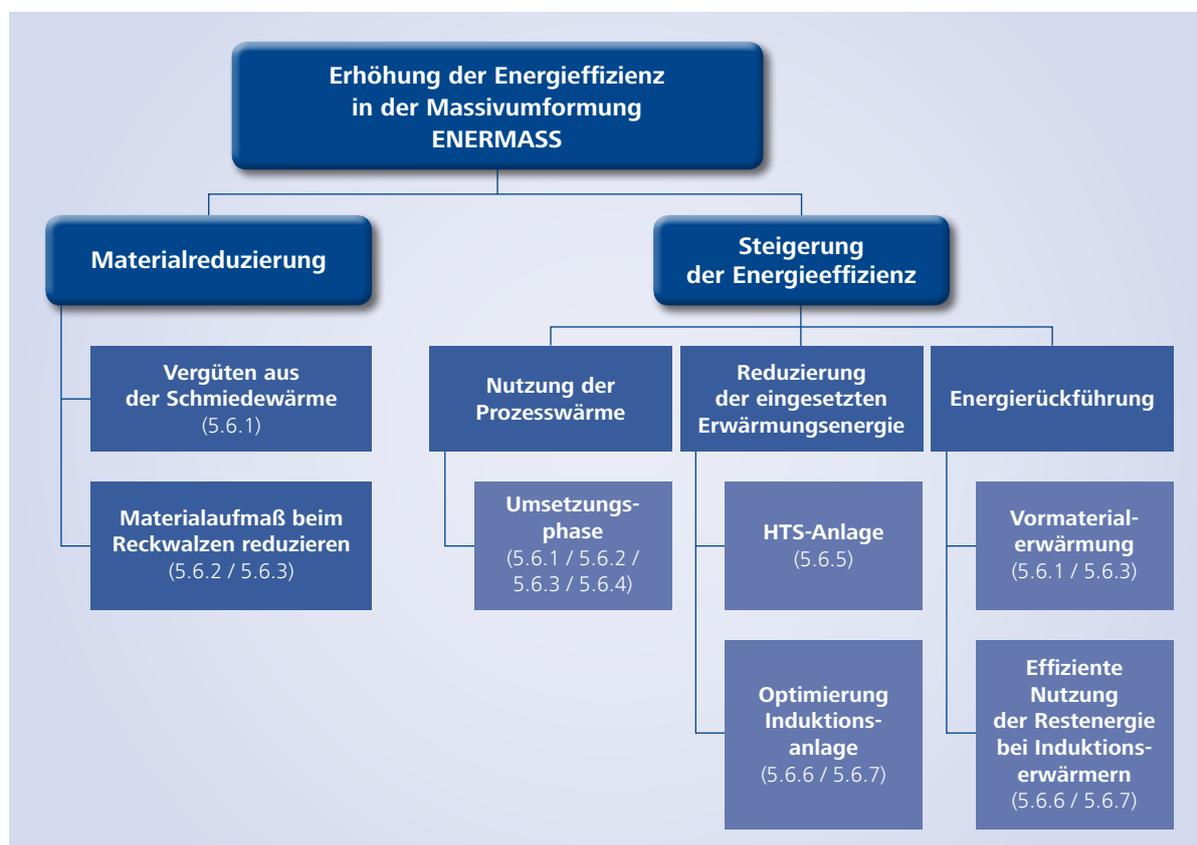


Abbildung 18: ENERMASS Abschlussbericht, Seite 5

### Einsparpotenzial Wärmebehandlung (WB)

Die prozessbedingten Einsparpotenziale sind bei den AFP-Stählen am höchsten.

1. Konventionelles Vergüten	Schmieden	Abkühlen	Transport	Austenitieren	Ab-schrecken	Anlassen
2. Vergüten aus der Schmiedehitze (SH) (Vergütungsstähle)	Schmieden	Ausgleichen (Zwischenwärmern)	Ab-schrecken	Transport	Anlassen	
3. Vergüten aus der Schmiedehitze (SH) (Weichmartensit)	Schmieden	Ausgleichen (Zwischenwärmern)	Ab-schrecken			
4. Kontrolliertes Ablegen aus der Schmiedehitze (P) (AFP-Stähle)	Schmieden	Abkühlen				

← Einsparpotenzial

Abbildung 19: Einsparpotenzial Wärmebehandlung

#### 5.6.3 Erzeugung elektrischer Energie aus der Prozesswärme

In diesem Teilprojekt wurden Konzepte erstellt und überprüft, den Produktionsteilen nach dem Umformprozess die Prozessenergie zu entziehen und diese in elektrische Energie umzuwandeln. Dazu wurden Demonstratoren für die Energiesammlung und -leitung sowie für die Energieumwandlung erstellt und getestet.

#### 5.6.4 Reduzierung der eingesetzten Erwärmungsenergie: Hochtemperatursupraleiter-Erwärmer (HTS-Anlage)

Die Magnetheizer-Technik auf Basis eines hochtemperatursupraleitenden (HTS) Magneten ist für die Aluminium- und Buntmetallindustrie entwickelt worden. Ob dieses Konzept auf Stahl übertragbar ist, wurde in diesem Projekt untersucht.

#### 5.6.5 Reduzierung der eingesetzten Erwärmungsenergie: Optimierung Induktionsanlage

In diesem Ansatz wurde geprüft, ob die Induktionserwärmer-Technologie optimiert werden kann. Hierzu wurde bewertet, ob in den Schaltungen der Umformer energieeffizientere Bauteile auf Siliziumcarbid-Basis merkliche Vorteile beim Wirkungsgrad bringen. Des Weiteren wurden die Möglichkeiten einer Optimierung des Induktor-Designs geprüft, getestet und bewertet.

#### 5.6.6 Energierückführung: Vormaterialerwärmung

In diesem Projekt wurde ein Demonstrator zu Energierückführung vom warmen Schmiedeteil auf das Vormaterial erstellt und getestet. Die Anforderungen an eine nachfolgende Erwärmung bis auf Endtemperatur wurden in Form eines Pflichtenhefts beschrieben.

#### 5.6.7 Energierückführung: Effiziente Nutzung der Restenergie bei Induktionserwärmern

Als weiterer Lösungsweg wurde versucht, die im Kühlwasser der Induktionsanlagen abgeführte Energiemenge (ca. ein Drittel der eingesetzten Energie) auf ein höheres Temperaturniveau zu bringen, um hierdurch die Grundlage für eine sinnvolle Nutzung zu schaffen. Als Ergebnis dieses Arbeitspunktes wurde das Steigerungspotenzial der Energieeffizienz in Folge einer Erhöhung der Rücklauftemperatur in einem Leitfaden beschrieben.

## 5.7 Kraft-Wärme-Kopplung in Schmiedeunternehmen zur nachhaltigen Reduzierung der Energiekosten und des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes

Im Zeitraum von Mitte Dezember 2011 bis Ende Mai 2012 wurde untersucht, ob und in welchem Umfang KWK-Konzepte in Massivumformbetrieben unter Berücksichtigung der Gesetzgebung nach dem KWK-Gesetz zur Reduzierung der Energiekosten und des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes führen können. Ausgehend von einem Blockheizkraftwerk (BHKW) wurden verschiedene Ankopplungen technisch und wirtschaftlich bewertet.

## 5.8 Vergleich verschiedener Erwärmerarten bzgl. Kosten-, Energie- und CO<sub>2</sub>-Effizienz (Erwärmervergleich)

Im Rahmen dieser Studie wurden zwischen Juni 2012 und April 2013 die verschiedenen Erwärmerarten (induktiv, konduktiv, Erdgas) bezüglich der Kosten-, Energie- und CO<sub>2</sub>-Effizienz sowie der technologischen Vor- und Nachteile in der gesamten Prozesskette gegenübergestellt und bewertet.

## 6 Forschung für energieeffiziente Kundenprodukte

### 6.1 Initiative Massiver Leichtbau

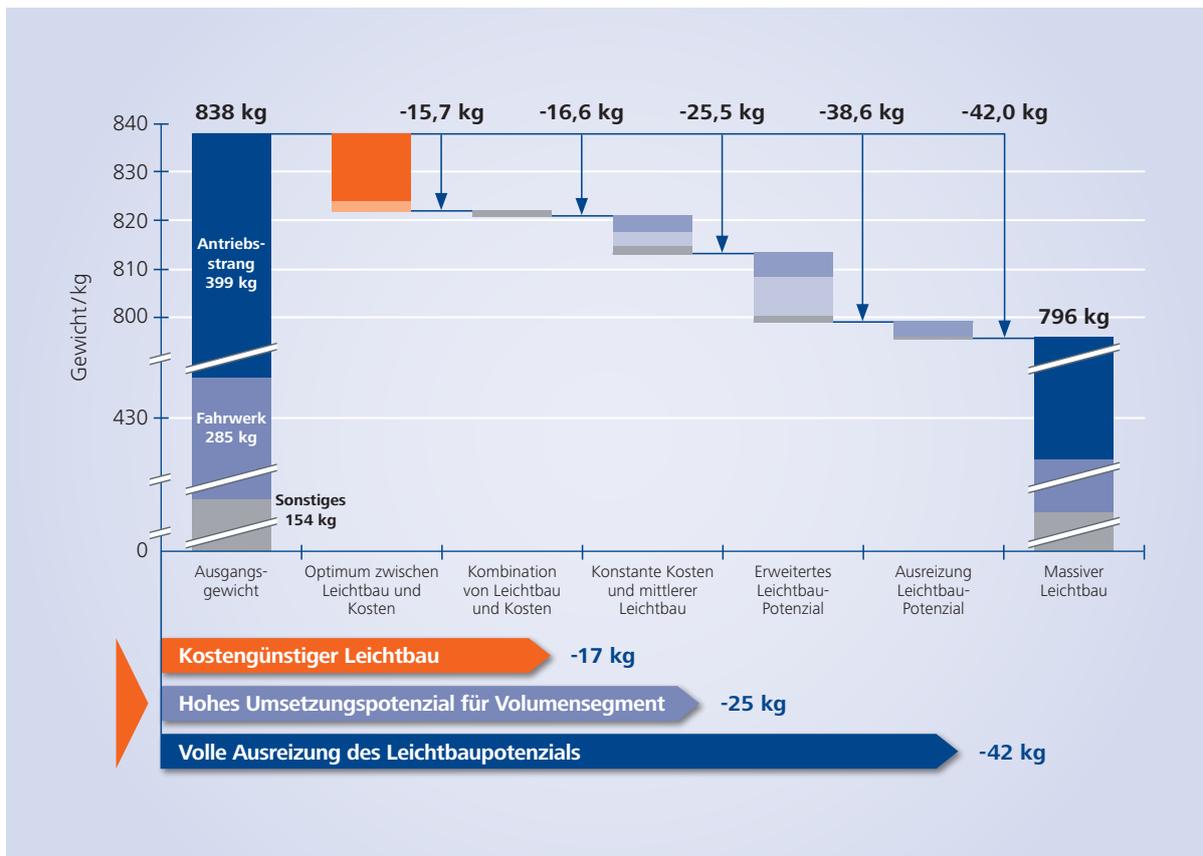
In den Forschungsprojekten, die im Kapitel 5 beschrieben wurden, ging es bereits teilweise um die Reduzierung des Materialeinsatzes, wodurch auch eine Erhöhung der Effizienz der Kundenprodukte erreicht wird. Die „Initiative Massiver Leichtbau“ richtet ihren Fokus ganz konkret und praxisorientiert auf den Kundennutzen im Fahrzeug. Hierzu haben sich Anfang 2013 15 Unternehmen der Massivumformung mit 9 Stahlherstellern vorwettbewerblich zusammengeschlossen, um das Know-how von Werkstofftechnologie und Umformtechnik zu kombinieren. Das Thema automobiler Leichtbau war vorher auf die Karosserie konzentriert, dabei sind die schwersten Baugruppen im Pkw unsichtbar (Fahrwerk, Motor und Getriebe). Eine zusammenhängende Betrachtung des Innovationspotenzials neuer Werkstoffe, neuer Fertigungsmethoden und moderner Auslegungsrichtlinien fehlte aufgrund der komplexen und heterogenen, sehr arbeitsteiligen Lieferkette sowie sehr unterschiedlicher Bauteilanforderungen. Die eigen-

finanzierte „Initiative Massiver Leichtbau“ zeigt erstmalig umfassend unter Einbezug von Stahlherstellern und Komponentenlieferanten konstruktive, werkstoff- und fertigungstechnische Leichtbaupotenziale für den Antriebsstrang auf.“ [18] Die Massivumformung rückt ins Zentrum der Prozesskette; die Wettbewerbsfähigkeit in dieser Lieferkette wird durch Leichtbau, Ressourceneffizienz und Wirtschaftlichkeit gestärkt.

„In einer ersten in drei Workshops durchgeführten Studie konnte das Potenzial zur Gewichtseinsparung an einem Mittelklassefahrzeug durch massivumgeformte Bauteile aufgezeigt werden. Dabei wurden vorrangig die Bereiche des Antriebsstrangs und Fahrwerks untersucht und die rund 400 daraus entwickelten Ideen auf ihre Umsetzbarkeit geprüft.“ [19] Das Fahrzeug wurde zu diesem Zweck vollständig auseinander gebaut und die einzelnen massiv umgeformten Teile auf eine Gewichtsoptimierung hin untersucht. Im Ergebnis fand die Initiative Einsparpotenziale von bis zu 42 kg in dem Pkw.



Abbildung 20: Potenziale zur Gewichtsreduktion im Mittelklasse-Pkw



**Abbildung 21:** Potenziale kostengünstiger Leichtbau

Ein durchaus nennenswerter Anteil von knapp einem Drittel der Gewichtsreduktionspotenziale ist sogar zu niedrigeren Kosten im Vergleich zum aktuellen Standard realisierbar.

Ein interessantes Ergebnis der Studie ist, dass drei Viertel des identifizierten Leichtbaupotenzials durch veränderte Konstruktionen der Bauteile realisierbar ist. Daher gilt es, die gefundenen Ansätze entlang der Lieferkette in die Konstruktionsabteilungen der Fahrzeughersteller zu kommunizieren.

Die Erkenntnisse aus dieser ersten Studie wurden 2015 bereits in eine weitere Projektphase überführt, in der ein leichtes Nutzfahrzeug bis 3,5 t auf gleiche Weise untersucht wurde. Auch in diesem Fahrzeug fanden die Experten Leichtbaupotenziale, die das Fahrzeuggewicht um bis zu 100 kg reduzieren könnten.

„Leichtbau wird heute bereits vielfältig eingesetzt. Innovationstreiber sind die Luft- und Raumfahrt sowie die Automobil- und Transportindustrie: Jedes eingesparte Kilogramm bedeutet ein Kilogramm mehr Nutzlast. 100 Kilogramm weniger Gewicht reduziert den Kraftstoffverbrauch eines Autos um circa 0,5 Liter pro 100 Kilometer

und auch für Elektrofahrzeuge bedeutet jedes eingesparte Kilogramm mehr Reichweite. Bei einem Airbus A320 entsprechen 100 Kilogramm weniger Gewicht fast 10.000 Liter weniger Kerosin pro Flugzeug und Jahr. Aber auch in der Bau-, Freizeit- und Sportindustrie, der maritimen Wirtschaft und der Medizintechnik wird diese Zukunftstechnologie immer bedeutsamer.“ [20]

Seit der Klimakonferenz UN-COP 21 von Paris im Dezember 2015 dürfte besiegelt sein, dass Klimaschutz ein Megatrend bleiben wird, nicht nur in Deutschland und Europa, sondern weltweit. Mit ihren innovativen Leichtbaukonzepten kann die deutsche Massivumformung ihren wesentlichen Beitrag dazu leisten und sich im internationalen Wettbewerb erfolgreich behaupten. Die Initiative Massiver Leichtbau setzt daher nicht nur Zeichen, sondern sie ebnet die Zukunft einer energieintensiven Effizienzbranche in Deutschland.

In Phase III der „Initiative Massiver Leichtbau“ seit 2017 wird der Fokus auf internationale Märkte ausgedehnt. Gemeinsam mit Stahlherstellern und Massivumformern aus Nordamerika, Japan und Westeuropa werden die Leichtbaupotenziale von Hybrid-Fahrzeugen analysiert.



**Abbildung 22:** Überblick der Projektphasen Massiver Leichtbau ([www.massiverLEICHTBAU.de](http://www.massiverLEICHTBAU.de))

## 6.2 Hohe Belastbarkeit und Präzision als Effizienzquellen

Neben dem vorher ausführlich dargestellten Leichtbaupotenzial zeichnen sich massivumgeformte Bauteile durch weitere Eigenschaften aus, die Effizienzpotenziale in Kundenanwendungen eröffnen. So wären die hochverdichteten Motoren, die aus niedrigen Hubräumen und mit geringem Kraftstoffeinsatz sehr große Kräfte entwickeln, ohne die extreme Belastbarkeit der umformtechnischen Komponenten nicht langfristig überlebensfähig. Auch bei Verschleißteilen in Baumaschinen sowie Hebe- und Förderfahrzeugen überzeugen die Massivumformteile durch ihre Langlebigkeit und Dauerbelastbarkeit und erhöhen die Effizienz des Materialeinsatzes.

Entwicklungssprünge im Bereich der Kaltmassivumformung erlauben in immer mehr Anwendungen endkonturnahe Bauteile, die nicht oder kaum noch spanend bearbeitet werden müssen. Durch diese Reduzierung der mechanischen Bearbeitung werden große Energieeffizienzpotenziale gehoben.

## Fazit und Ausblick

Die Massivumformung ist ein energieintensives Verfahren, das in Deutschland unter dem Druck hoher Energiekosten bereits derzeit effizient und daher weiterhin erfolgreich angewendet wird. Im Vergleich zu alternativen Formgebungsverfahren weist die Massivumformung energetisch keine Nachteile auf, hat aber im Hinblick auf die erzielbaren Bauteileigenschaften unerreichbare Vorzüge. Potenziale zur Steigerung der Energieeffizienz werden dennoch weiterhin auf allen Ebenen der Wertschöpfungskette gesucht und erschlossen – von der Weiterentwicklung der Eigenschaften der Einsatzmaterialien bis zum materialeffizienten Einsatz der Bauteile in den Endprodukten. Denn die energie- und klimapolitischen Rahmenbedingungen in Deutschland und Europa würden andernfalls die internationale Wettbewerbsfähigkeit der Branche untergraben.

Für die Ausschöpfung dieser verbleibenden Effizienz-Möglichkeiten bietet der Forschungs- und Entwicklungsstandort Deutschland im internationalen Vergleich die besten Voraussetzungen. Weltweit führende Forschungsinstitute arbeiten eng verzahnt mit den Unternehmen der Massivumformung und deren praxiserfahrenen Spezialisten an den Lösungen für eine emissionsarme Produktion emissionsneutraler Produkte unseres täglichen Bedarfs. Die klimapolitischen Ziele im Verkehrs- und Transportsektor sind nur mit innovativen Produkten der Massivumformung aus Deutschland erreichbar.

Die Politik ist gefordert, die Massivumformung als wichtiges Glied der innovativen Wertschöpfungskette Stahl und bedeutenden Arbeitgeber in Deutschland zu halten. Dafür müssen dringend die Wettbewerbsnachteile und Unsicherheiten der energiepolitischen Kostenentwicklung beseitigt werden.

## Literaturverzeichnis

- [1] Herbertz, Hermanns, Labs: Fachbuch Massivumformung kurz und bündig, Hagen, Nachdruck April 2015, Seite 13
- [2] Herbertz, Hermanns, Labs: Fachbuch Massivumformung kurz und bündig, Hagen, Nachdruck April 2015, Seite 30 ff.
- [3] Erhöhung der Energieeffizienz in der Massivumformung (ENERMASS) (Abschlussbericht), Hagen, November 2012, Seite 4
- [4] Raedt, H.-W.: Massivumformung – Bauteile ressourceneffizient herstellen, in MaschinenMarkt 44, 2012, Seite 28
- [5] Herlan, T.: Optimaler Energieeinsatz bei der Fertigung durch Massivumformung, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, 1989, Seite 97 ff.
- [6] Baten/Buttermann: Handels- und Stromintensität der „Herstellung von Gesenkschmiedeteilen“ (WZ 25.50 2) sowie der „Herstellung von pulvermetallurgischen Erzeugnissen“ (WZ 25.50 5) in der EU, Münster, Dezember 2014, Seite 5
- [7] Baten/Buttermann: Handels- und Stromintensität der „Herstellung von Gesenkschmiedeteilen“ (WZ 25.50 2) sowie der „Herstellung von pulvermetallurgischen Erzeugnissen“ (WZ 25.50 5) in der EU, Münster, Dezember 2014, Seite 6 (aus <http://www.induktionserwaermung.de/html/schmieden.html>)
- [8] K. Lange, Th. Neitzert, H. Westheide: Möglichkeiten moderner Umformtechnik, wt-z 1983
- [9] Stahlinstitut VDEh: Fakten zur Stahlindustrie in Deutschland, 2016, Seite 4
- [10] Stahlinstitut VDEh: Fakten zur Stahlindustrie in Deutschland, 2016, Seite 10
- [11] Befragung der Mitgliedsunternehmen des Industrieverbands Massivumformung e.V., 2015
- [12] Der energieeffiziente Gießereibetrieb 2.0, bdguss, Düsseldorf, 2008, Seite 2;  
Originalquelle: N. Ketscher, N. Herfurth, K. Kademann: Rationelle Energienutzung durch Gießen von Bauteilen – ein Vergleich, in Giesserei-Rundschau 45, Jahrgang Mai/Juni 1998, Heft 5/6
- [13] Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Ermittlung von branchenspezifischen Potentialen zum Einsatz von erneuerbaren Energien in besonders energieintensiven Industriesektoren am Beispiel der Gießerei-Industrie, Köln, Düsseldorf, Dezember 2013, Seite 47 ff.
- [14] V. Kruzhanov, V. Arnhold, E. Ernst: Energieeinsatz in der Massenproduktion von PM-Formteilen, in: Pulvermetallurgie in Wissenschaft und Praxis, Band 25, Heimdall Verlag, Hagen, 2009, Seite 159 ff.
- [15] V. Kruzhanov, V. Arnhold, E. Ernst: Energieeinsatz in der Massenproduktion von PM-Formteilen, in: Pulvermetallurgie in Wissenschaft und Praxis, Band 25, Heimdall Verlag, Hagen, 2009, Seite 159 ff.
- [16] Prof. Dr. Rainer Herbertz: Kundenseminar „Massivumformteile: Vorteile – Entwicklung – Einsatzmöglichkeiten“, 2016
- [17] Baten/Buttermann: Executive Summary, Münster, 2014
- [18] Dahme, M.: Vortrag zur Jahrestagung Massivumformung, Lünen, Juni 2015
- [19] Severin, F.: Extra-Info Massiver Leichtbau – Potenziale massivumgeformter Komponenten, Hagen, April 2014, Seite 3
- [20] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/leichtbau.html>)

Abbildung 1	Meldungen der Verbandsmitglieder
Abbildung 2, 9, 14	Initiative Massiver Leichtbau
Abbildung 3	Prof. Dr. h. c. Dr.-Ing. Eckart Uhlmann, Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb / Technische Universität Berlin
Abbildung 4, 6, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22	Industrieverband Massivumformung e. V.
Abbildung 5	Statistisches Bundesamt (Stand 2016)
Abbildung 7, 8	Stahlinstitut VDEh
Abbildung 10	Prof. Dr. Rainer Herbertz: Kundenseminar „Massivumformteile: Vorteile – Entwicklung – Einsatzmöglichkeiten“, 2016
Abbildung 11, 12	Eurostat
Abbildung 13	VEA, BDEW
Abbildung 18	Erhöhung der Energieeffizienz in der Massivumformung (ENERMASS) (Abschlussbericht)

## Forschungsprojekte zu Werkstoffen mit Leichtbaupotenzialen

<b>IGF 260 ZN</b>	Effiziente Prozessketten und neue hochfeste (bainitische) Stähle zur flexiblen Darstellung hoch beanspruchter Strukturbauteile (HDB-Schmiedestahl)
<b>AVIF A 228</b>	Neue Werkstoffe und angepasste Prozessketten für höherfeste Stahlwerkstoffe (AFP) in geschmiedeten Strukturbauteilen
<b>IGF 374 ZN</b>	Schmiedestähle mit verbesserter Betriebsfestigkeit durch verformungsinduzierte Phasenumwandlung (TRIP-Effekt)
<b>AVIF A 276</b>	Lufthärtende, duktile Schmiedestähle mit erhöhten Mangangehalten (LHD-Schmiedestahl)
<b>IGF 18729 LN</b>	Entwicklung von hochfesten Stählen für alternative Wärmebehandlungen und für die Kaltmassivumformung von Bauteilen im Pkw-Antriebsstrang (Massiver Leichtbau Teilprojekt 1)
<b>IGF 18167 BG</b>	Integrative Prozess- und Werkstoffentwicklung eines aushärtbaren AFP-Stahls zur energieeffizienten und verzugsreduzierten Herstellung kaltumgeformter hochfester Massivbauteile



Industrieverband  
Massivumformung e. V.

Goldene Pforte 1  
58093 Hagen, Deutschland  
Telefon: +49 2331 958830  
Telefax: +49 2331 958730

E-Mail: [info@massivumformung.de](mailto:info@massivumformung.de)

Weitere Informationen unter  
**[www.massivumformung.de](http://www.massivumformung.de)**

ISBN: 978-3-928726-36-8

Den Veröffentlichungen  
des Industrieverbands  
liegen die Ergebnisse der  
Gemeinschaftsforschung  
der im Industrieverband  
Massivumformung e. V.  
zusammengeschlossenen  
Unternehmen zugrunde.

Stand: Dezember 2017

mF-EE-1217-10