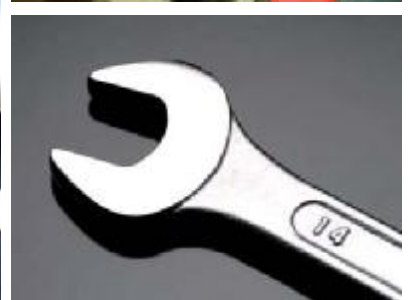


# Geschmiedeter Stahl



Immer in Form



# Inhalt

Steigende Ansprüche – Wachsende Märkte	Seite 4
Die Umformprozesse – Temperatur und Druck im Zusammenspiel	Seite 6
Schmiedestähle – Maßgeschneiderte Qualität aus Deutschland	Seite 8
Schmieden – Gewaltige Kräfte intelligent einsetzen	Seite 10
Geschmiedet, geprüft, gesichert – Vielfalt mit umfassender Qualitätskontrolle	Seite 12
Die Zukunft – nimmt schon heute Formen an	Seite 16
Kulturgut Schmieden – Die Kunst der Umformung	Seite 18
Seit Generationen – Eine Geschichte von Innovationen	Seite 19

## IMPRESSUM

### Herausgeber:

Stahl-Informations-Zentrum, Postfach 10 48 42, 40039 Düsseldorf, Tel.: 0211/67 07 - 831,  
Fax: 0211/ 67 07 - 344, E-Mail: [siz@stahl-info.de](mailto:siz@stahl-info.de), Internet: [www.stahl-info.de](http://www.stahl-info.de)  
Mit freundlicher Unterstützung des Industrieverbands Massivumformung e.V., Goldene Pforte 1, 58093 Hagen

Ein Nachdruck dieser Veröffentlichung ist – auch auszugsweise – nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers und bei Quellenangabe gestattet. Die zugrunde liegenden Informationen wurden mit größter Sorgfalt recherchiert und redaktionell bearbeitet. Eine Haftung ist jedoch ausgeschlossen.

Bildnachweis/Quellenangaben: (Abbildungen mit freundlicher Genehmigung von)

S. 4: DaimlerChrysler AG, Mercedes Car Group; S. 7, 9, 12, 13: Saarstahl AG; S. 10, 18: Buderus Edelstahl GmbH; S. 14 oben: pro-beam AG & Co. KGaA; S. 15 oben: Airbus S.A.S.; S. 15 unten: Deutsche Bahn AG; S. 17: Prof. Dr. Anke Pyzalla (MPIE); S. 19 oben: Sebastian Beutling; S. 19 unten: [www.arsmartialis.com](http://www.arsmartialis.com) (Dr. Ralf Pfeifer); S. 5, 11: Industrieverband Massivumformung e.V.

# Geschmiedeter Stahl – Hochleistung für das moderne Leben

---

Die Formen- und Einsatzvielfalt moderner Schmiedestücke aus Stahl kennt kaum Grenzen. Das Spektrum reicht von einfach geformten Gegenständen wie Messern bis hin zu komplexen Kurbelwellen und von winzigen druckbeständigen Zündkapseln für Airbags bis hin zu gigantischen Schiffsantriebswellen mit über 100 Tonnen Gewicht. Was sie alle auszeichnet, ist ihre extrem hohe Belastbarkeit. Geschmiedete Teile besitzen Eigenschaften, die exakt auf ihre Einsatzzwecke maßgeschneidert sind. Sie halten höchsten Temperaturen und den härtesten mechanischen Beanspruchungen stand. Sie sind mit äußerster Präzision gefertigt und lassen sich dadurch passgenau einbauen.

Geschmiedete Werkstücke bringen im wahren Sinne des Wortes Bewegung ins Leben. Durch speziell entwickelte Teile werden beispielsweise Fahrzeuge leichter und gleichzeitig sicherer. Motoren – insbesondere Dieselmotoren – erzielen durch geschmiedete Bauteile einen höheren Wirkungsgrad und schonen somit die Umwelt. Sogar in der Raumfahrttechnik sind sie unverzichtbar. Kurz gesagt: Wer Schmiedestücke näher kennenlernt, wird begeistert sein. Einer der faszinierendsten und umweltfreundlichsten Werkstoffe unserer Zeit verleiht ihnen die besonderen Fähigkeiten: Stahl.

# Steigende Ansprüche – Wachsende Märkte



*Modernste Produkte, entwickelt, um stets steigende Ansprüche zu erfüllen – mit Schmiedeteilen aus Stahl*

Leichter, präziser, langlebiger, wirtschaftlicher – auf diese einfachen Nenner lassen sich die stetig wachsenden Ansprüche an geschmiedete Werkstücke aus Stahl bringen. Was so einfach klingt, stellt enorme Herausforderungen sowohl an die Stahlerzeuger als auch an die Schmiedeindustrie. Mit neuen Werkstoffen, dem Einsatz moderner Computersimulationen und weiterentwickelten Schmiedeverfahren werden die Anforderungen der Märkte erfüllt. Mittels moderner Methoden entstehen Schmiedestücke, die durch ihre beispiellose Zuverlässigkeit fast unbemerkt jeden Tag ihren harten Dauereinsatz bestehen, ohne dabei etwas von ihrer Präzision einzubüßen.

## **Sichere Mobilität**

Wer sein Auto startet, wird die Leistungsfähigkeit von Schmiedeteilen erleben. Nur die gehärteten und verwindungssteifen Komponenten wie Kurbelwelle oder Pleuelstangen sind in der Lage, die Kräfte des Motors aufzunehmen und sie mittels ebenfalls geschmiedeter Getriebeteile auf die Antriebsräder zu übertragen. Nur die widerstandsfähigen und verschleißfesten Radaufhängungen und Achsen können die mechanischen Stöße unebener Fahrbahnen schadlos überstehen. Noch deutlicher wird die außergewöhnliche Robustheit geschmiedeter Teile beim Einsatz in Lastwagen, landwirtschaftlichen Fahrzeugen und Baufahrzeugen. Auch Eisenbahnräder, hochbelastete Elemente von Flugzeugfahrwerken sowie Schiffsantriebswellen sind geschmiedet und sorgen für sichere Mobilität.

## **Dauerhafte Energieversorgung**

Wenn irgendwo auf der Welt die Beleuchtung eingeschaltet wird, sind Schmiedeteile an der zuverlässigen und effizienten Energieerzeugung beteiligt. Bei Windkraftanlagen sind es die riesigen Getriebe und Rotorlager aus ringgewalztem Stahl, bei Stromgeneratoren die mächtigen Turbinenschaukeln und Wellen. Überall also, wo höchste Anforderungen an die Ausfallsicherheit gestellt werden, sind Schmiedeteile im Einsatz.

## **Robust im Kleinen und Großen**

Die Werkzeuge in der Werkstatt, die Messer im Haushalt – geschmiedete Produkte sind

Schmiedeteile aus Stahl XXL:  
unverzichtbar – auch z. B. im Schiffsbau

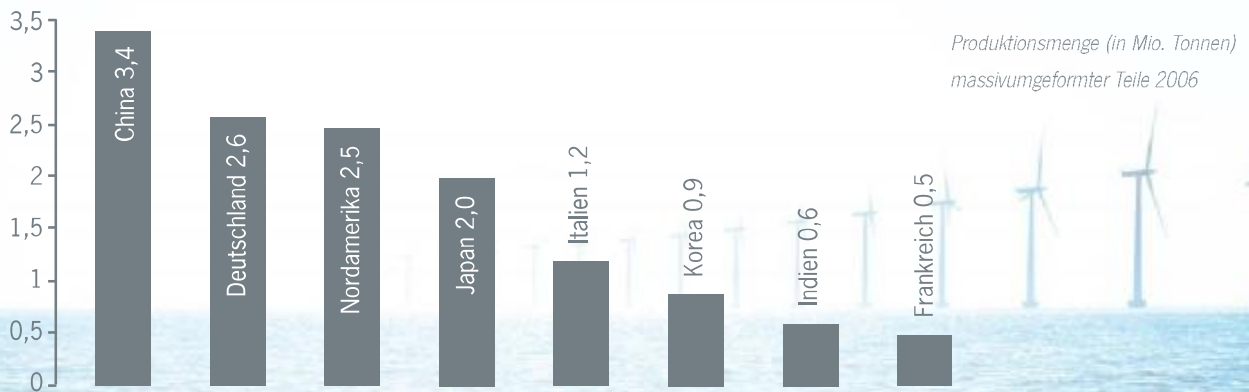
langlebige Gegenstände, die vieles aushalten. Auch hier im Kleinen zeigt sich die dauerhafte Qualität und Funktionalität, die weder von Wasser noch von Hitze oder Frost beeinträchtigt wird. Gleiches gilt bei großen Anwendungen. Schmiedeteile aus Stahl sind auch unverzichtbar im Anlagen- und Maschinenbau und in der Elektroindustrie.

### Erfolgsschmiede Deutschland

Die Beispiele zeigen: Das Anwendungsspektrum für Schmiedeteile ist groß. Und: Es wächst stetig weiter. Die deutschen Unternehmen der Massivumformung haben im Jahr 2006 über 2,6 Millionen Tonnen hochwertiger Schmiedeteile produziert – Tendenz steigend. Damit ist Deutschland in Europa unangefochtener Marktführer und in der Welt auf Rang zwei hinter China (3,4 Mio. t). Ein besonderes Kennzeichen der deutschen Schmiedeindustrie ist ihre mittelständische Struktur. Auf den Weltmärkten nehmen die deutschen Unternehmen eine bedeutende Rolle ein:



Von den 2006 in der Branche umgesetzten 6,8 Mrd. Euro wurden 37 Prozent durch Exporte erzielt.



# Die Umformprozesse – Temperatur und Druck im Zusammenspiel



*„Solange das Eisen heiß ist ...“  
Wer sich ein Schmiedeteil ge-  
nauer ansieht, fragt sich, wie  
solche komplexen Formen  
möglich sind. Das Geheimnis  
der Umformung von Metall ist  
seit rund 8.000 Jahren be-  
kannt. Was damals mit primi-  
tiven Mitteln begann, hat sich  
heute zu höchst anspruchsvol-  
len Hightech-Prozessen weiter-  
entwickelt.*

Etwa 97 Prozent aller Schmiedeteile sind aus Stahl gefertigt. Geschmiedet werden heute aber praktisch alle Metalle – auch sog. „Nicht-Eisen-Metalle“ (auch NE-Metalle genannt) wie Kupfer und Messing. Das Umformverhalten von Stahl ist abhängig von der Temperatur. Je nach Erwärmung besitzt Stahl unterschiedliche Eigenschaften und eröffnet vielgestaltige Bearbeitungsmöglichkeiten. Dies macht man sich bei der sogenannten Massivumformung zunutze. Als Massiv-Umformmöglichkeiten stehen zur Verfügung: die warme, die kalte und die halbwarmer Umformung sowie Verfahrenskombinationen.

## **Die Warmumformung**

Die Warmumformung von Stahl findet bei hohen Temperaturen von rund 1.250 °C statt. In diesem Temperaturbereich ist der Stahl weich und mit verhältnismäßig geringen Kräften formbar. Dabei kann er entweder in vorgefertigten Formen oder in Freiformschmieden die gewünschte Gestalt erhalten. Die Warmumformung ermöglicht Umformgrade, die mit keinem anderen Verfahren erreicht werden. In der Warmumformung entstehen auf diese Weise Werkstücke und Bauteile mit einfachen wie auch komplexen Geometrien.



### Die Kaltumformung

Die Kaltumformung von Stahl findet bei Raumtemperatur (ca. 20 °C) statt. Bei dieser Temperatur ist der Stahl hart und die Umformung erfordert hohe Kräfte. Die Umformbarkeit von kaltem Stahl ist begrenzt. Es lassen sich Werkstücke und Bauteile mit sehr präzisen Formen, hoher Maßgenauigkeit und makellosen Oberflächen herstellen. Durch die Kaltumformung kann ein Großteil weiterer mechanischer Bearbeitungsschritte eingespart werden.

### Die Halbwarmumformung

Umformprozesse von Stahl zwischen 650 und 900 °C bezeichnet man als Halbwarmumformung. Es ist ein relativ junges Verfahren für bestimmte Anwendungen bzw.

Umformgrade. Mit der Halbwarmumformung von Stahl erreicht man eine ähnlich gute Umformbarkeit wie bei der Warmumformung und annähernd eine Präzision wie bei der Kaltumformung.

### Verfahrenskombinationen

In der Praxis werden durch die Kombination von verschiedenen Umformverfahren die jeweils spezifischen Vorteile genutzt. So kann zur Herstellung eines Bauteils das hohe Umformvermögen der Warmumformung mit der hohen Genauigkeit des Kaltumformens optimal verbunden werden.

*Unterschiedliche Anforderungen – verschiedene Umformverfahren:  
Die Getriebewelle aus einem Pkw-Getriebe findet ihre der endgültigen Kontur angenäherte Form bei Raumtemperatur (ca. 20 °C) durch die Kaltumformung (Abb. oben), die Kurbelwelle eines Pkws (Abb. unten) wird hingegen bei etwa 1.200 °C warmumgeformt.*





# Schmiedestähle – Maßgeschneiderte Qualität aus Deutschland



*Qualitätsprodukte aus  
geschmiedetem Stahl*

Kaum ein zweites Land der Welt besitzt so viel Erfahrung und so viel aktuelles Know-how in der Stahlerzeugung wie Deutschland. Deutsche Unternehmen sind in der Verfahrenstechnologie und im Anlagenbau führend. Durch die enge Kooperation von Stahlproduzenten, Forschungseinrichtungen und Hochschulen wird kontinuierlich daran gearbeitet, diese Marktposition im weltweiten Wettbewerb zu behaupten und auszubauen. Insbesondere hochwertige Stahlsorten zählen zu den Stärken der deutschen Produzenten.

## Ein zukunftsweisendes Material

Moderne Stähle sind exakt abgestimmt auf ihren Einsatzzweck. Stahl ist also nicht gleich Stahl. Es gibt mehr als 2.000 Sorten – mit unterschiedlichen Härten, Zugfestigkeiten, Streckgrenzen, Zähigkeiten, Temperaturbeständigkeiten, Verschleißwiderständen, Zerspanbarkeiten und Korrosionsverhalten. Um sie herzustellen, müssen die komplexen Prozesse der Stahlerzeugung ganz genau beherrscht werden. Bestes Beispiel für den Einsatz neuer Stahlsorten ist der Automobilbau. Dank der optimierten Eigenschaften des Stahls konnten Fahrzeugstrukturen leichter werden und die Crash-Sicherheit konnte signifikant erhöht werden.



### Ökologisch einzigartig

Stahl lässt sich zu 100 Prozent recyceln. Und zwar ohne Qualitätsverlust. Das heißt: Alles, was jemals aus Stahl hergestellt wurde, kann erneut dem Materialkreislauf zugeführt werden. Dazu wird Stahlschrott eingeschmolzen und erneut zu hochwertigen, langlebigen Produkten weiterverarbeitet. Hinzu kommt, dass beim Herstellungsprozess innovative und ressourcenschonende Technologien zum Einsatz kommen, die gleichzeitig die Vermeidung von Emissionen umfassend berücksichtigen. Die Staubemissionen bei der Stahlherstellung wurden seit 1960 um 95% gesenkt, der Frischwassereinsatz in den letzten 20 Jahren um 70%. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Tonne Rohstahl werden nach einer Selbstverpflichtung der deutschen Stahlindustrie bis zum Jahr 2012 gegenüber dem Stand von 1990 um 22% gesenkt. Dieses Ziel ist heute schon zu mehr als 70% erreicht worden. Durch den Einsatz von Schlacken bei der Zementherstellung werden in großem Umfang CO<sub>2</sub>-Emissionen vermieden. Stahl erfüllt somit die weltweit wachsenden Forderungen nach ökologischer Nachhaltigkeit.

### Kurze Werkstoffkunde Stahl

Die Grundlage für Stahl ist aus Eisenerz erschmolzenes Roheisen. Häufig werden Roheisen und Stahl verwechselt oder gleichgesetzt. Dabei besteht ein großer Unterschied. Roheisen hat einen sehr hohen Kohlenstoffmassenanteil, der das Material spröde macht. Es lässt

sich daher nur sehr eingeschränkt umformen bzw. schmieden. Stahl hingegen hat einen weitaus niedrigeren Kohlenstoffmassenanteil und ist somit ideal für Umformprozesse. Damit aus dem Roheisen der Stahl gewonnen werden kann, sind noch weitere Behandlungsschritte notwendig. Durch das Blasen von Sauerstoff auf bzw. in die Schmelze wird der überschüssige Kohlenstoff deutlich reduziert. Anschließend werden dem flüssigen Stahl sogenannte Legierungsstoffe hinzugegeben, mit denen sich seine Werkstoffeigenschaften ganz gezielt beeinflussen lassen. Diese Prozesse spielen sich bei Temperaturen von 1.500 bis 1.700 °C ab.

### Vom flüssigen Stahl zum Schmiedevormaterial

Stahlwerke produzieren nicht nur die geforderten Stahlsorten für die Schmiedeindustrie, sie liefern das benötigte Vormaterial auch in der gewünschten Form. Gewicht, Geometrien, innere Struktur und Oberflächenbeschaffenheit liegen innerhalb engster Toleranzen. Dazu wird der Stahl in großen Stranggießanlagen in verschiedene Formate vergossen. Anschließend können diese Grundformen in Walzwerken zu den erforderlichen Querschnitten, meist Halbzeug oder Stabstahl, weiterverarbeitet werden. Je mehr die Vorform bereits dem Endprodukt entspricht, desto geringer ist der Aufwand beim anschließenden Schmieden.



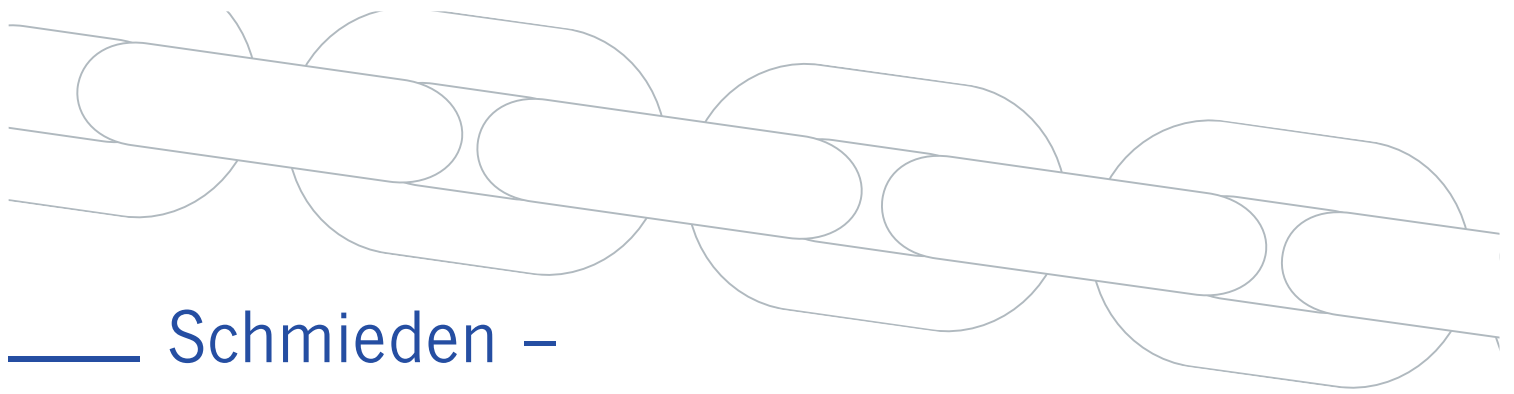
Flüssiger Stahl



Halbzeug und Stabstahl



Geschmiedetes Pleuel



## Schmieden – Gewaltige Kräfte intelligent einsetzen



*Stabilität und Genauigkeit:  
im Gesenk geschmiedetes Teil  
der Radaufhängung (Achsschenkel)  
eines Nutzfahrzeugs*

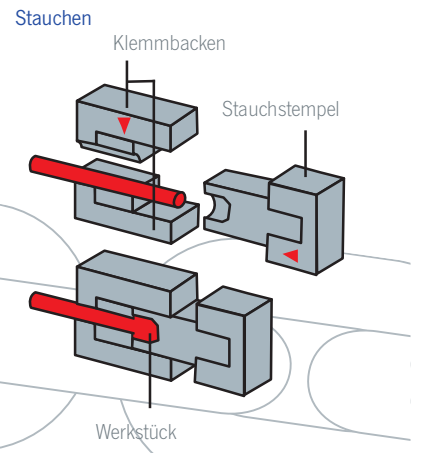
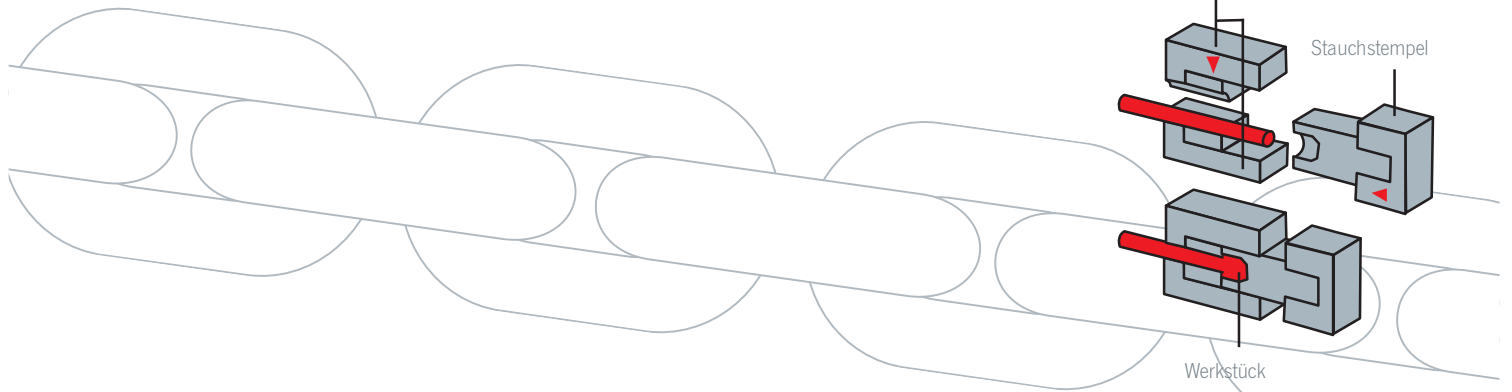
Das gewünschte Endprodukt bestimmt den Herstellungsprozess. Das heißt, je nach Produktform, seinen Werkstoffeigenschaften und der benötigten Stückzahl wird das geeignete Schmiedeverfahren festgelegt. Beim Schmieden wird nicht nur die Form verändert, die Schmiedekräfte wirken auch im Inneren des Stahls und verdichten das Material. Bevor ein Rohling in eine Schmiedemaschine gelangt, muss er auf die exakte Schmiedetemperatur gebracht werden. In großen Öfen oder induktiven Erwärmungsanlagen erhalten die Rohlinge

eine gleichmäßige Temperatur. Vor dem eigentlichen Schmieden findet oft eine Vorformung in besonderen Walzmaschinen statt mit dem Ziel einer optimalen Massenverteilung. Dann kommen die Schmiedeverfahren zum Einsatz. Häufig werden mehrere Verfahren miteinander kombiniert, um je nach Produktform die optimalen Umformungsverfahren anzuwenden. Fast alle Schmiedeprozesse werden durch komplexe Computerprogramme gesteuert, die u.a. für die genauen Schmiedekräfte sorgen. Die gängigsten Verfahren sind:

- Stauchen
- Gesenkschmieden
- Fließpressen
- Freiformschmieden
- Ringwalzen

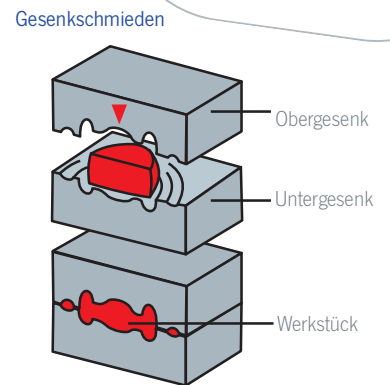
### **Stauchen: Unter Hochdruck vorbereitet**

Bei den Stauchmaschinen wird der Rohling in Klemmbacken eingespannt und anschließend von einem Stauchstempel umgeformt. Dies ist häufig eine Ausgangsform für weitere Schmiedeprozesse wie das Gesenkschmieden.



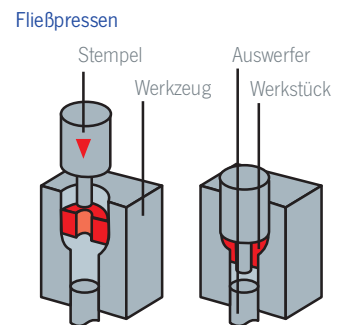
**Gesenkschmieden:  
In jeder Hinsicht maßgebend**

Zwei Drittel aller in Deutschland produzierten Schmiedeteile stammen aus Gesenkschmieden. Diese industrielle Fertigung mit hohen Stückzahlen ist besonders wirtschaftlich. Hinzu kommen die hohe Präzision und Qualität. Beim Gesenkschmieden wird der Stahl zwischen zwei Formen – den Gesenken – plastisch umgeformt. In den Gesenken ist die gewünschte Form des Schmiedestücks eingraviert. Durch Spindel-, Kurbel- oder Hydraulikpressen werden die beiden Gesenke geschlossen. Der Stahl ist nun von Ober- und Untergesenk umschlossen und wird plastisch verformt. Je nach gewünschtem Schmiedeteil wählt man das passende Anlagenkonzept.



**Freiformschmieden:  
Die Kraftvollen**

Große Teile für den Kraftwerks- und Schiffsmotorenbau sowie für den schweren Maschinenbau werden auf Freiformschmieden hergestellt. Eine erfahrene Fachkraft steuert die komplexe Anlagentechnologie, die von ihrem Prinzip her an das ursprüngliche Schmieden mit Hammer und Amboss erinnert. Beim Freiformschmieden bewegt sich ein schwerer oberer Werkzeugsattel auf den unteren Werkzeugsattel zu. Dazwischen liegt das tonnenschwere Schmiedeteil, das von einem sogenannten Manipulator gehalten wird, der es in der Schmiedemaschine vor- und zurückbewegt bzw. dreht. In mehreren Hieben erhält das Schmiedeteil dann seine Form.

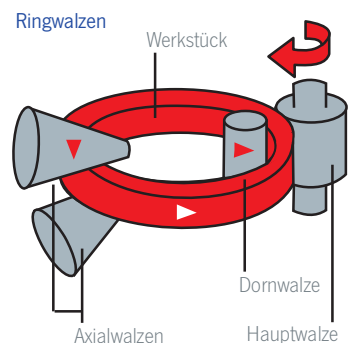
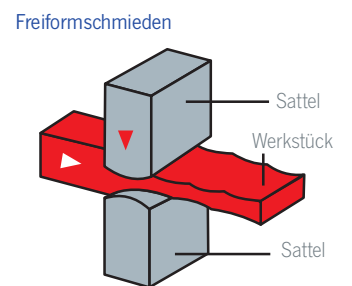


**Fließpressen:  
Ganz schön gelenkig**

Vollkörper wie Gelenkkreuze oder Gelenke für Fahrzeugantriebe und rundförmige Hohlteile werden durch Fließpressen produziert. Dabei wird ein Rohling durch einen Stempel mit hohem Druck in eine vorgefertigte Form gepresst. Durch den Druck „fließt“ der Stahl rückwärts an dem Stempel entlang und füllt so die Form aus. Daher der Name für diese Formgebung, die bis auf einige Ausnahmen zumeist kalt erfolgt.

**Ringwalzen:  
Für nahtlose Lösungen**

Beim Ringwalzen wird eine geschmiedete und gelochte Stahlscheibe zwischen mehreren Walzen präzise zu einem nahtlosen Ring ausgewalzt und erhält ggf. ein Profil. Die Durchmesser reichen von 100 mm bis über 10 Meter. Entsprechend vielseitig ist das Einsatzspektrum der Ringe: Sie werden benötigt im Maschinen- und Anlagenbau, in der Luft- und Raumfahrttechnik, in der Petrochemie, in der Automobilindustrie sowie für Schienen- und Kettenfahrzeuge.



*Schematische Darstellungen der verschiedenen Schmiedeverfahren*

# — Geschmiedet, geprüft, gesichert – Vielfalt mit umfassender Qualitätskontrolle



*Präzision und Haltbarkeit aus  
geschmiedetem Stahl: doppel-  
reihiges Wälzlager*

Nur wenige andere Bauteile werden derart umfassend in ihrer Qualität geprüft wie Schmiedeteile. Schon bei den Stahlproduzenten finden aufwendige Prüfungen der Innenstruktur und der Oberflächen des Materials statt. Sämtliche Produktionsschritte und Prüfergebnisse werden dokumentiert. Dieser hohe Aufwand setzt sich im Schmiedewerk fort. Mit modernen Methoden des Qualitätsmanagements werden sämtliche Bearbeitungsschritte überwacht – bis hin zu den Endkontrollen.

## **Bessere Haltbarkeit, längere Garantien**

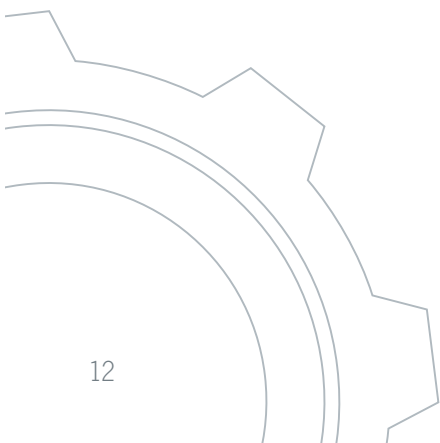
Dank der Kombination neuer Stahlsorten und optimierter Produktgeometrien besitzen geschmiedete Bauteile eine deutlich gesteigerte Haltbarkeit. Dies trägt dazu bei, dass die Hersteller von Endprodukten ihren Kunden längere Gewährleistung und damit einen echten Mehrwert bieten können.

## **Weniger Gewicht, mehr Sicherheit**

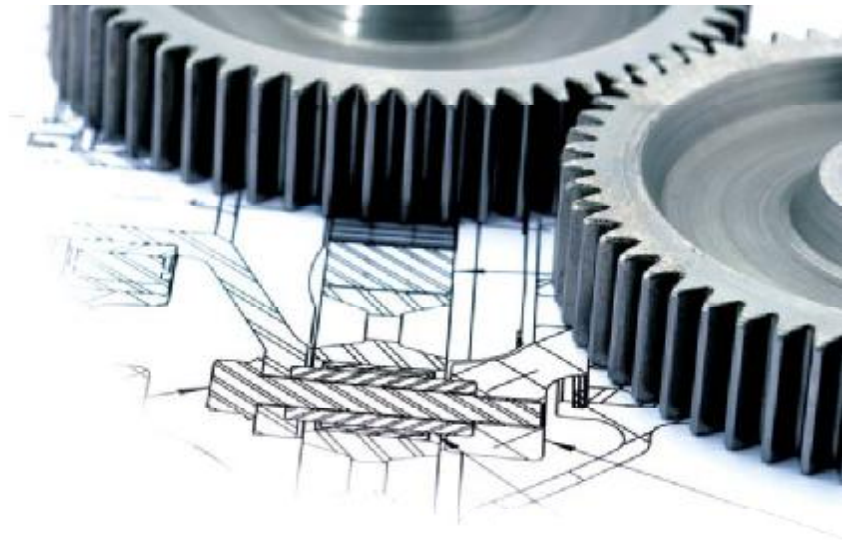
Die hervorragenden Werkstoffeigenschaften geschmiedeter Stahlteile kommen auch dem Trend zum Leichtbau entgegen. Und zwar ohne Sicherheitseinbußen. Durch computerunterstützte Konstruktionen der Bauteile und widerstandsfähigere Stähle wird das Gewicht reduziert und gleichzeitig werden die Sicherheit und die Zuverlässigkeit erhöht. Der CO<sub>2</sub>-Ausstoß von Kraftfahrzeugen kann so effizient gesenkt werden.

## **Wälzlager: Die Dauerläufer**

Für Wälzlager gelten höchste Anforderungen. Sie haben einen großen Anteil an den Schmiedeprodukten. Zur Erklärung: Wälzlager bestehen aus einem äußeren und einem inneren Ring mit dazwischenliegenden rollenden Elementen, die die Lager beweglich machen. Wälzlager – zu denen auch die bekannten Kugellager gehören – haben ein sehr großes Einsatzspektrum, zum Beispiel im Fahrzeug-, Eisenbahn- und Schiffsbau, in der Kraftwerks- und Luftfahrtindustrie sowie im Apparat- und Maschinenbau.



Getriebeteile mit besonderer Verzahnung:  
hergestellt aus massivumgeformtem und  
bearbeitetem Stahl



Vom kleinen Kugellager in den Rollerblades unserer Kinder bis hin zu riesigen, exakt auf besondere Anforderungen im Anlagen- und Maschinenbau zugeschnittenen Wälzlagern mit mehreren Metern Durchmesser: Alles dreht sich um geschmiedeten Stahl.

### **Motoren und Getriebe: Alles dreht sich um Schmiedeteile**

Kurbelwellen, Pleuel, Ventile und eine Vielzahl von Teilen in Getrieben – kein Fahrzeug und keine Maschine würde sich ohne die haltbaren Schmiedeteile mit ihren Gewichtsvorteilen bewegen. Wichtige Komponenten in Diesel-Einspritzanlagen sind aufgrund der vorherrschenden hohen Drücke ebenfalls geschmiedet. Nur mit Antriebs- und Turbinenwellen, die in der Regel in einer Freiformschmiede gefertigt werden, ist es möglich, Kräfte von mehreren Tausend Pferdestärken auch in Bewegung umzusetzen. So z. B. in den vielen Ozeanriesen, in denen über hundert Tonnen schwere Schiffswellen die in den Dieselmotoren erzeugte Antriebsenergie zuverlässig und sicher auf die riesigen Schiffsschrauben übertragen.



„Made of Steel“

Abb. Mitte: Kurbelwelle und Pleuel:  
Geschmiedeter Stahl ist unverzichtbarer  
Werkstoff für jeden Motor.

Abb. unten: Freiformschmieden einer  
Turbinenwelle



*Schaltrad mit aufgefugter Synchronisierung bestehend aus warmumgeformtem Gangrad und warmumgeformter und bearbeiteter Synchronverzahnung*

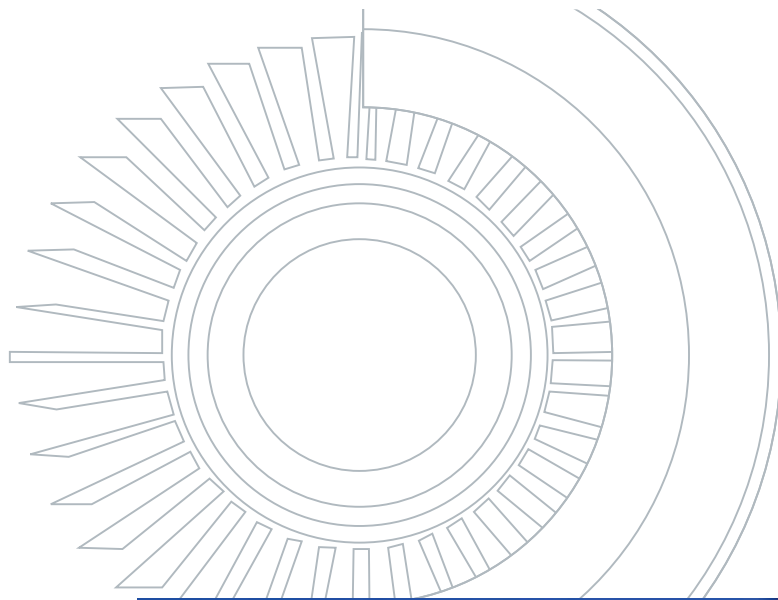


### **Fahrwerk: Stoßfest und ständig in Bewegung**

Dauerfeste Schmiedeteile werden aufgrund ihrer einzigartigen Eigenschaften an den Stellen in Fahrzeugen eingesetzt, die besonders hohen Beanspruchungen standhalten müssen. Zum Beispiel: Achsen, Antriebsgelenke, Spurstangengelenke, Radträger, Radnaben und Achsträger. Stellen wir uns einmal vor, das Fahrwerk eines durchschnittlich genutzten Pkws federt auf einer Strecke von 100 Metern nur zweimal ein – z.B. beim Überqueren eines Randsteins oder durch eine Unebenheit auf der Fahrbahn. Bei einer angenommenen Lebensdauer von 150.000 km unseres Autos heißt dies, dass jedes Teil des Fahrwerks mindestens 3 Millionen Mal dieser Belastung standhalten muss.

### **Nutzfahrzeuge: Auf Höchstanforderungen ausgelegt**

Die hoch belasteten Kettenglieder und Laufrollen an Raupenfahrzeugen, die Zähne von Baggerschaufeln, die Anhängerkupplungen an Traktoren – täglich werden von den Schmiedeteilen hier Höchstleistungen gefordert. Und erbracht. Auch in Lkw-Getrieben sind nahezu sämtliche Teile geschmiedet.



### **Schienerfahrzeuge: Sicherheit und Komfort**

Die Achsen von Waggons und Lokomotiven, die Bremsanlagen, die maßgenauen Eisenbahnräder – mit Schmiedeteilen sind Züge in der ganzen Welt auf der sicheren Schiene.

### **Luftfahrt: Qualität ohne Kompromisse**

Wo Aluminium und Kunststoffe an ihre physikalischen Grenzen stoßen, sind Schmiedeteile aus Stahl gefordert. Frontgebläse- und Verdichterschaufeln von Flugzeugturbinen, die Turbinenwellen, nahezu das komplette Bugfahrwerk – wie beispielsweise vom neuen Airbus A380 – werden aus hoch belastbaren geschmiedeten Stählen gefertigt.

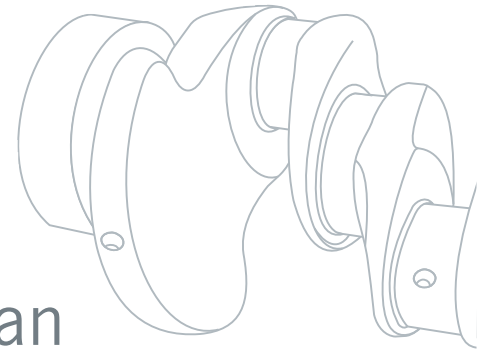


### **Raumfahrttechnik: Jetzt wird's heiß**

Fast immer, wenn der Antrieb eines Fahr- oder Fluggeräts mit enormer Druck- oder Hitzeentwicklung verbunden ist, wird auf Schmiedeteile zurückgegriffen. So sind z.B. wichtige Triebwerksbauteile in der Rakete Ariane 5 aus geschmiedetem Stahl gefertigt.



# Die Zukunft – nimmt schon heute Formen an



Das Innovationstempo beim Werkstoff Stahl ist atemberaubend. Damit einhergehend werden auch die Schmiedetechnologien laufend weiterentwickelt. Es entstehen fast täglich neue Anwendungsfelder und immer leistungsfähigere Produkte. Die Direktorin des Max-Planck-Instituts für Eisenforschung (MPIE) Frau Prof. Dr. Anke Rita Pyzalla informiert in einem Interview über die aktuellen und zukünftigen Entwicklungen des Werkstoffs Stahl.

## **Frau Prof. Dr. Pyzalla, was sind die generellen Entwicklungen beim Werkstoff Stahl?**

Alle Prognosen zeigen für die nächsten Jahre einen weiterhin steigenden Stahlbedarf. Um in Deutschland konkurrenzfähig zu bleiben, sind Forschung und Entwicklung im Hinblick auf Verbesserungen der Eigenschaften – u. a. mechanische Eigenschaften, Korrosionsbeständigkeit – und der Verarbeitbarkeit sowie eine Erhöhung der Wirtschaftlichkeit der Anwendung von Stählen erforderlich. In vielen Bereichen, insbesondere in der Automobilindustrie, geht der Trend zum Werkstoffleichtbau, das heißt zu höherfesten Stählen, zur Gewichtsreduzierung sowie zur Reduzierung der Wanddicke von Bauteilen.

## **Wie entwickelt man, ganz einfach dargestellt, überhaupt neue Stahlsorten?**

Meist wird ausgehend von bekannten Stahlsorten eine Optimierung des Stahls für eine bestimmte Anwendung durchgeführt. Starke Impulse für die Entwicklung neuer Stahlsorten geben auch die zunehmenden Kosten der Zusatzstoffe, also der Legierungselemente. Entwicklungen zielen daher zunehmend auf die Substitution teurer Legierungselemente unter Beibehaltung der geforderten Eigenschaften des Stahls. Neue Stahlsorten können auch durch neue Fertigungsverfahren oder durch gezielte Veränderungen der chemischen Zusammensetzung und der Mikrostruktur entwickelt

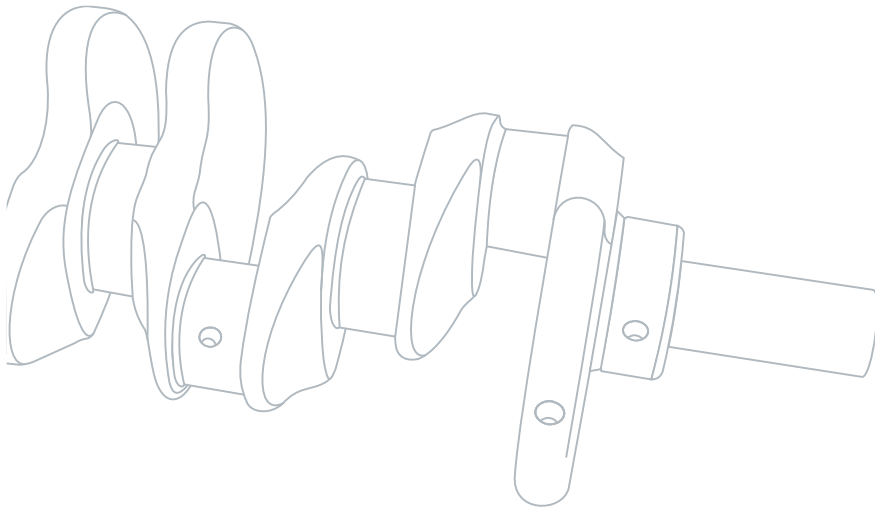
werden. Zukünftig werden gezielte Stahsentwicklungen auf der Basis von thermodynamischen Modellierungen an Bedeutung gewinnen. Am Max-Planck-Institut für Eisenforschung (MPIE) arbeiten deswegen bereits jetzt Wissenschaftler, die sich mit Computer-Modellierungen beschäftigen, eng mit Forschern der experimentellen Stahlherstellung zusammen.

## **Was sind die Entwicklungsziele des Werkstoffs im Hinblick auf Schmieden?**

Geschmiedete Bauteile aus Stahl werden aufgrund der Konkurrenz mit gegossenen Bauteilen in hochbeanspruchten Bereichen eingesetzt. Ziel der Stahsentwicklungen ist meist eine Erhöhung der Beanspruchbarkeit bei gleichzeitiger Kostenverringerung. Im Automobilbau werden hohe Anforderungen an die Betriebssicherheit, z. B. von Fahrwerkskomponenten, mit dem Wunsch der Gewichts- bei gleichzeitiger Kostenreduzierung verbunden. Weitere Anforderungen an die Schmiedewerkstoffe, die bei der Stahsentwicklung zu berücksichtigen sind, betreffen insbesondere die Zerspanbarkeit und in einigen Fällen auch die Schweißbeignung des Stahls.

## **Wie werden die Laborerkenntnisse in die Praxis übertragen?**

Am Max-Planck-Institut für Eisenforschung (MPIE) können wir Schmelzen in verschiedenen Größen erstellen und weiterverarbeiten, u. a. durch realitätsnahe Schmiedever-



Prof. Dr. Anke Rita Pyzalla,  
 Professorin für Werkstoffanalytik,  
 Direktorin am Max-Planck-Institut  
 für Eisenforschung in Düsseldorf

suche. Das innere Gefüge und die Eigenschaften der neu entwickelten Stähle werden in modernsten Mikroskopen und Prüfeinrichtungen untersucht. Die Ergebnisse, die wir unter praxisnahen Bedingungen erhalten haben, werden durch den Kontakt zwischen den Stahlentwicklern hier am MPIE, meist in gemeinsamen Projekten, industriell nutzbar gemacht.

### Was hat der Endkunde von den Neuentwicklungen?

Der Endverbraucher profitiert von den Neuentwicklungen von Stählen für Schmiedestücke im Wesentlichen durch die Verringerung der Werkstoffkosten und/oder die Erhöhung der Beanspruchbarkeit des Bauteils. So können Neuentwicklungen von Stählen für geschmiedete Bauteile im Bereich des Automobils, z. B. bei Kurbelwellen, zu einer Verringerung der bewegten Masse und nachfolgend zu einer Verringerung des Treibstoffverbrauchs und der Emissionen beitragen. Auch im Bereich der Kraftwerkstechnik sind durch Weiterentwicklungen von Schmiedestählen höhere Wirkungsgrade und damit geringere Energiekosten und ebenfalls geringere Emissionen zu erwarten. Neuentwicklungen bei Offshore Windanlagen zielen auf eine Erhöhung der Lebensdauer der Anlagen, insbesondere der Lager, die gleichzeitig Korrosion und mechanischer Beanspruchung ausgesetzt sind, und damit auf eine nachhaltige und kostengünstigere Energieerzeugung.

### Was sind Ihre bzw. allgemeine Zukunftsvisionen für den Werkstoff Stahl?

Wie neue Entwicklungen insbesondere auf dem Gebiet der Mehrphasenstähle zeigen, ist das Potenzial der Stähle noch lange nicht ausgenutzt. Ich erwarte einen zunehmenden Einsatz von Stählen im Bereich des Werkstoffleichtbaus. Zukünftig an Bedeutung gewinnen wird auch die gute Recyclerfähigkeit der Stähle.



### Erst simulieren, dann produzieren

Der globale Wettbewerb drängt zu immer kürzeren Entwicklungszeiten und immer wirtschaftlicheren Produkten. Um ihre Wettbewerbsfähigkeit zu stärken, setzt die Schmiedeindustrie zunehmend moderne Technologien wie Simulationssysteme ein. Statt wie in der Vergangenheit nach den Konstruktionsdaten des Kunden eine Schmiedeform zu bauen, Testreihen zu schmieden, die Ergebnisse zu prüfen und die Schmiedeprozesse dann ggf. zu verbessern, kürzt man heute diesen Weg ab. Mittels realitätsnaher Simulationen wird ermittelt, unter welchen thermisch-mechanischen Schmiedebedingungen – also bei welcher Temperatur, welcher Krafteinwirkung etc. – die optimalen Ergebnisse erzielt werden können. So lässt sich der Zeitaufwand deutlich reduzieren. Die Schmieden können schneller mit der Produktion starten.

### Gemeinsam konstruieren

Ein Verfahren, das sich mit großen Schritten bei Kunden und Lieferanten etabliert, ist das Simultaneous Engineering. Dabei bringt man das hohe Fachwissen von Stahlhersteller, Schmiedebetrieb und Kunde zusammen. Beispielsweise arbeiten die Entwicklungsingenieure der Automobilindustrie oder der Luftfahrtindustrie eng mit den Experten der Stahl- und Schmiedeindustrie zusammen. Auf CAD- und Simulationssystemen werden Werkstoffe und Bauteile gemeinsam für ihr Einsatzziel optimiert. Die gebündelten Kompetenzen sorgen für kurze Entwicklungszeiten, optimale Materialauswahl und Konstruktionen sowie für wirtschaftliche Herstellungsprozesse.

# Kulturgut Schmieden – Die Kunst der Umformung



*19 Tonnen geschmiedeter Stahl:  
Der erste von sieben Hammerköp-  
fen, durch dessen Auge ein Feuer-  
baum wächst, hat in Yohonou  
(Togo) seinen Platz gefunden.*



*In voller Blüte: der Feuerbaum*

Das heiße Metall umformen und daraus etwas Dauerhaftes schaffen. Schmieden verbindet Kunstfertigkeit und Handwerk. Ob handwerklich hergestellte Gebrauchsgegenstände oder Kunstwerke – ihr Charakter ist immer einzigartig und unverwechselbar. Geschmiedete Kunst scheint keine Zeit zu kennen. Sie ist gefertigt, um Generationen zu überdauern. Schmiedekunst ist so immer ein kleines Stück Ewigkeit.

Das unter der Schirmherrschaft der UNICEF stehende Projekt „GenerationenKunstwerk Zukunftsschmiede“ des Künstlers Andreas Rimkus macht dies wohl am deutlichsten erleb- und sichtbar. Andreas Rimkus hat es sich zur Aufgabe gemacht, das Kulturgut Schmieden über Generationen zu erhalten.

Sein Projekt: Sieben gigantische Hammerköpfe sollen geschmiedet werden. In allen sieben Erdteilen werden die Hammerköpfe ihre Plätze finden: in Europa, Asien, Afrika, Australien, Südamerika, Nordamerika und in der Antarktis. Durch die Hammeraugen werden Bäume wachsen. So hat in vielleicht zweihundert Jahren jeder Hammer einen natürlichen Stiel. Damit stehen dann die interkontinentalen Kunstwerke auch für den globalen Schutz der Bäume und als zukunftsweisendes, vereinendes Symbol.

Einer der Hämmer hat bereits seinen Platz gefunden: im Dorf Yohonou in Togo, Afrika. Der Legende nach ist es dieses Dorf, in dem die Menschheit von den Göttern das Schmieden lernte. So leben in dieser Tradition heute dort 6.000 Schmiede, die mit einfachster Technik Dinge des täglichen Lebens wie Töpfe, Pfannen, Türschlösser und Hämmer fertigen. Ihr typischer Hammerkopf war die Vorlage für die riesige Nachbildung mit einer Länge von 4,50 Metern. Der Hammerkopf wurde in Deutschland aus einem 26 Tonnen schweren Stahl-Rohblock geschmiedet. Ermöglicht wurde dieses Projekt durch die Unterstützung zahlreicher Sponsoren und ehrenamtlicher Helfer. Nach einem logistisch höchst anspruchsvollen Transport konnte Andreas Rimkus dann gemeinsam mit den Dorfschmieden den tonnenschweren Hammerkopf an seinem Bestimmungsort aufstellen. Durch sein Auge wächst jetzt ein Feuerbaum mit flammend roten Blüten.

# Seit Generationen – Eine Geschichte von Innovationen

Wer die Geschichte des Schmiedens kennenlernen möchte, hat in Deutschland reichlich Gelegenheit dazu. Zahlreiche große und kleine Museen, Musterschmieden und Handwerksbetriebe geben Einblicke und Rückblicke auf eine der ältesten Arbeitstechniken der Menschheit.

## Vom Stein zum Amboss

Bereits 6000 v. Chr. haben die Menschen im heutigen Afghanistan damit begonnen, die natürlich vorkommenden Metalle Gold, Silber und Kupfer im kalten Zustand zu Blechen zu verarbeiten. Vermutlich wurden vor über 5.000 Jahren in Ägypten die Metalle bereits im heißen Zustand geschmiedet. Zuerst wurde ein Stein als Hammer verwendet und seit der Eisenzeit kennt man auch den Amboss.

## Geachtete Meister ihres Fachs

Das Schmieden entwickelte sich zu einer hoch angesehenen handwerklichen Technik. Entsprechend geschätzt war die Zunft der Schmiede im mittelalterlichen Leben. Geschmiedete Gegenstände waren bis zu Beginn der Industrialisierung über Jahrtausende hinweg eine wesentliche Voraussetzung für verbesserte Ackerbaumethoden, für die Entwicklung von Handwerk und Gewerbe, für die Herstellung von Geräten und Waffen sowie für den Schiffsbau.

## Das Damaszener Schwert

Als Zeugnisse mittelalterlicher Schmiedekunst gelten die aus dem orientalischesch-

raum stammenden Damaszener Schwerter. Mit ihrer Erfindung wurde ein grundlegendes Problem von Schwertklingen gelöst. Der besondere Damaszener Stahl verlieh ihnen gleichzeitig Härte (die für die dauerhafte Schärfe notwendig ist) und Bruchfestigkeit. In den polierten Klingen sind die typischen Strukturen aus weichem und hartem Stahl gut zu erkennen. Das ursprüngliche „Rezept“ für Damaszener Stahl ist in Vergessenheit geraten. Übrigens ist der Name abgeleitet vom wahrscheinlich größten Handelsort für diese Waffen: Damaskus.

## Immer auf der Suche nach mehr Schmiedekraft

Schmieden war und ist zum Teil auch heute noch Handarbeit. Doch schon um 1500 wurde die Muskelkraft ersetzt. Man nutzte die Wasserkraft – Wasserräder bewegten in Hammerwerken die eisernen Hammerköpfe (Bären). Bis weit ins 19. Jahrhundert war dies die vorherrschende Schmiedetechnik. Sie wurde erst durch die Nutzung der Dampfkraft ersetzt. Damit konnten Schmiedewerke auch abseits von Wasserläufen entstehen. Der wohl berühmteste deutsche Dampfhammer „Fritz“ mit einem Fallgewicht von 50 Tonnen ging 1861 bei Krupp in Essen in Betrieb. Heute erreichen die stärksten Schmieden eine Schmiedekraft von über 50.000 Tonnen. Ist damit der Zenit erreicht? Sicher nicht – wie seit Jahrtausenden bleibt die Branche nie stehen, sie schmiedet große Pläne für die Zukunft.



*Noch heute ein Geheimnis:  
Schmiedekunst zur Herstellung  
von Damaszener Schwertern*



Stahl-Zentrum

**Stahl-Informationen-Zentrum**

Postfach 10 48 42

40039 Düsseldorf

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

Internet: [www.stahl-info.de](http://www.stahl-info.de)



**Industrieverband Massivumformung e.V.**

Goldene Pforte 1

58093 Hagen

E-Mail: [orders@metalform.de](mailto:orders@metalform.de)

Internet: [www.metalform.de](http://www.metalform.de)