

Info-Reihe Massivumformung, Ausgabe 43, Nachdruck

Dipl.-Ing. Klaus Vollrath

# *Massivumformung für grünen Strom*

# Info





# ***Massivumformung für grünen Strom***

**Dipl.-Ing. Klaus Vollrath**



# Massivumformteile für „grünen“ Strom

Das Massivumformen, wozu auch das „klassische“ Schmieden zählt, erzeugt besonders robuste und hoch belastbare Bauteile. Deshalb kommt es insbesondere dort zum Einsatz, wo Sicherheit und Zuverlässigkeit metallischer Komponenten im Vordergrund stehen, wie z.B. in Fahrwerken, Kraftwerksturbinen oder im Maschinenbau.



Rot glühende Ringe nach dem Warmwalzen, die als Lagerringe in Windenergieanlagen zum Einsatz kommen.

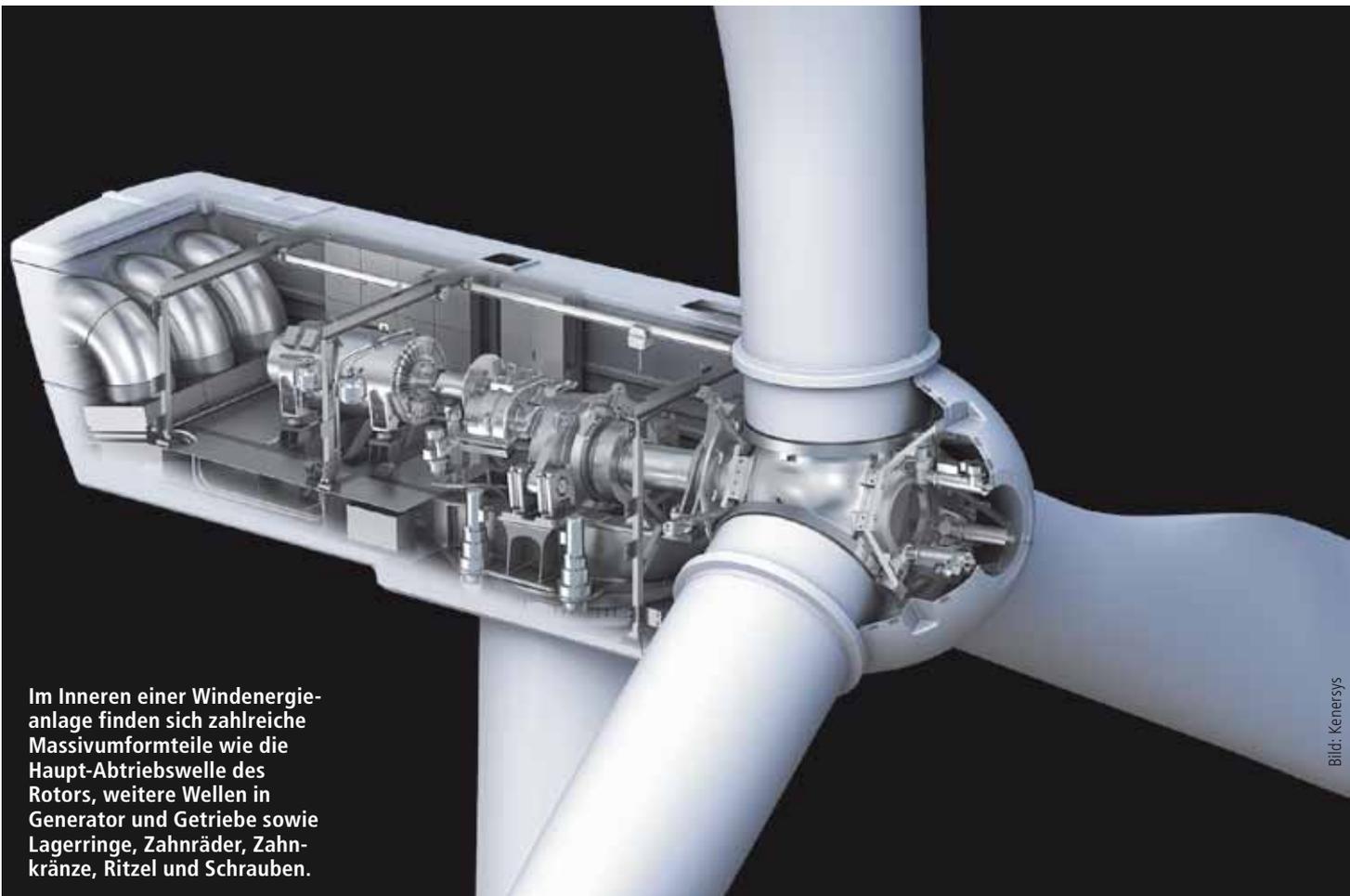
**W**er auf Windenergie setzt, verlässt sich gleichzeitig auch auf modernste Schmiedetechnologie, denn gerade bei den am höchsten belasteten Komponenten dieser Anlagen finden sich zahlreiche Bauteile, deren spezielles Eigenschaftsprofil nur durch Massivumformung sichergestellt werden kann. Und ähnlich wie beim Automobil, wo zahllose Massivumformteile diskret „unter der Haube“ versteckt für Sicherheit und klaglose Funktion sorgen, sind diese Teile auch bei Windenergieanlagen zumeist nicht von außen sichtbar. Dazu gehört vor allem alles, was sich im Inneren der Anlage dreht oder verstellt werden kann: Die Haupt-Abtriebswelle des Rotors oft ebenso wie etliche weitere Wellen in Generator und Getriebe, sämtliche Lagerringe für Rotor, Turm, Winkelverstellung der Rotorblätter und Getriebe sowie alle Zahnräder, Zahnkränze und

Ritzel. Massivumformteile finden sich auch in den Kupplungen, mit denen die enormen Drehmomente von Wellen auf Naben oder von Welle zu Welle übertragen werden. Und last but not least werden auch die zahllosen hochfesten Schrauben, mit denen alle wesentlichen Teile der Anlage bis hin zu den einzelnen Turmsegmenten zusammengehalten werden, durch Massivumformung hergestellt.

#### Leichtbau spart Material-, Transport- und Montagekosten

Auch wenn es den Laien verwundern mag: Windenergieanlagen sind Spitzenprodukte modernen Leichtbaus. Trotz der ungeheuren Kräfte, die bei Starkwind auf die riesigen Rotoren mit Durchmessern bis zu 127 m wirken, steht für die Ingenieure Gewichtseinsparung mit an vorderster Stelle. Hauptgrund sind die Dimensionen und Gewichte heutiger Anlagen im

Multimegawatt-Bereich. Nabenhöhen von teilweise 138 m und Gondelgewichte von mehreren Hundert Tonnen sind, vor allem auf kleinen Landstraßen und unbefestigtem Gelände, transport- und krantechnisch kaum noch zu bewältigen. Hinzu kommen noch Kostenspekte, denn im Bereich der Windenergiegewinnung sind Kosten ein kritischer Faktor. Und dabei zählt jede Tonne Mehrgewicht im Bereich der Maschinengondel doppelt, denn sie bedingt zugleich eine entsprechend höhere Belastung aller anderen Komponenten vom Drehkranz über den Turm bis zum Fundament. Diese müssten dann ebenfalls stärker dimensioniert werden, mit entsprechenden Auswirkungen auf die Gesamtkosten. All dies zwingt die Hersteller und damit auch ihre Zulieferer im Massivumformbereich, bei der Auslegung an die Grenze der Materialbelastbarkeit zu gehen.



Im Inneren einer Windenergieanlage finden sich zahlreiche Massivumformteile wie die Haupt-Abtriebswelle des Rotors, weitere Wellen in Generator und Getriebe sowie Lagerringe, Zahnräder, Zahnkränze, Ritzel und Schrauben.

### Steigerung der Anlagengröße und Offshore-Varianten als neue Herausforderungen

Hinzu kommen wichtige Trends für die Zukunft wie die Steigerung der Anlagengröße sowie der Sprung vom Land aufs Meer. Größe ist entscheidend für die Wirtschaftlichkeit. Inzwischen sind Anlagen mit Nennleistungen bis zu 7,5 MW im Test. Eine solche Maschine liefert gut fünf Mal soviel Strom wie eine 1,5-MW-Einheit, kostet aber bei weitem nicht so viel wie die fünf

kleineren zusammen. Bei diesen Größenordnungen stößt man allerdings schon merklich an die Grenzen des Machbaren, nicht zuletzt auch bezüglich der erforderlichen Transportmittel und Krandimensionen. Da der Gesetzgeber die Einspeisevergütungen kontinuierlich absenkt, spielt dies für die Wirtschaftlichkeit der Installation eine entscheidende Rolle. Dies führt zu immer größeren Rotoren und enormen Belastungen der Mechanik.

Weiterer entscheidender Schritt ist die Eroberung der See, da das Potenzial geeigneter Standorte an Land bereits weitgehend erschlossen ist. Auf hoher See sind die technischen Anforderungen jedoch höher, u.a. wegen der Korrosivität des Meerwassers und der salzhaltigen Luft, des höheren Aufwands vor allem im Bereich Turmbau und Montage sowie der Anbindung an terrestrische Stromnetze, für die teilweise spezielle Technologien wie die Hochspannungs-Gleichspan-



Im Inneren einer Winde-  
nergieanlage finden sich  
zahlreiche Massivform-  
teile wie die Haupt-Ab-  
triebswelle des  
Rotors, weitere Wellen in  
Generator und Getriebe  
sowie Lagerringe, Zahn-  
räder, Zahnkränze, Ritzel  
und Schrauben.

Bild: Klaus Völlrath

nungsübertragung (HGÜ) vorzusehen sind.

### Spannungshaltung im Stromnetz wird zukünftige Aufgabe

Weitere Herausforderungen für die Anlagenkonstrukteure ergeben sich aus steigenden Ansprüchen bezüglich der Netzsicherheit, die mit dem wachsenden Anteil der Windenergie an der Stromerzeugung einhergehen. Im Unterschied zu konventionellen Kraftwerken sind Windenergieanlagen bisher nur in begrenztem Umfang an der Frequenzhaltung im Netz beteiligt. Auch wird die Spannungshaltung im Netz erschwert, wenn konventionelle Kraftwerke, die sich mit Synchrongeneratoren an der Spannungshaltung beteiligen, zunehmend durch Windenergieanlagen verdrängt werden. Künftig müssen Windenergieanlagen deshalb zunehmend Netz-Systemdienstleistungen erbringen, die bisher nur von konventionellen Kraftwerken eingefordert wurden. Wichtiger Aspekt ist in diesem Zusammenhang u.a. die Kompensation von

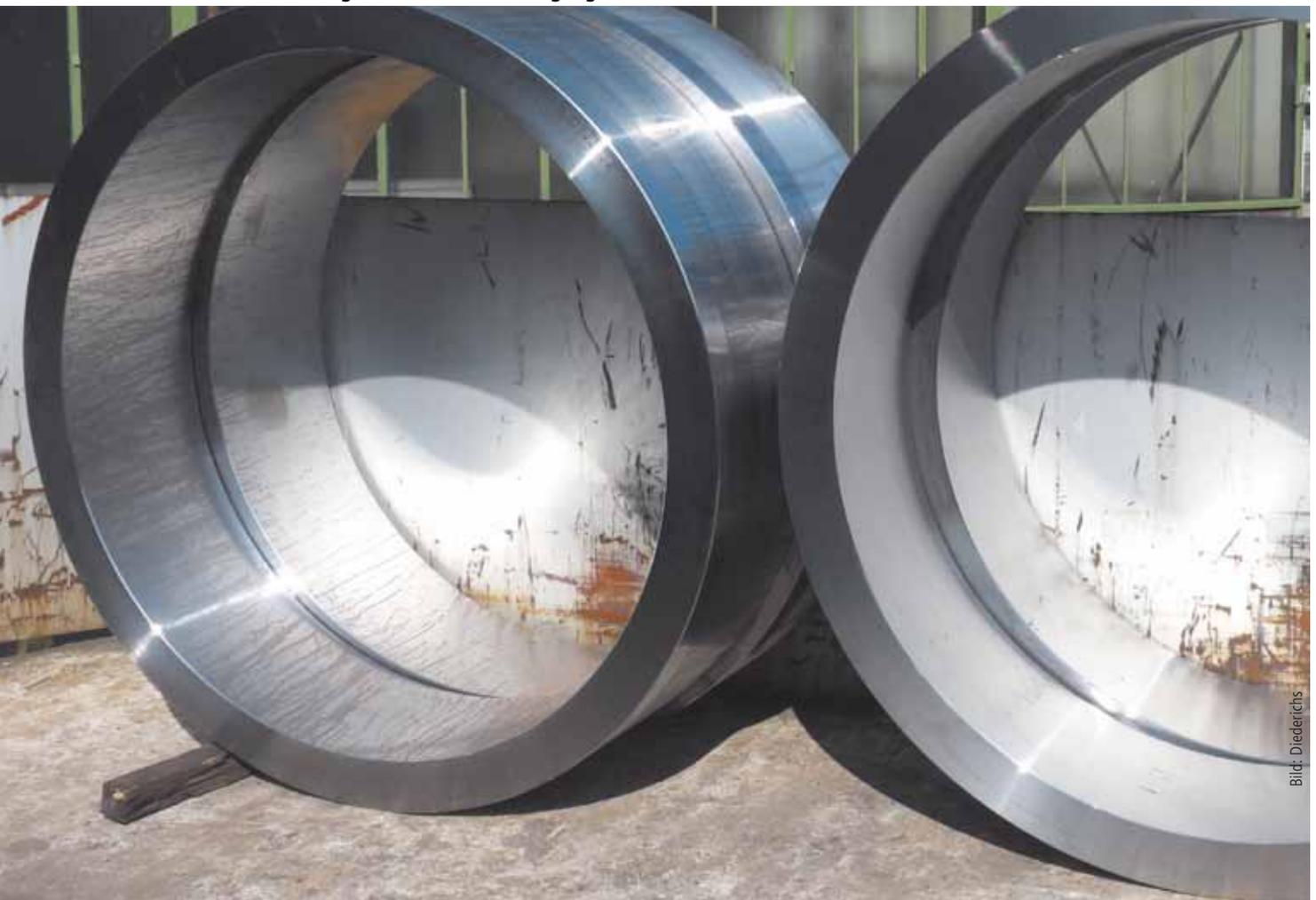
Blindstrom bei Netzschwankungen. Dies hat wiederum Auswirkungen auf die Generatorbelastung und – infolge mechanischer Rückkopplungen – auf die Schwingungsbelastung des gesamten Antriebsstrangs.

### Standardlegierungen werden ausgereizt

„Für den Massivumformer stellt sich bei Teilen für die Windenergie die Aufgabe, seine Werkstoffe so weitgehend wie nur möglich auszureizen“, sagt Dr. Roman Diederichs, Geschäftsführer des mittelständischen Unternehmens Karl Diederichs KG in Remscheid. Wichtigster Antrieb hierfür ist der enorme Kostendruck. Da höherwertige Materialien schnell ein Mehrfaches kosten wie Standardlegierungen, versuchen die Konstrukteure, die Toleranzbänder der Standardwerkstoffe einzuengen und sich dabei so nah wie möglich am oberen Ende zu platzieren. Dabei geht es nicht nur um direkt messbare Eigenschaften wie Festigkeit und Zähigkeit.

Eine wichtige Rolle spielen auch andere Aspekte wie z.B. die Feinkornbeständigkeit des Werkstoffs beim Aufkohlen der Oberfläche. Letzteres ist erforderlich, um auf der Oberfläche der Verzahnung durch Einlagerung von Kohlenstoff eine hochharte Schicht zu erzeugen, was Beanspruchbarkeit und Haltbarkeit der Zahnräder erhöht. Dazu ist jedoch eine Langzeit-Glühbehandlung bei Temperaturen erforderlich, die gefährlich nahe an das Niveau heranreichen, wo es zum so genannten Kornwachstum des Werkstoffs kommen könnte. Dazu darf es jedoch auf keinen Fall kommen, weil sonst die positiven Auswirkungen des Massivumformens auf den Werkstoff faktisch zunichte gemacht würden. Für solche Gratwanderungen betreibt der Fachmann dann „Feintuning“ z.B. durch präzise Abstimmung der Gehalte minimaler Werkstoffzusätze wie Aluminium oder Stickstoff. Voraussetzung ist jedoch, dass bei der Rohmaterialwahl auf hochqualifizierte Zulieferer zurückgegriffen wird, die solche Ansprü-

Vorbearbeitete Walzringe für die Zahradfertigung





Vorbearbeitete Walzringe für die Zahnradfertigung

Bild: Klaus Vollrath

che langfristig verlässlich erfüllen können.

### Gesenkgeschmiedete Komponenten ertragen extreme Belastungen

„Im Unterschied zum Walzen oder Rundhämmern von Stabstahl folgt die Verformung beim Gesenkgeschmieden viel enger der Endkontur des Werkstücks“, sagt Dipl.-Ing. (FH) Thomas Risse, Leiter Konstruktion und Entwicklung der Siepmann-Werke GmbH & Co. KG in Warstein. Das hat den Vorteil, dass der für das Schmieden typische Faserverlauf im Werkstoff in Richtung der Hauptbelastungen verläuft.

Solche Bauteile ertragen daher extreme Wechsel- und Spitzenbelastungen, wie sie z.B. in Windkraft-Getrieben bei Orkanböen auftreten. Gerade unter dem Stichwort Off-shore-Windparks werden solche

Bauteile auch in Zukunft vorzugsweise zum Einsatz kommen. Im Unterschied zum Walzen oder Freiformschmieden erfordert das Gesenkgeschmieden allerdings den Einsatz von aufwendigen, speziell für das jeweilige Werkstück gefertigten Werkzeugen, den sogenannten Gesenken. Unter Kostenaspekten

ist dies daher nur bei Bauteilen vertretbar, die in ausreichenden Stückzahlen benötigt werden. Typische Beispiele für solche Schmiedeteile sind Planetenträger sowie Innen- und Stirnräder mit Gewichten bis zu 650 kg für Generatoren, Azimuth- und Pitchgetriebe sowie Abtriebswellen.

**Gesenkschmieden:**  
Das rotglühende Schmiedestück befindet sich zwischen Ober- und Untergesenk und wird durch hohe Kräfte in die Kontur hinein verformt.

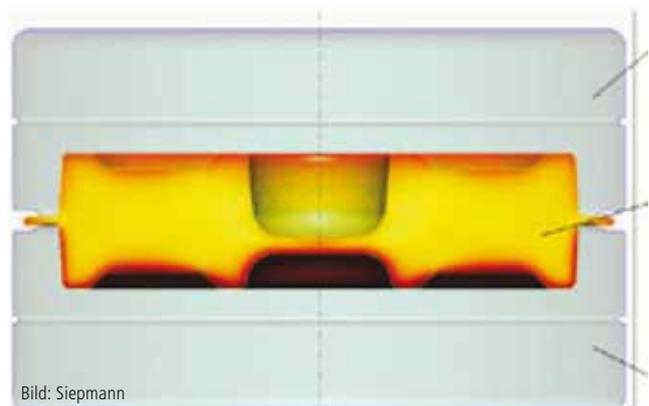


Bild: Siepmann

Zu den am höchsten belasteten Massivumformteilen bei Windenergieanlagen gehören auch solche hochfesten Schrauben bzw. Querbolzen.

### Hochfeste Verschraubungen müssen Schwingungskräfte auffangen

Zu den am höchsten belasteten Massivumformteilen bei Windenergieanlagen gehören auch zahlreiche hochfeste Schrauben mit Gewindedurchmessern bis zu 64 mm, die in der Regel durch Warmfließpressen und Gewinderollen hergestellt werden. Bei Stahlbautürmen müssen solche Schrauben beispielsweise sämtliche Schwingungskräfte auffangen, die vom Rotor über den Hebelarm des Turms auf den Mastfuß übertragen werden. Insbesondere im Offshorebereich ist ein massiver Korrosionsschutz durch Feuerverzinkung unumgänglich, obwohl hierbei die Dauerschwingfestigkeit des Materials durch die hohen Temperaturen des Feuerverzinkens beeinträchtigt werden kann. Da auch hier die optimale Materialausnutzung eine entscheidende Rolle spielt, untersuchten Dr.-Ing. Uwe Hasselmann (VDI) und Dipl.-Ing. (FH) Tobias Braun (Peiner Umformtechnik GmbH) in Zusammenarbeit mit der Technischen Universität Darmstadt die Auswirkungen des Feuerverzinkens auf die Schwingfestigkeit solcher Schrauben. Dabei zeigte sich, dass dank fertigungstechnischer Maßnahmen in bestimmten Fällen die Schwingfestigkeitswerte großer Schrauben auch im feuerverzinkten Zustand so hoch sind, dass bei der Berechnung kein Abminderungsfaktor für die Feuerverzinkung erforderlich ist. Dies ermöglicht u. a. die Dimensionierung von Ringflanschverbindungen mit weniger oder kleineren Schrauben, was wirtschaftlich von Vorteil sein kann, da dies auch die Flanschabmessungen positiv beeinflusst.

(qui)

Infostelle Industrieverband  
Massivumformung [www.metalform.de](http://www.metalform.de)

Bild: Peiner Umformtechnik

#### konstruktionspraxis einmalige 4-falt

► Der Schwerpunkt Formgebung wird wieder in der Juni-Ausgabe 2011 aufgegriffen.

► Diesen Fachartikel finden Sie auch online auf unserer Webseite unter dem InfoClick 2381928.

► Der Industrieverband Massivumformung stellt auf der Hannover Messe (4.-8.4.2011) aus.

► [www.metalform.de](http://www.metalform.de) bietet einen Überblick zu Forschungsaktivitäten der Massivumformung

PRINT

ONLINE

EVENTS

SERVICES



**Infostelle**

Industrieverband  
Massivumformung e. V.

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

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

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

Den Veröffentlichungen  
der **Infostelle**  
liegen die Ergebnisse  
der Gemeinschaftsforschung  
der im Industrieverband  
Massivumformung e. V.  
zusammengeschlossenen  
Industrieunternehmen zugrunde.

Stand: Dezember 2010  
I - 43 - 1210 - 10 VO  
Nachdruck