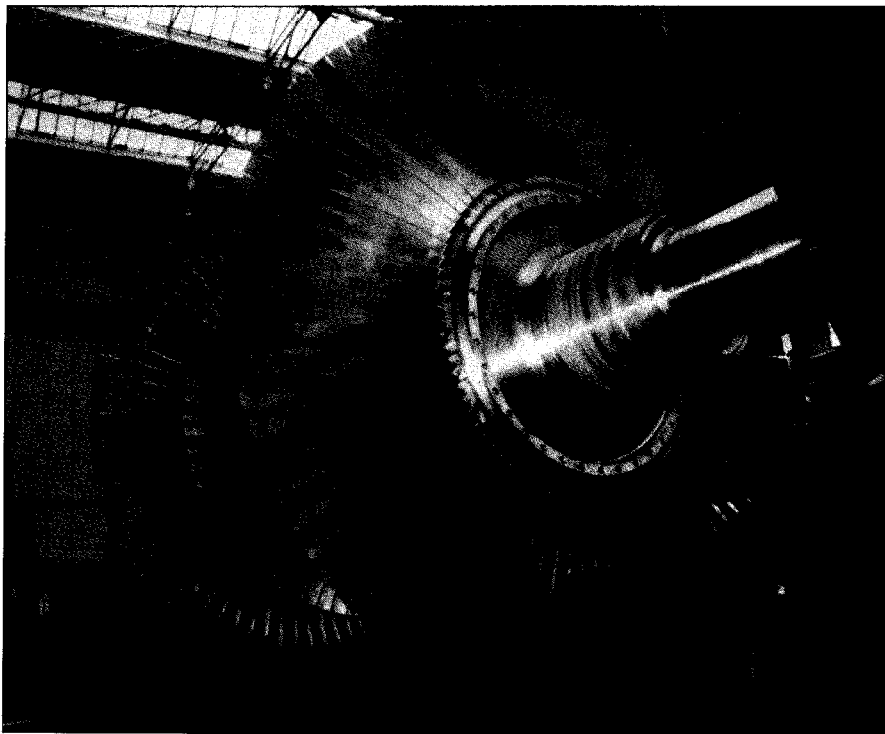
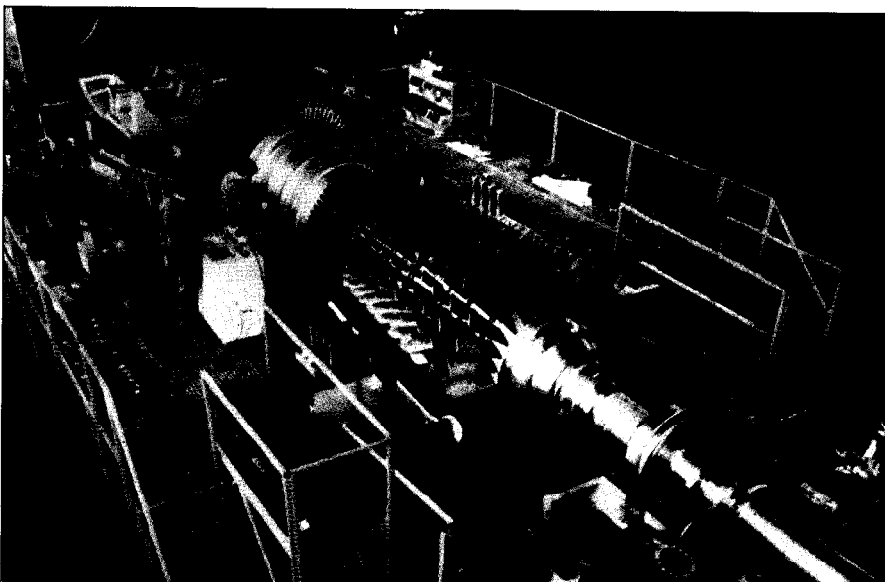


# Anwendung von Gesenk- schmiedestücken im Turbinenbau

Von Dr.-Ing. Otto Volgtländer,  
Remscheid

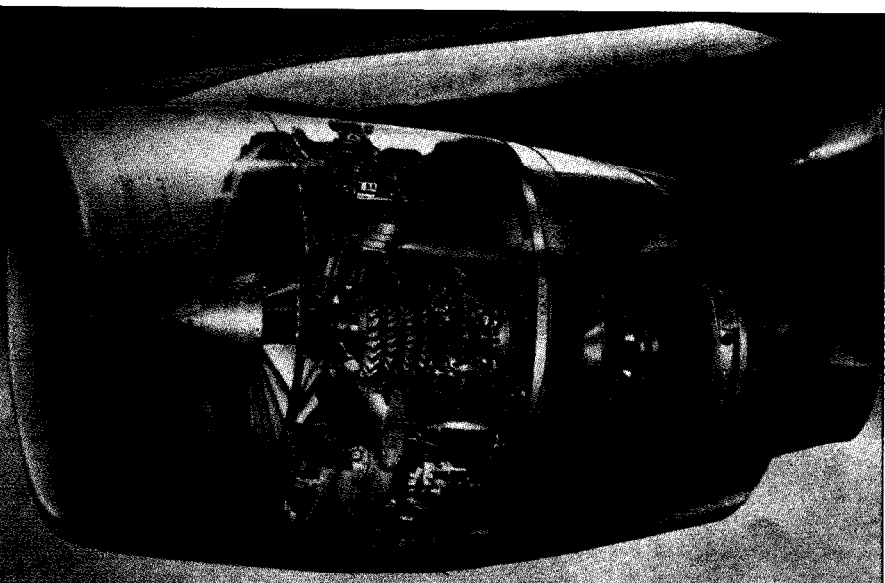


**Bild 1:** Präzisionsgeschmiedete Turbinenschaufeln für den Niederdruckteil von Dampfturbinen

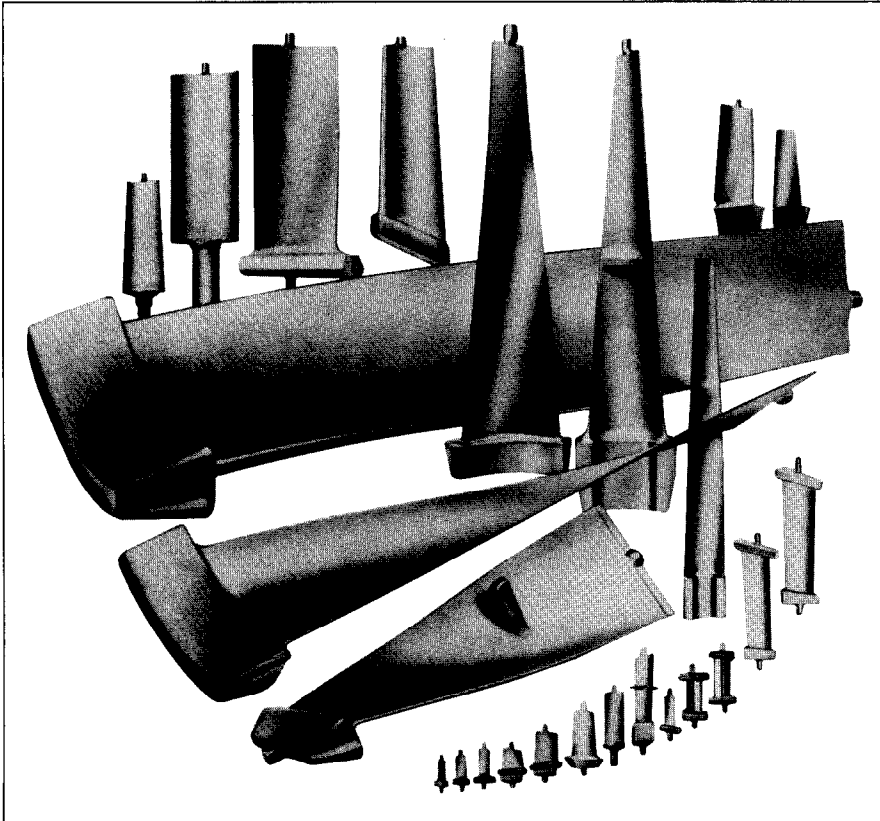


**Bild 2:** Präzisionsgeschmiedete Turbinen- und Verdichterschaufeln für stationäre Gasturbinen

**Bild 3:** Präzisionsgeschmiedete Verdichterschaufeln für Flugtriebwerke



Im Turbinenbau, also bei der Herstellung von Dampfturbinen (*Bild 1*), stationären Gasturbinen (*Bild 2*) und Flugtriebwerken (*Bild 3*), werden Gesenk Schmiedestücke immer dann verwendet, wenn die Teile höchster Beanspruchung unterworfen sind, wenn höchste Präzision erforderlich ist oder wenn beide Anforderungen zugleich auftreten. Der hohe Stand der Technologie des Gesenkschmiedens, kombiniert mit ergänzenden Verfahren, wie z. B. Oberflächenbehandlungen, gibt dem Konstrukteur neue Möglichkeiten in der Nutzung der Werkstoffe.



**Bild 4:** Turbinen- und Verdichterschaufeln

Im Turbinenbau werden Gesenk-schmiedestücke, die 5 verschiedenen Formgruppen angehören, eingesetzt. Es sind:

**Gruppe A: Schaufeln**

wie Turbinenlauf- und -leitschaufeln, Verdichterlauf- und -leitschaufeln, Frontan-Schaufeln, (Bild 4);

**Gruppe B: Schelben**

wie Turbinen- und Verdichterscheiben (Bild 5), Radialverdichterräder (Bild 6);

**Gruppe C: Wellen und Achsen**

auch hohlgeschmiedet;

**Gruppe D: Ringe;**

**Gruppe E: Sonstige Teile**

wie Beschläge, Getriebeteile, Sonderarmaturen u. a. (Bild 7).

Die Wahl des optimalen Fertigungsganges zur Herstellung vorgenannter Werkstücke sollte in Abstimmung zwischen Turbinenkonstrukteur, Umformingenieur, Fertigarbeiter und Ingenieuren der Qualitätssicherung erfolgen. Sie gemeinsam können ein bestes Produkt bei geringsten Kosten erarbeiten.

Die Fertigungsverfahren zur Herstellung von Schmiedestücken für den Turbinenbau sind durch folgende vom Konstrukteur vorgegebene Merkmale beeinflusst:

- Werkstückform,
- Werkstoff,
- Faserverlauf,
- mechanische Eigenschaften,
- Oberfläche.

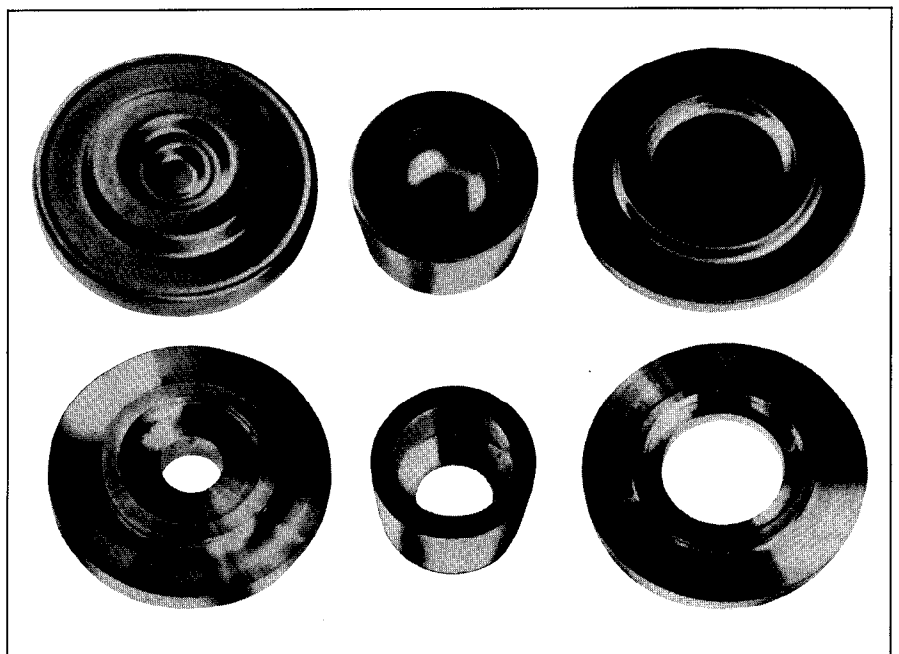
Diese fünf Richtgrößen fordern häufig unterschiedliche Fertigungsverfahren.

Welches Verfahren gewählt wird, hängt von der vorhandenen Ausrüstung und dem Erfahrungsschatz des betreffenden Herstellers ab. Ein optimales Verfahren wird man wohl nur dann erreichen,

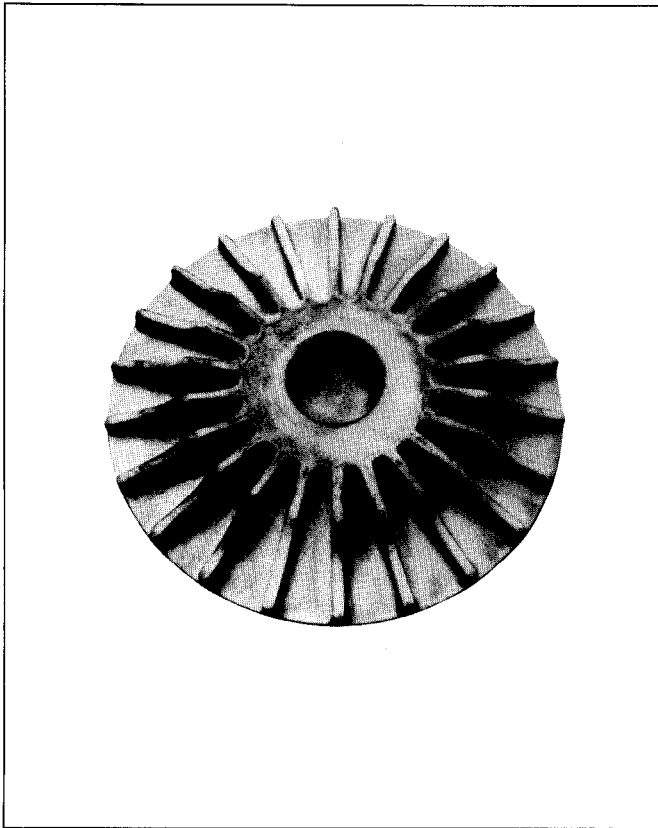
wenn die Stückzahl für eine entsprechende maschinentechnische Ausrüstung gegeben ist.

Die schmiedetechnische Problematik bei der Herstellung von z. B. Turbinenscheiben liegt weniger in der Form als in der Umformbarkeit des Werkstoffes, den vorgeschriebenen Korngrößen und dem gewünschten Faserverlauf. Das Schmieden von Scheiben aus hochwarmfesten Werkstoffen ist daher gekennzeichnet durch eine sehr genaue Abstimmung aller am Umformprozeß beteiligten Parameter. Die Parameter plastomechanischer, thermomechanischer sowie wärmetechnischer Art führen folgerichtig auf eine Unterteilung des Umformvorganges. Die Teilung der Umformung in Stufen bzw. das schrittweise Annähern an die Endform scheint zunächst sehr aufwendig, ist aber zur Erreichung eines qualitativ hochwertigen Endproduktes notwendig. Dies gilt besonders bei Werkstoffen wie Ni-, Ti- und Co-Basislegierungen, die sehr empfindlich gegenüber Tangentialzugspannung während des Umformprozesses sind. Es genügt hier nicht allein die Betrachtung der äußeren logarithmischen Umformung, sondern man muß die Bewegungsverteilung der Elemente im Inneren der Scheibe berücksichtigen. Ohne Beachtung dieses Vorganges kommt es zu den sogenannten „Totzonen“, die grobes Korn beinhalten.

Die Entwicklung im Turbinen- und Triebwerksbau ist durch das Streben nach höherem thermischen Wirkungsgrad und damit größerer Wirtschaftlichkeit gekennzeichnet. Das bedingt den



**Bild 5:** Turbinen- und Verdichterscheiben



**Bild 6:** Radialverdichterrad aus AlZnMgCu 0,5; Durchmesser 612 mm

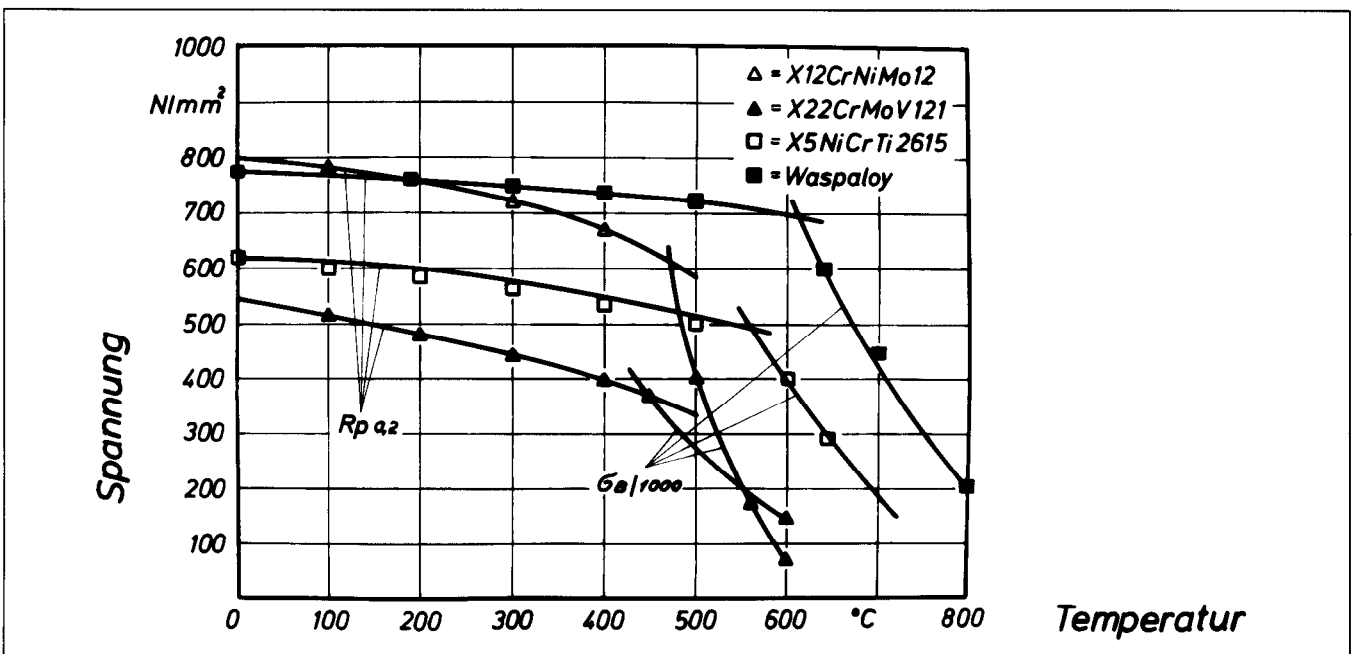


**Bild 7:** Gehäuse-Mittelstück für Nennweite NW 100 mm

Einsatz von Werkstoffen mit hohen Festigkeiten bei erhöhten Temperaturen (Bild 8). Für die Auswahl der Werkstoffe sind in erster Linie die mechanischen und die thermischen Beanspruchungen maßgebend. Sie setzen sich aus den Fliehkräften, der Schwingungsbeanspruchung und den Wärmespannungen zusammen. Außerdem müssen die Anforderungen an Korrosions- und Erosionsbeständigkeit berücksichtigt werden. Zur Beurteilung der in Frage kommenden Werkstoffe dienen bei Auftreten von Betriebstemperaturen bis ca.

500 °C Dehngrenze, Zugfestigkeit und Biegeweichselfestigkeit; bei Temperaturen über ca. 500 °C wird der Werkstoff in der Hauptsache nach dem Zeitstandverhalten ausgewählt. Die heute wirtschaftlich erreichbaren Toleranzen und Oberflächengüten beim

500 °C Dehngrenze, Zugfestigkeit und Biegeweichselfestigkeit; bei Temperaturen über ca. 500 °C wird der Werkstoff in der Hauptsache nach dem Zeitstandverhalten ausgewählt. Die heute wirtschaftlich erreichbaren Toleranzen und Oberflächengüten beim



**Bild 8:** Warmfestigkeit von hochwarmfesten Stählen und Legierungen

Blattlänge	Mindest- Profildicke der Austrittskante	Profilform- toleranz	Profildicken- toleranz	Durchbiegung am mittleren Profilschnitt	Gesamt- abweichung der Blattver- windung	Oberflächen- rauhiefe	Anwendungsbereiche
<i>l</i>	<i>s</i>	<i>f</i>	<i>2b</i>	<i>d</i>	<i>Δα</i>	<i>Rt</i>	
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[°]	[μm]	
16 - 40	0,10	0,04 - 0,05	0,08 - 0,10	0,10	± 20	2,0	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">Flugtriebwerke</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">Gasturbinen</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Dampfturbinen</div> </div>
40 - 63	0,15	0,05 - 0,08	0,10 - 0,16	0,15	± 20	3,2	
63 - 100	0,20	0,08 - 0,10	0,16 - 0,20	0,20	± 20	3,2	
100 - 160	0,30	0,10 - 0,12	0,20 - 0,25	0,20	± 20	3,2	
160 - 250	0,50	0,12 - 0,20	0,25 - 0,40	0,25	± 20	5,0	
250 - 400	0,80	0,20 - 0,25	0,40 - 0,63	0,25	± 30	6,3	
400 - 630	1,00	0,25 - 0,32	0,63 - 1,00	0,32	± 30	16,0	
630 - 1000	1,25	0,32 - 0,40	1,00 - 1,60	0,40	± 30	16,0	
1000 - 1600	1,60	0,40 - 0,50	1,60 - 2,50	0,50	± 30	25,0	

**Tafel 1:** Schauffeltoleranzen nach Thyssen-Hausnorm

Präzisionsschmieden von Schaufeln sind in der Thyssen-Hausnorm (Tafel 1) dargestellt. Diese Norm entspricht dem Stand der Schmiedetechnik für Turbinenschaufeln und wird in Großserien zum Teil unterschritten.

Die kurze Zusammenfassung des Kenntnisstandes der Schmiedetechnik

für Turbinenteile soll zeigen, daß sie in der Lage ist, hochbelastete Bauteile mit Bearbeitungsaufmaß und einbaufertig herzustellen. Die angewandten Technologien lassen Formen erzeugen und Werkstoffe verarbeiten, die höchsten Anforderungen gerecht werden. Die Fertigungsverfahren sind in Fluß und die gewünschte Lösung wird um so

schneller vorliegen, je früher die Partner miteinander sprechen.

**Bildnachweis:**

Bild 1: Alsthom Atlantique, Le Bourget;  
 Bild 2: KWU, Mülheim;  
 Bild 3: Rolls Royce, Derby;  
 Bilder 4 bis 8 und Tafel 1: Thyssen Umformtechnik, Werk Remscheid.