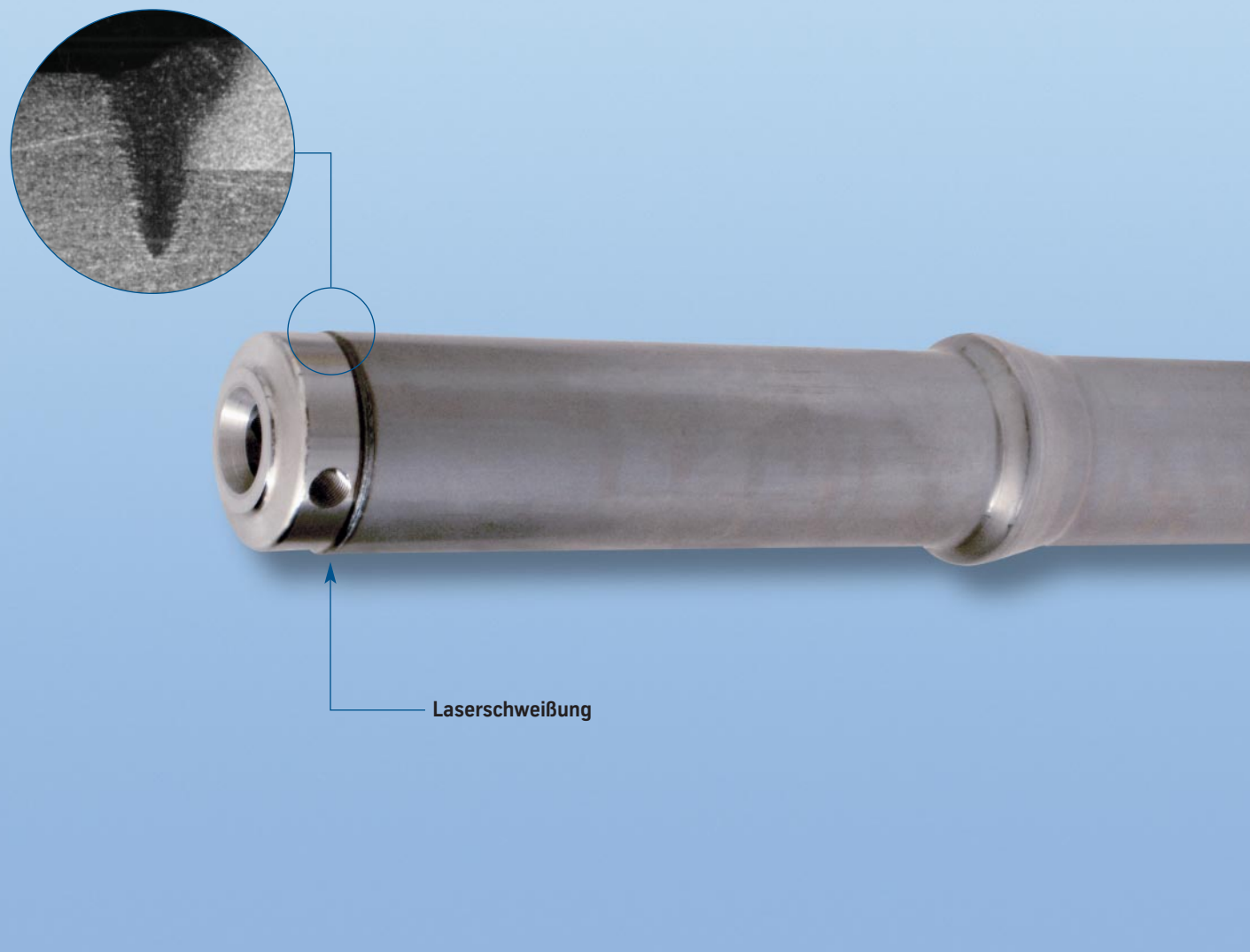


DR.-ING. GERHARD GRAËN Projektmanager | ThyssenKrupp Bilstein GmbH, Ennepetal

DR.-ING. JENS OVERRATH Geschäftsführer | ThyssenKrupp Tailored Blanks S.r.l., San Gillio/Italien

## Lasergeschweißte Außenrohre für Kfz-Stoßdämpfer



| Lasergeschweißtes Außenrohr



Bild 1 | Luftfederbein Vorderachse S-Klasse

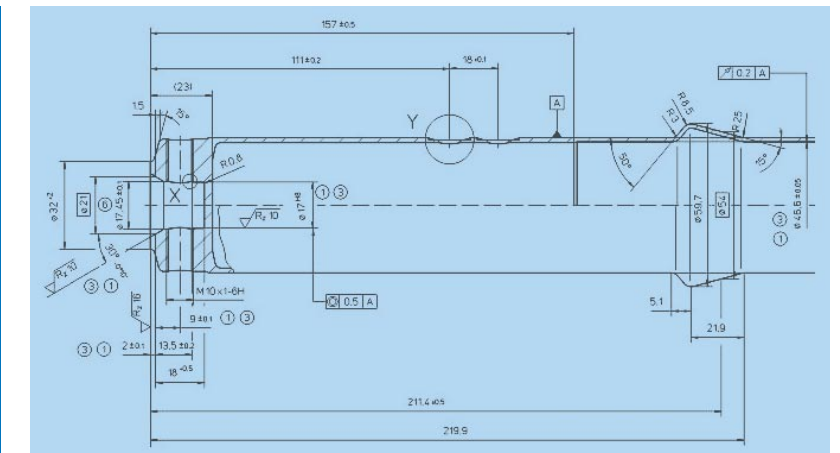


Bild 2 | Kaltfließgepresstes Außenrohr

### Einleitung

Mit der Entwicklung des ersten serienreifen Einrohr-Gasdruckstoßdämpfers nach dem DeCarbon-Prinzip revolutionierte Bilstein die Dämpfungstechnik für Straßenfahrzeuge im Jahr 1945 mit überragenden Sicherheits- und Komfortmerkmalen. Die Technik wurde im Laufe der Jahre optimiert und erfuhr durch die Luftfeder eine weitere Verbesserung. Dieses hinsichtlich des hohen Fahrkomforts überragende System kommt bei der S-Klasse von Mercedes-Benz (werksintern W 220) zur Anwendung | Bild 1 |.

Die wesentlichen Elemente des Luftfederbeins sind die Luftfeder und der Einrohrdämpfer. Im Einrohrdämpfer befindet sich das für die Dämpfung relevante Öl, das durch einen Trennkolben vom Gastank (Stickstoff) getrennt wird. Der Gastank befindet sich am unteren Ende des Stoßdämpfers und ist über eine Konusanbindung mit dem Rad verbunden.

In der Vergangenheit wurde das Außenrohr mit dem Gastank mittels Kaltfließpressen hergestellt. Im Rahmen eines Kostenreduzierungsprogramms wurde die Kaltfließpresserei extern vergeben und gesamtheitlich die Kostensituation analysiert. Hierbei wurden verschiedene Fertigungstechnologien anhand der hohen Kundenanforderungen bewertet.

### Istzustand Frühjahr 2003

Das Außenrohr wurde mittels Kaltfließpressen hergestellt | Bild 2 |. Dieses Verfahren bietet Vorteile hinsichtlich einer hohen Form- und Maßgenauigkeit sowie der Oberflächengüte (Lauffläche des Arbeits-

kolbens), erfordert aber auch einen hohen Energie- und Bearbeitungsaufwand. Des Weiteren resultieren aus der erforderlichen Nachbearbeitung des Rohres (umformen, Gewinde schneiden, abstechen) erhöhte Qualitäts- und Ausschusskosten. Dies ist unter anderem auf die komplizierte Gewindeherstellung im Rohrboden des bereits fertigen Außenrohres zurückzuführen.

### Anforderungen an das Stoßdämpfer-Außenrohr

Die Analyse des Lastenheftes ergab folgende Mindestanforderungen:

Anforderung	Messwert
➤ Gasdichtheit gegenüber Stickstoff	Keine Heliumleckage nach 3 Stunden bei 9 bar Druck
➤ Zug-Druck-Schwellbelastung	von 4 bis 20 kN
➤ Keine Beschädigung der Gewinde	Gängigkeit des Gewindes
➤ Keine Beeinträchtigung der Oberfläche	Sichtprüfung für nachfolgende Bearbeitungsschritte
➤ Lebensdauer 300.000 Fahrzeugkilometer	2.000 km Heideprüfung

Durch die kurzfristige Verlagerung der Kaltfließpresserei war es erforderlich, eine Lösung zu finden, die innerhalb von sechs Monaten umsetzbar war und eine hohe Prozesssicherheit ohne Nacharbeit gewährleistet. Darüber hinaus sollten die Investitionen minimiert werden.



**Bild 3** | Dauerfestigkeitsversuch an lasergeschweißten Außenrohren ( $\pm 181$  Nm, 300.000 Lastwechsel, Ergebnis: gasdicht, keine Risse in der Naht, Rohr abgerissen)

Kriterium	Gewichtung	MAG-Schweißen		WIG-Schweißen		Laser-Schweißen	
		Ungewichtet	Gewichtet	Ungewichtet	Gewichtet	Ungewichtet	Gewichtet
Schweißgeschwindigkeit	3	3	9	2	6	5	15
Wärmeeinbringung	4	3	12	3	12	5	20
Verzug	4	3	12	3	12	5	20
Kosten	5	4	20	3	15	4	20
Taktzeit	4	4	16	2	8	5	20
Gasdichtheit	5	5	25	5	25	5	25
Prozesssicherheit	5	3	15	4	20	5	25
Optische Fehler (Spritzer)	4	3	12	2	8	4	16
<b>Gesamtbewertung</b>			<b>121</b>		<b>106</b>		<b>161</b>

Legende: 1 - geringe Gewichtung, 5 - hohe Gewichtung

**Bild 4** | Vergleich der unterschiedlichen Schweißverfahren

**Alternative Lösungskonzepte**

Die Luftfederung der Mercedes-Benz S-Klasse wurde von ThyssenKrupp Bilstein entwickelt und wird seit 1998 im Werk Mandern bei Trier produziert. Hieraus folgt, dass bei der Lösungsfindung konstruktive Änderungen nur bedingt in Betracht kamen, so dass das Hauptaugenmerk auf eine Verfahrens- bzw. Technologieänderung gelegt wurde. Im einzelnen wurden folgende Verfahren/Technologien untersucht:

- Kleben,
- Verstemmen (Sicken),
- Kondensator-Entladungsschweißen (KE),
- Metall-Aktivgas-Schweißen (MAG),
- Wolfram-Inert-Schweißen (WIG),
- Laserschweißen (LBW),
- Reibschweißen,
- Warmumformen.

Im Rahmen einer Diplomarbeit und in Zusammenarbeit mit verschiedenen namhaften Instituten und Firmen wurden Musterteile erstellt und erprobt. Hierbei wurden jeweils Sichtprüfungen, Gasdichtheitsprüfungen, Druckverlustuntersuchungen bei  $-40$  °C und  $+80$  °C, Dauerfestigkeitstests sowie Abreißversuche durchgeführt | Bild 3 |. Erste Voruntersuchungen führten zum Ausschluss folgender Verfahren:

Verfahren	Ausschlusskriterium
☞ Kleben	Mangelhafte Temperaturbeständigkeit
☞ Sicken	Keine Prozessfähigkeit, Gasdichtheit nicht gewährleistet
☞ KE-Schweißen	Erforderliche Teilengenauigkeit serientechnisch nicht umsetzbar
☞ Reibschweißen	Fehlende Prozesssicherheit
☞ Warmumformen	Kein Ausschluss von Rissbildung

Die drei verbliebenen Schweißverfahren sind im | Bild 4 | aufgelistet und anhand von Gewichtungskriterien bewertet. Die Gesamtbewertung zeigte, dass das Laserschweißen die Anforderungen am besten erfüllt. Im Gegensatz zu den konventionellen Schweißverfahren sind durch die charakteristischen Merkmale des Laserstrahlschweißens – wie geringe Wärmeeinbringung und schmale Nahtbreite – keine aufwendige Spritzerentfernung und Nachbearbeitung des Gewindes erforderlich. Dies ermöglicht eine Verkürzung des Drehteils (kompaktere Bauweise | Bild 5 |). Zusätzlich konnte mit Hilfe des Laserstrahlschweißens eine beanspruchungsgerechtere Konstruktion hinsichtlich Festigkeit und Korrosionsschutz für das Stoßdämpferrohr entwickelt werden. Bei dem laserstrahlgeschweißten Stoßdämpferrohr besteht der Rohrboden aus höherfestem Stahl im Vergleich zum weicheren und duktileren Zylinderrohrmaterial. Zusätzlich kann gezielt nur auf dem Rohrboden die notwendige Korrosionsschutzbeschichtung aufgebracht werden.

**Anlagentechnische Umsetzung**

Nach einer Benchmark-Studie wurde das Unternehmen ThyssenKrupp Tailored Blanks (TKTB) aufgrund seiner langjährigen Erfahrung (erster großserientechnischer Einsatz des Laserschweißens beim Audi 100 im Jahre 1985) und seiner hohen Kompetenz ausgewählt. Die Technologieführerschaft von TKTB zeigte sich sowohl in einem wettbewerbsfähigen Angebot als auch in den besten Prüfergebnissen.

Die hohe Produktivität des Laserschweißens äußert sich in kurzen Prozesszeiten von ca. 20 Sekunden pro Rohrschweißung. Bei einer geforderten Stückzahl von rund 800 Außenrohren pro Tag resultiert hieraus eine Auslastung der Anlage von nur einer Schicht pro Woche. Daraus ist abzuleiten, dass ein wirtschaftlicher Betrieb einer kapitalintensiven Laseranlage nur durch eine Mehrfachnutzung einer bereits

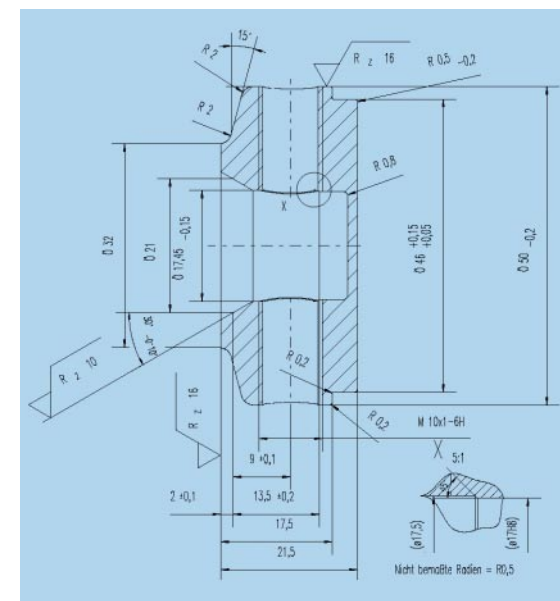
vorhandenen Anlage gewährleistet ist, so dass eine Investition bei ThyssenKrupp Bilstein derzeit ausgeschlossen wurde. Der bezüglich der Wirtschaftlichkeit erforderliche hohe Auslastungsgrad erfordert ein Industrialisierungskonzept, das über eine Strahlweiche den Laserstrahl für andere Anwendungen verfügbar macht. | Bild 6 | verdeutlicht die Realisierung des Konzeptes anhand einer Laserschweißanlage in San Gillio/Turin.

**Fazit**

Die Verlagerung der Kaltfließpressanlagen war der Impuls für eine Innovation im Bereich der Außenrohrfertigung für die Luftfederbeine der Mercedes-Benz S-Klasse. Ein Verfahrenvergleich mit nichtthermischen Fügeverfahren sowie konventionellen Schweißverfahren zeigte, dass das Laserschweißen hinsichtlich der Erfüllung des technischen und wirtschaftlichen Anforderungsprofils überlegen ist. Darüber hinaus zeigte sich, dass durch die geringe Energieeinbrin-

gung eine Beeinträchtigung angrenzender Bereiche auszuschließen ist und sich durch den Korrosionsschutz des Schweiß- bzw. Rohrbodens ein Zusatznutzen für den Kunden erschließen lässt. Im Frühjahr 2003 wurde die veränderte Konstruktion des Außenrohres mit Hilfe von ThyssenKrupp Tailored Blanks erfolgreich und termingerecht in der Serie umgestellt.

Die technische und wirtschaftliche Leistungsfähigkeit des Laserstrahlschweißens in Verbindung mit der Fertigungskompetenz von ThyssenKrupp Tailored Blanks überzeugte DaimlerChrysler auch bei der neuen Mercedes Benz A-Klasse (W 169), die im nächsten Jahr mit vergleichbaren lasergeschweißten Fahrzeugkomponenten auf den Markt kommt. Die Potenziale des Lasers hinsichtlich partieller Erwärmung zum Härten, Schneiden und Schweißen werden derzeit bei der Stoßdämpferentwicklung nur ansatzweise berücksichtigt. Der beschriebene Anwendungsfall ist der erste Einsatz des Lasers bei der Stoßdämpferproduktion. Weitere Anwendungen sind zu erwarten.



**Bild 5** | Gedrehter Boden als Ersatz für den Rohrboden



**Bild 6** | Laserschweißanlage für Außenrohre bei ThyssenKrupp Tailored Blanks in San Gillio/Turin, Italien