



**Elektronenstrahlschweißen abnahmepflichtiger Bauteile
aus dem Bereich der Bahntechnik**

Volker Adam, Braunschweig

Poleposition in der
Elektronenstrahl-Technologie

Elektronenstrahlschweißen = Schweißen im abnahmepflichtigen Bereich

- Luft- und Raumfahrt
- Kerntechnik
- Druckbehälter und drucktragende Teile
- Bahntechnik?

1994: Das Elektronenstrahlschweißen hat im abnahmepflichtigen Bereich der Deutschen Bahn (DS 95201 und DS 95202) keine Kennnummer...

1995: Antrag auf Erteilung Eignungsbescheinigung zum Schweißen nach DS 95202

1996: Erteilung Eignungsbescheinigung zum Elektronenstrahlschweißen von Kupplungen, Beginn Serienfertigung für ICE 2

2000: Bahnzulassung nach DIN 6700-2 für Elektronen- und Laserstrahlschweißen an Schienenfahrzeugen

heute: Das Elektronenstrahlschweißen ist ein etabliertes Schmelzschweißverfahren

Anwendungsbereiche z.B.:

- Kupplungen
- Oberbau
- Waggonbau
- Antriebstechnik

Zertifikate und Zulassungen

Zertifikate und Zulassungen für den abnahmepflichtigen Bereich erfordern große Anstrengungen, sind aber auch Einstieg in neue Märkte...

DIN 6700-2 (Bahn)

Marinezulassung

EN 9100

AD 2000 - HPO



zu Lande...

zu Wasser...

in der Luft...

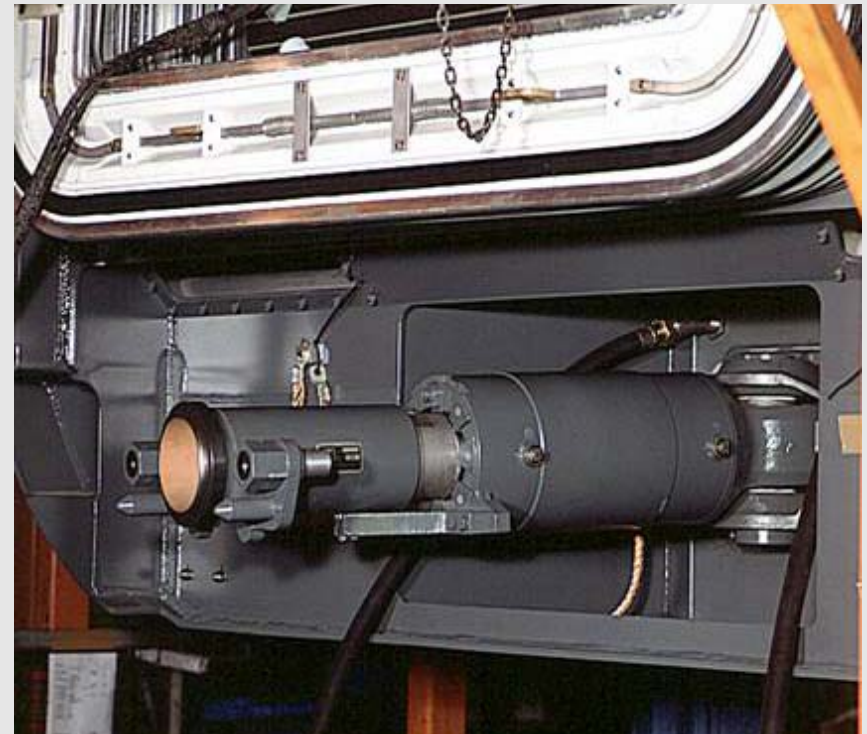
und immer unter Druck!

Kupplungen für ICE 2 und 3

Inzwischen „hängen“ täglich Millionen von Fahrgästen an Elektronenstrahlschweißnähten...



Blick in die Montagehalle (ICE-Fertigung) bei Alstom LHB in Salzgitter



Mittelpufferkupplung am Speisewagen eines ICE 3

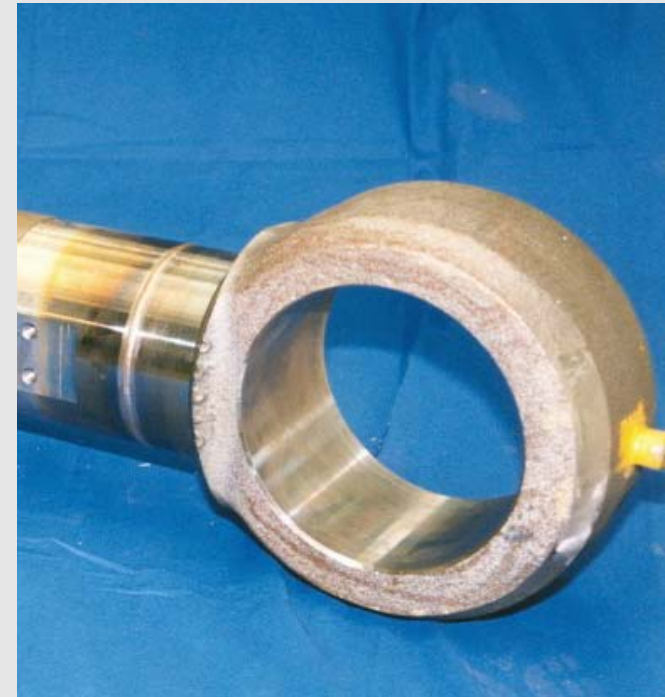
Ein Gusstück (Auge) kann für die gesamte Fertigungspalette „Federgehäuse“ und „Zugstange“ eingesetzt werden...



Federgehäuse
Kombination
Guss/Guss



Federgehäuse
Kombination
Guss/Rohr



Zugstange
Kombination
Guss/Schmiedestück

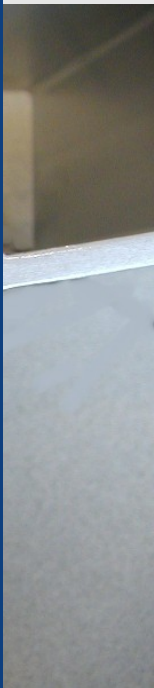
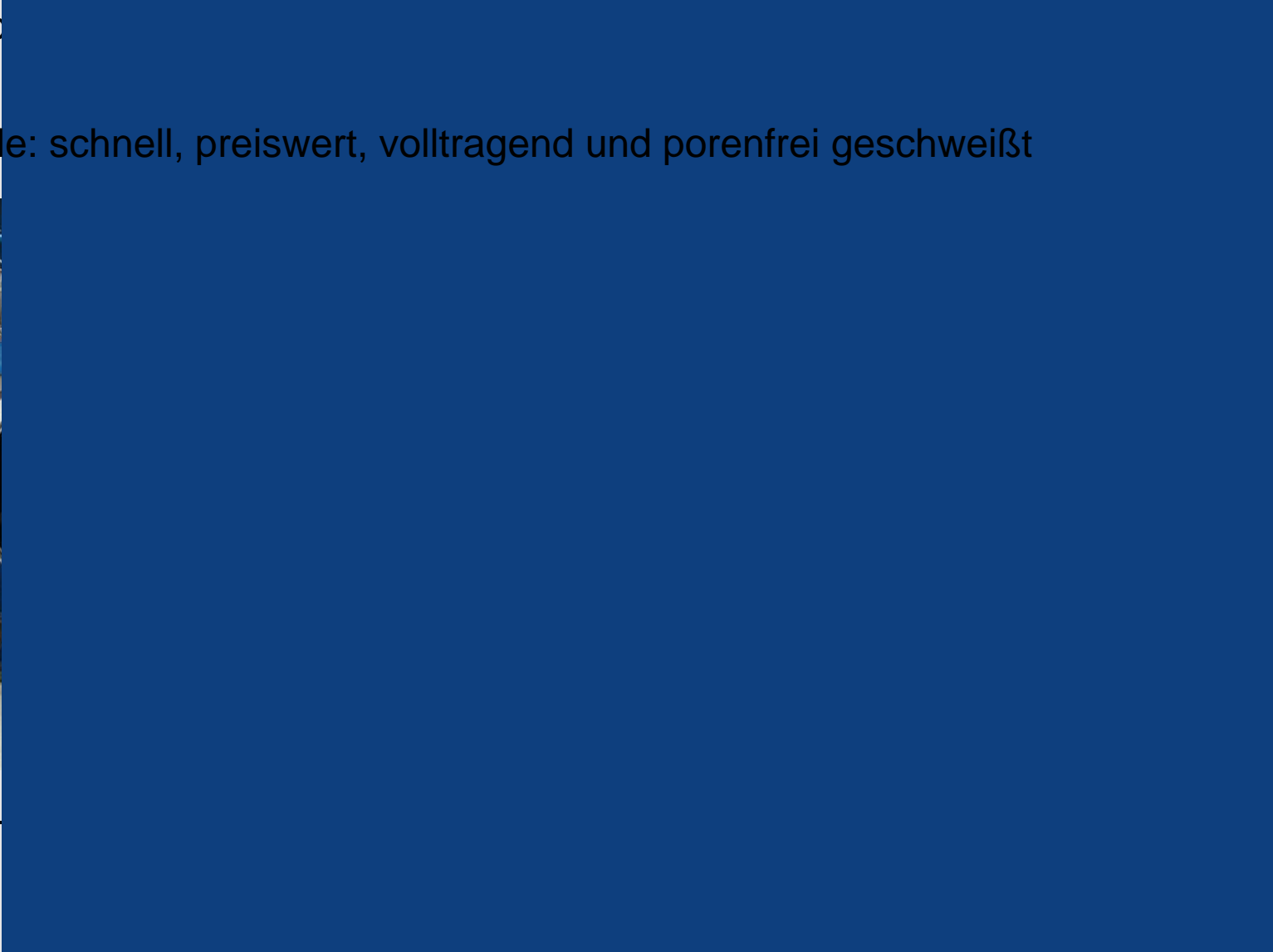
Obergurte für Leichtbauzüge

Elektro
kosten

Vorteile: schnell, preiswert, volltragend und porenfrei geschweißt



Zwei L
spann



mm

Obergurte für Leichtbauzüge

Elektronenstrahlgeschweißter Obergurt nach der Weiterverarbeitung im Waggonbau am Ende des Wagenkastens...



Der Obergurt wird durch MIG-Schweißen am Wagenkastens angesetzt



Später wird dort die Mittelpufferkupplung montiert

Regenerierung von Hohlwellenlagergehäusen

Durch den Einsatz des Elektronenstrahlschweißen werden Lagergehäuse für die E-Lokbaureihen 112, 114, 143, 155 und 156 regeneriert...



Lokomotive der Baureihe 143 mit jeweils 4 Radsätzen



Blick in die Werkhalle des „Fahrzeugwerk Dessau“

Demontage Hohlwellenlagergehäuse

Zur regelmäßigen Wartung der Lokomotiven werden die Radsätze demontiert und dabei auch die Hohlwellenlagergehäuse zyklisch überprüft...

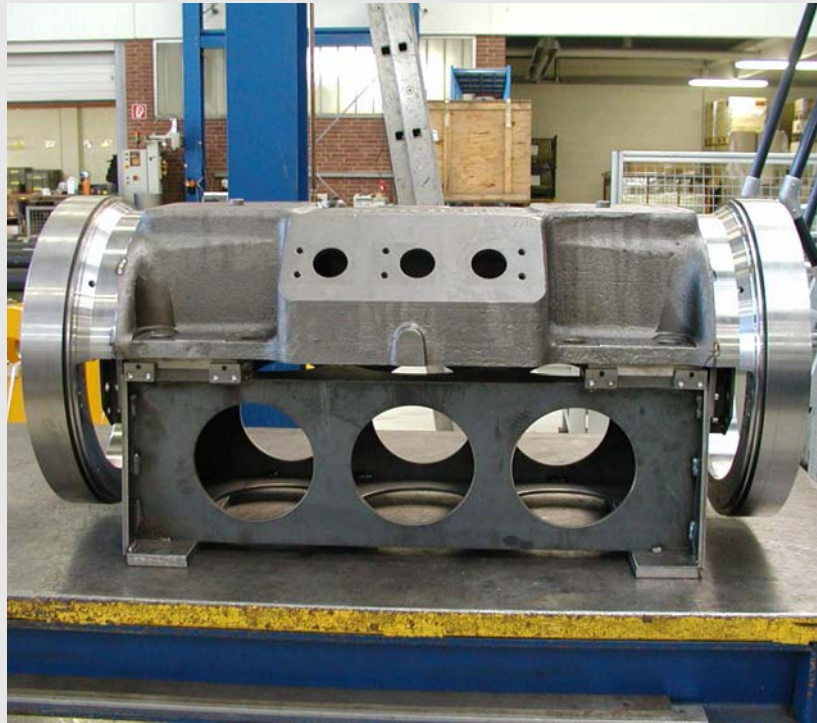


Kompletter Radsatz mit Lagergehäuse



Einbausituation des Gehäuses

Durch größte Präzision in der Fertigung der Einzelteile und der Vormontage zum Elektronenstrahlschweißen entstehen einbaufertige Bauteile...

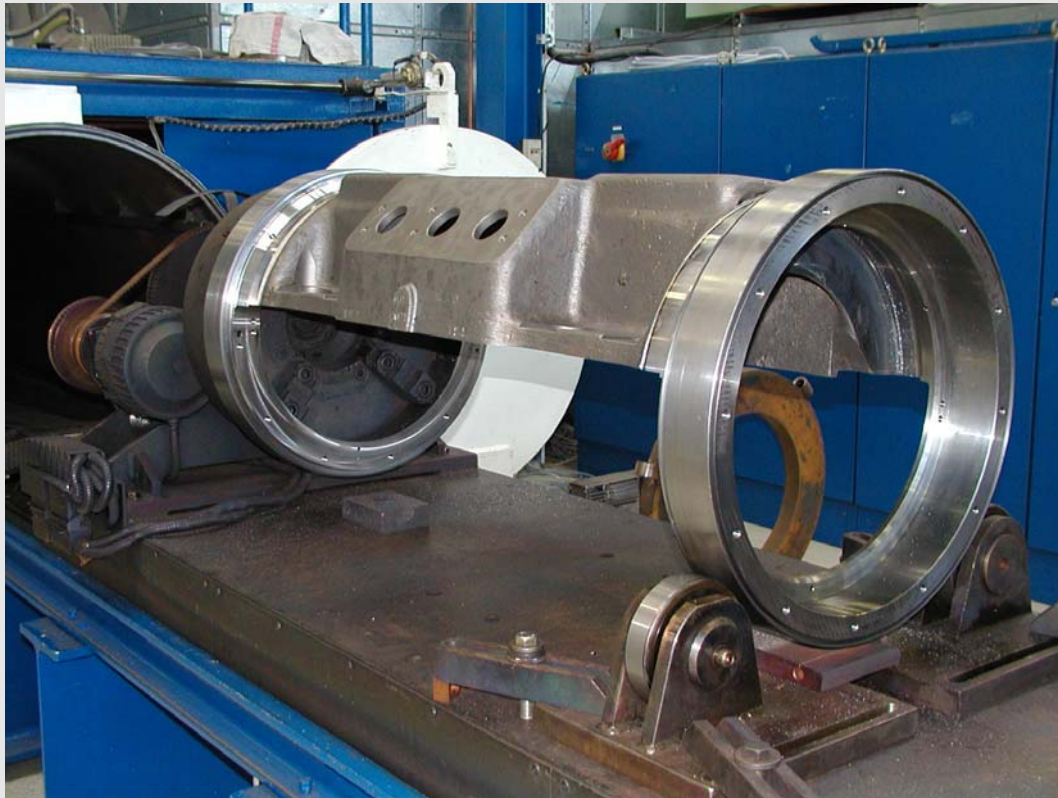


Neuer Flansch (S355J2G3) und regeneriertes Gussgehäuse (16Mn5) werden passgenau geheftet

Detail der Präzisionsheftvorrichtung

Elektronenstrahlschweißen der Hohlwellenlagergehäuse

Obwohl die Schweißungen jeweils nur über 180° des Umfangs gehen, werden die Form- und Lagetoleranzen des Fertigteils im Schweißzustand erreicht...



Toleranz Innenbohrung Flansch:	M6
Länge zwischen den Flanschen:	$\pm 0,2 \text{ mm}$
Winkelfehler Flanschflächen:	$< 4'$

Nahtausbildung Oberraupe (oben) und Unterraupe (unten) nach dem Schweißen

Detail des Schweißbereichs

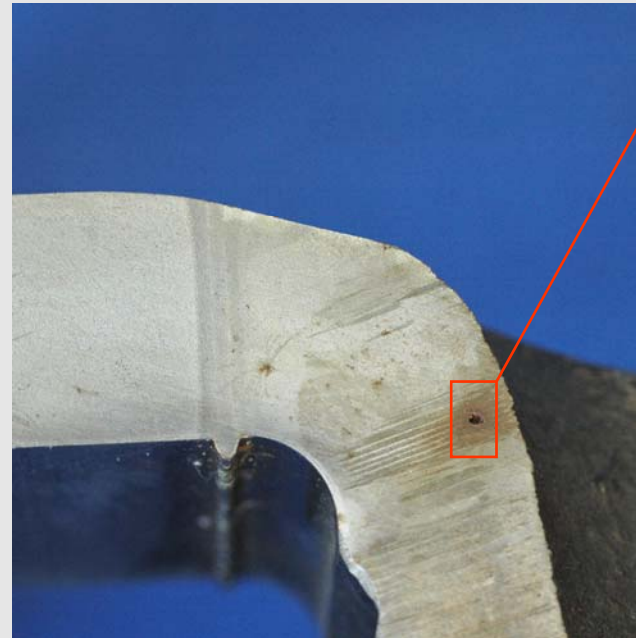
Anforderungen an die Fugestelle:

- Naht sehr schmal und absolut parallel
- Oberseite kerbfrei verschliffen
- Unterraume erhaben und gleichmäßig ausgebildet
- Fügeflächen porenfrei (vor dem Schweißen)

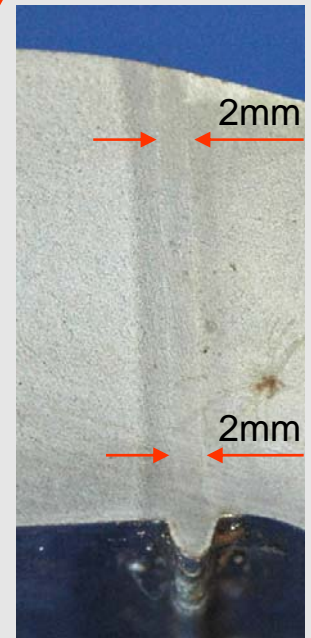
Bild rechts
typische Pore
im Stahlguss



Übersicht Schweißbereich




links: Schmiedering
rechts: Gussgehäuse



t = 30 mm

Regenerierte Hohlwellenlagergehäuse

Bisher wurden bereits über 500 verschlissene Hohlwellenlagergehäuse mit dieser Regenerierungstechnologie zu neuwertigen Ersatzteilen...

Kooperation Netzwerk  Burg:



Prämab GmbH



Aus gebrauchten Gussgehäusen und neuen Lagerringen werden neuwertige Ersatzteile



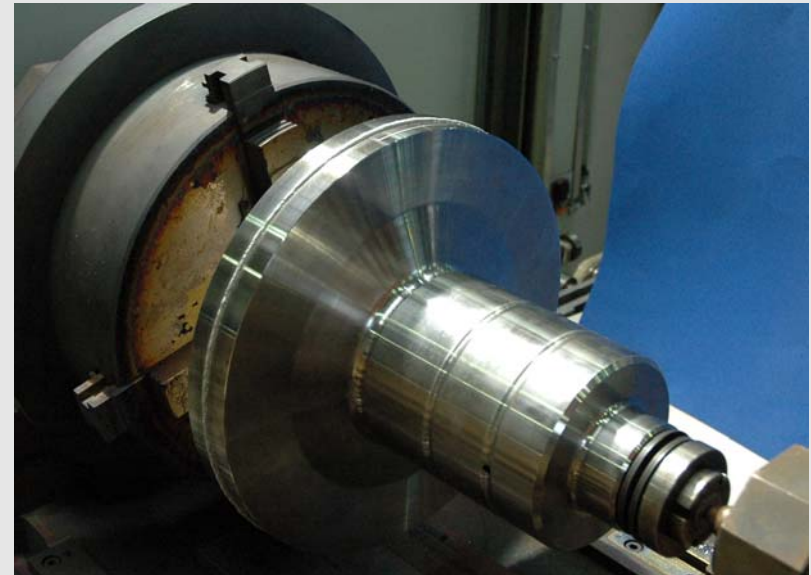
Fahrgestell mit 4 neuen Hohlwellenlagergehäusen nach der Regenerierung

Membrannabe für DB Lokomotive BR 189

Die Membrankupplungen MEM 290-1 übertragen die Leistung des Antriebsmotors auf den Radsatz und sorgen für einen Winkelausgleich...



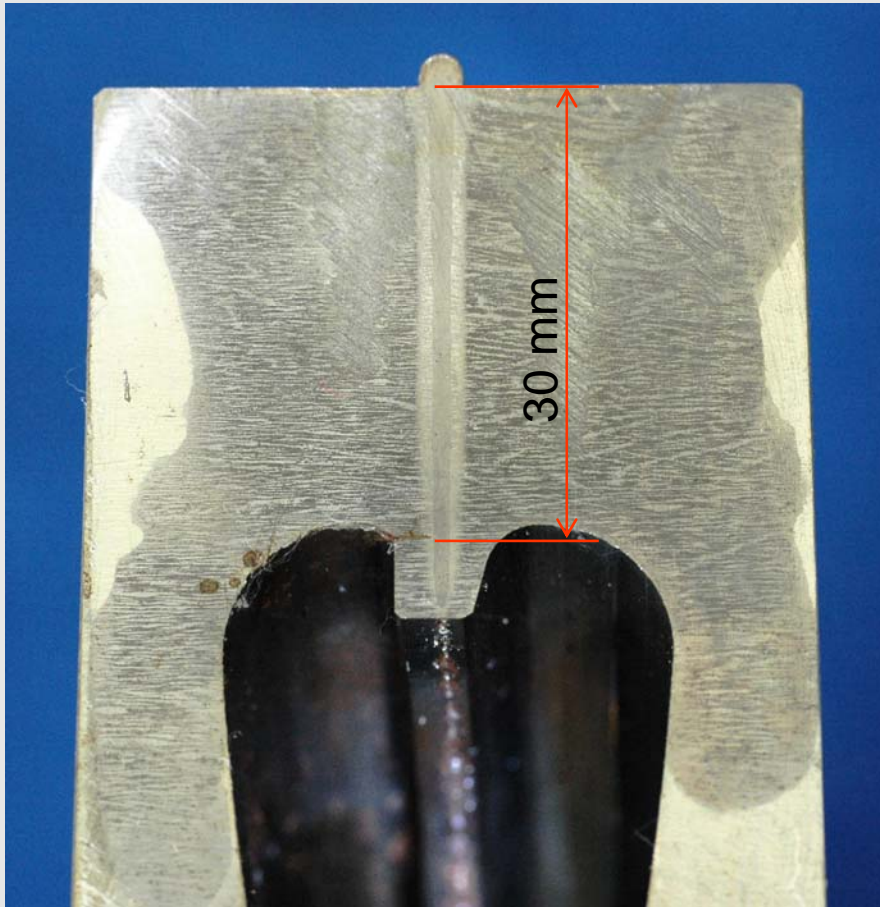
Eine Elektronenstrahlnaht überträgt das gesamte Antriebsmoment



Quelle: Kupplungswerk Dresden

Membrannabe für DB Lokomotive BR 189

Aufgabenstellung: volltragend verschweißt, „zart durchgeschweißt“, Einhaltung der Form- und Lagetoleranzen

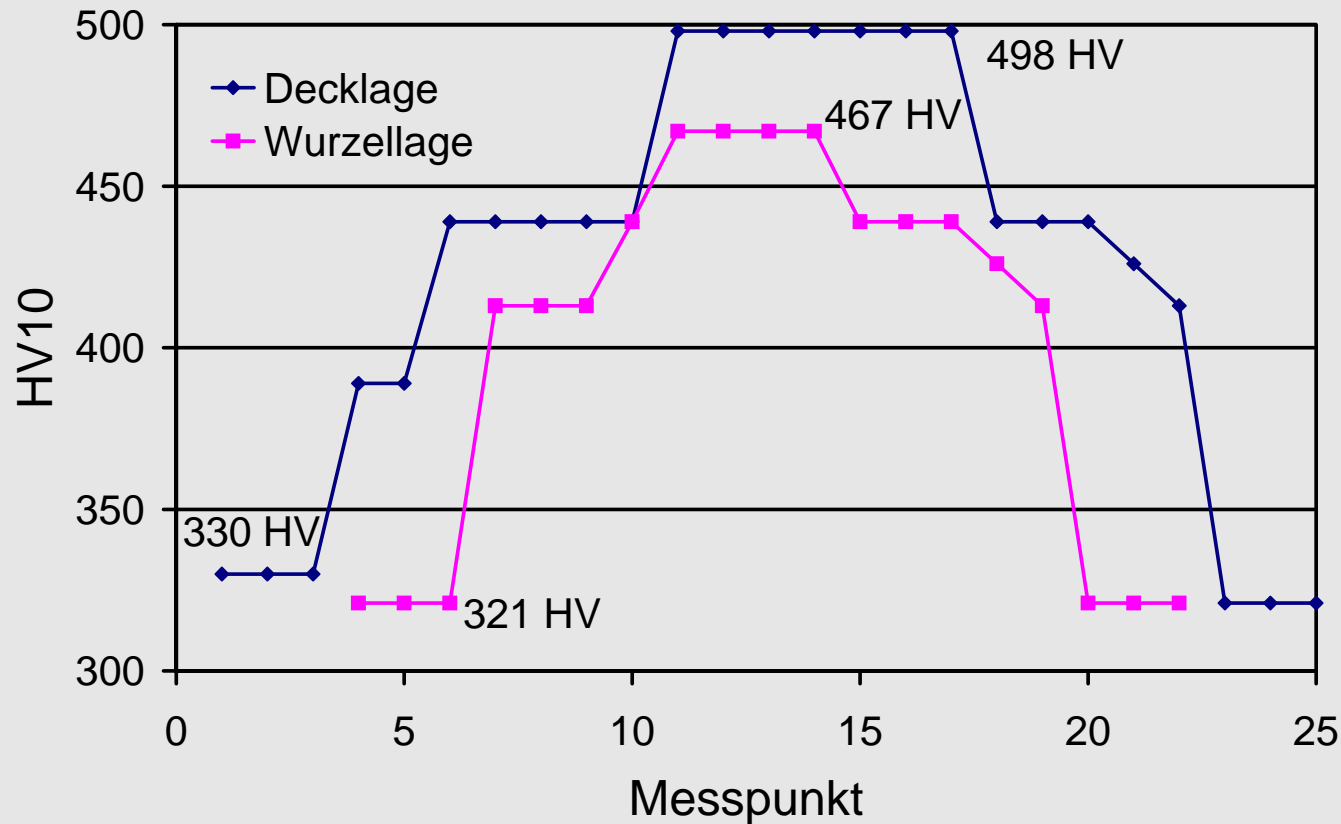
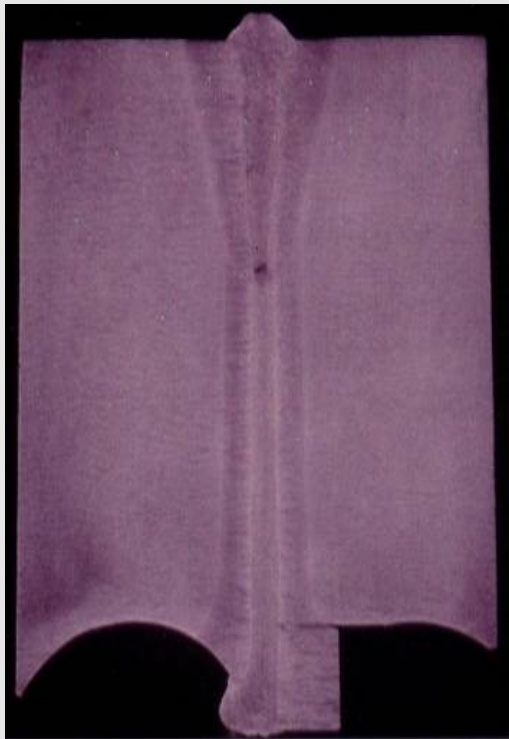


„zart durchgeschweißt“



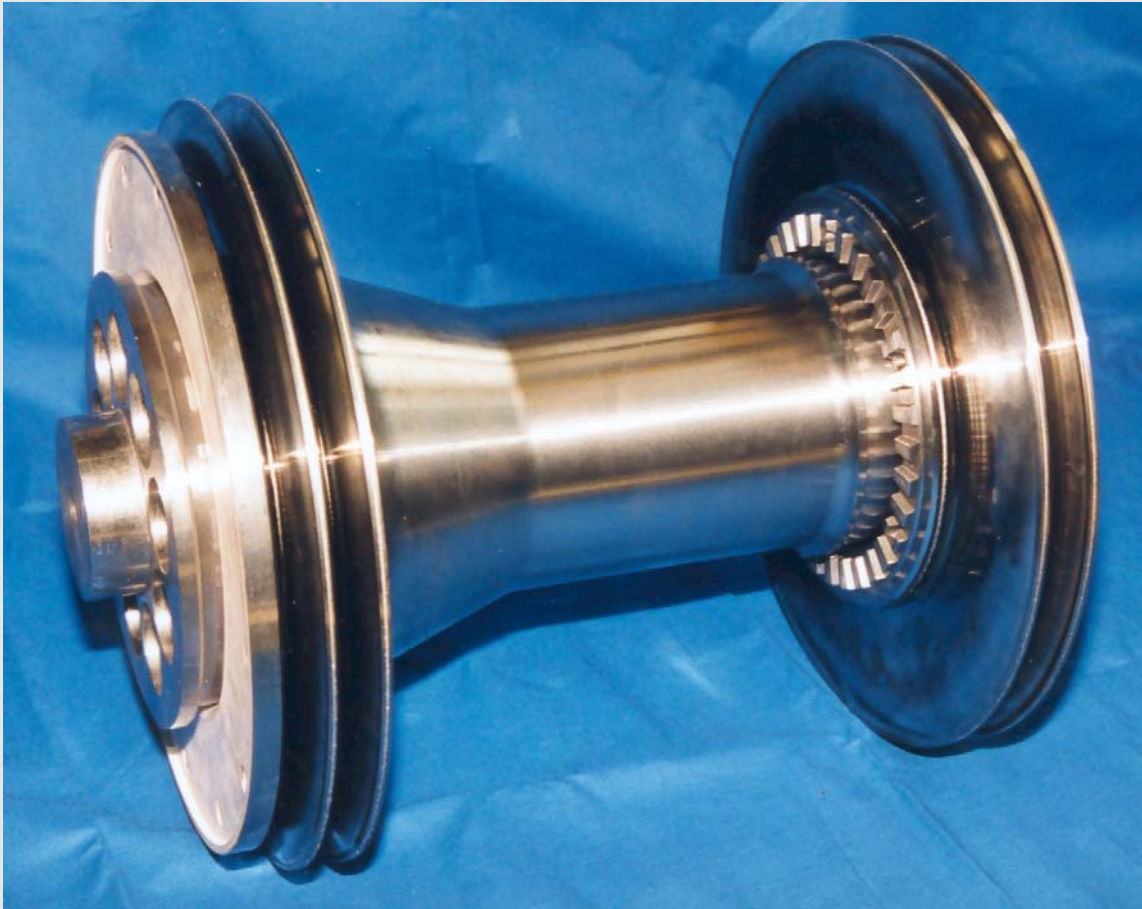
Wärmebehandelte Schweißverbindung an Membrannaben aus 30CrMoV9V

Eine gezielte Wärmebehandlung liefert dauerfeste Verbindungen ohne Schwächung des Grundwerkstoffes auch bei geschweißten Vergütungsstählen...



Membranwelle für Schienenfahrzeuge

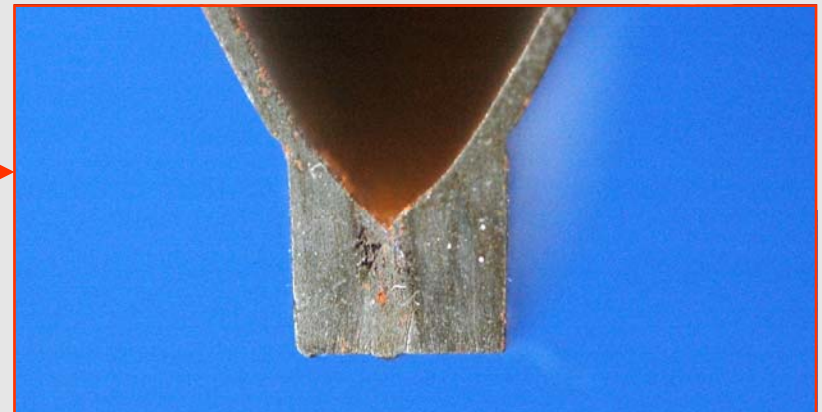
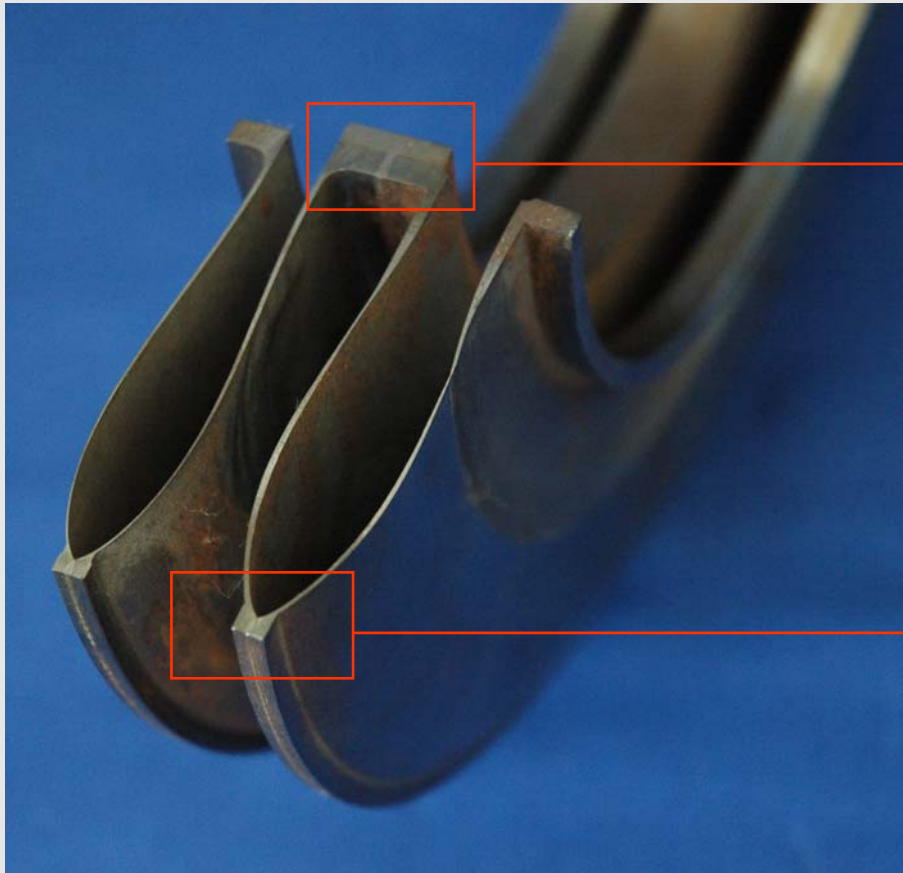
Durch die Verschweißung dünnwandiger Membrane mit dickwandigen Wellen entstehen torsionssteife und biegeeweiche Strukturen aus 30CrMoV9....



Membranpaket (Detail des Schweißbereichs)

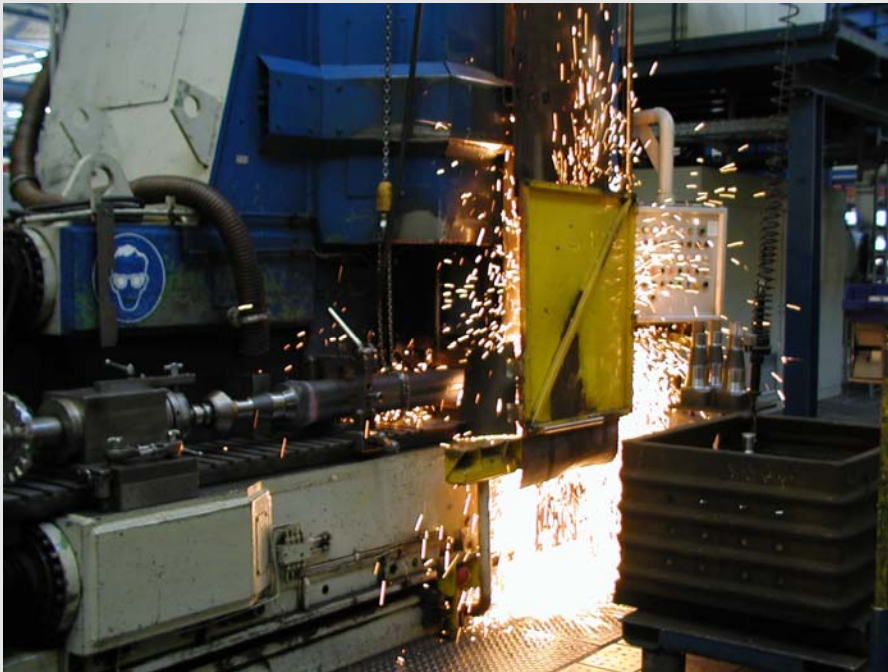
Einzelmembrane:
äußere Umfangsnähte
 $t = 2,5 \text{ mm}$

Membranpaket:
innere Umfangsnäht
 $t = 6,0 \text{ mm}$

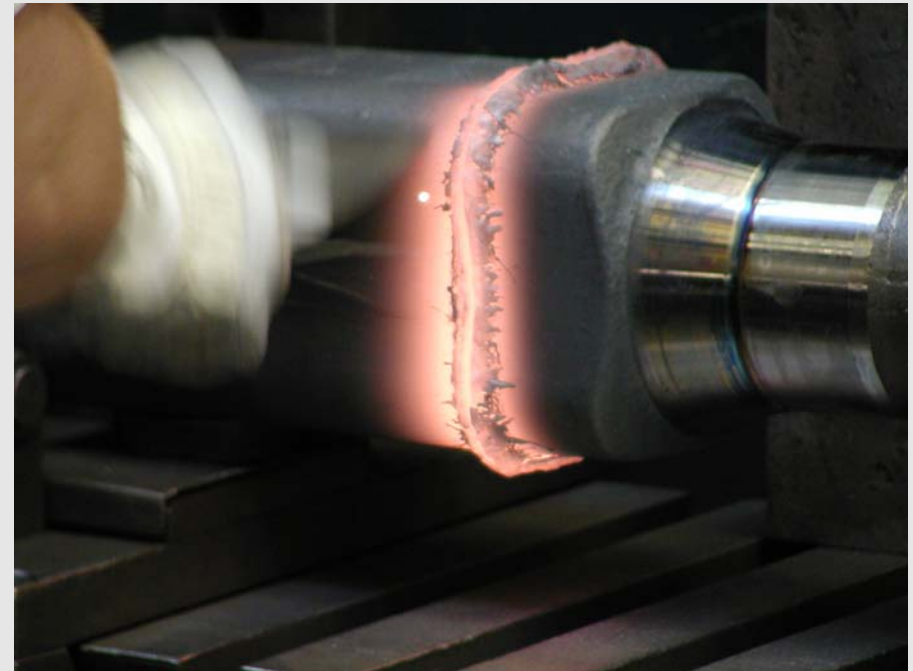


An der dünnsten Stelle beträgt die Wandstärke nur einige zehntel Millimeter!

Bei kleinen und mittleren Stückzahlen sowie wechselnden Querschnitten bietet die Elektronenstrahltechnik eine saubere und preiswerte Alternative...



Abbrennstumpfschweißmaschine beim Fügeprozess



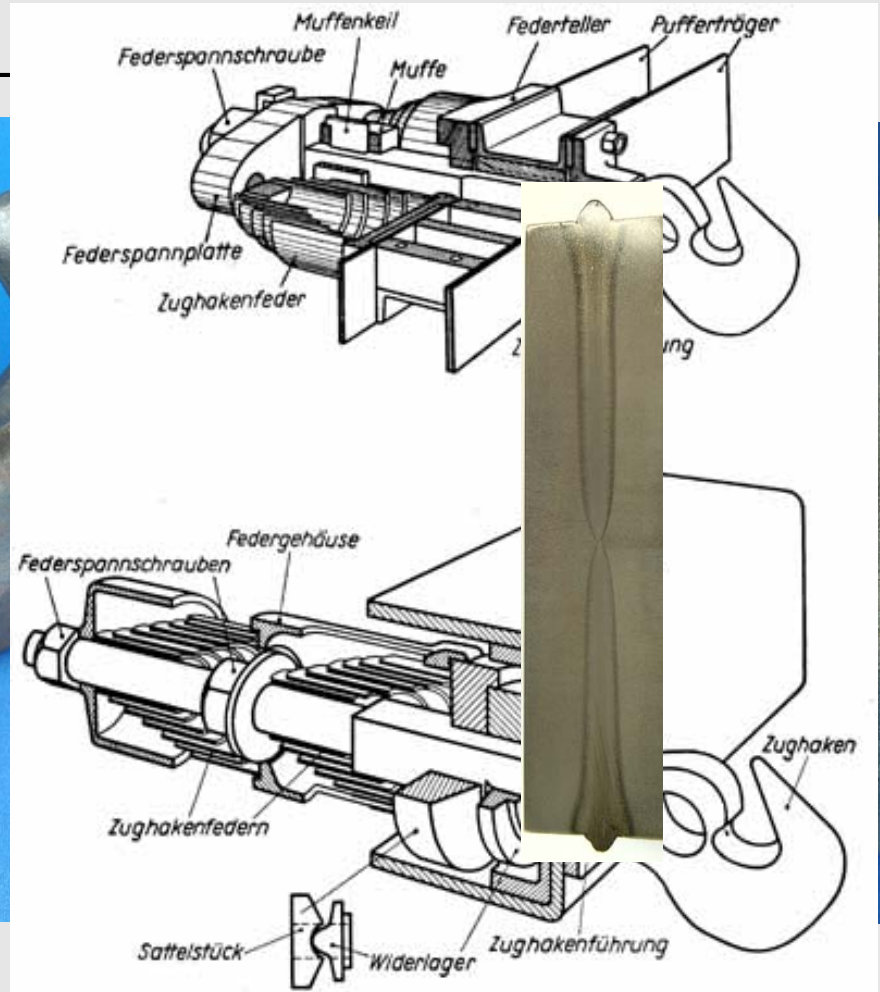
Typische Wulst unmittelbar nach dem Schweißen

Zughaken für DB Lokomotiven

Zughakenfertigung mittels Elektronenstrahlschweißen als Alternative zum bisher üblichen Abbrennstumpfschweißen...



ge L



V

Zusammenfassung

- Elektronenstrahlschweißen ist ein sicheres und erprobtes Verfahren im abnahmepflichtigen Bereich der Bahntechnik
- Einsatz flexibel möglich:
 1. zur Herstellung von Halbzeuge
 2. zum Fügen endbearbeiteter Einzelteile
 3. für hochwertige Reparaturen (auch an Fertigteilen!)

**Der Bekanntheitsgrad des Verfahrens
muss stark verbessert werden!**

Ausblick

- Das Anwendungsspektrum wird kontinuierlich ausgebaut, dafür sind wichtige Voraussetzungen:
 1. Weichen frühzeitig in der Konstruktion stellen
 2. Vorzüge konsequent ausnutzen

März 2007

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Poleposition in der
Elektronenstrahl-Technologie

pro beam