

GUSSTEILEINSTANDSETZUNG



THE ART OF PERFECTION

Reichle Technologiezentrum GmbH, Alte Weberei 6-8, 73266 Bissingen/Teck, www.reichle.de
Marina Reichle, Geschäftsführerin, marina-reichle@reichle.de, +49 7023 / 7483-60

1. Unternehmensvorstellung Reichle Technologiezentrum GmbH
2. Problemstellung Gießereibranche
3. Gussteileinstandsetzung mittels Laserschweißen
 - Technologie Laserschweißen / Unterschiede zu herkömmlichen Verfahren
 - Prozessablauf inkl. Nacharbeit und Darstellung vorher/nachher
 - Materialanalyse von lasergeschweißten Fehlstellen
 - Beispielhafte Darstellung der Wirtschaftlichkeit
4. Metallurgische Detailuntersuchung des Laserschweißens von Gusseisen am Beispiel eines PKW-ZKG
 - Anforderungen im Dickwandbereich und Herausforderungen insbesondere im Dünnwandbereich
 - Lösung der Problemstellungen

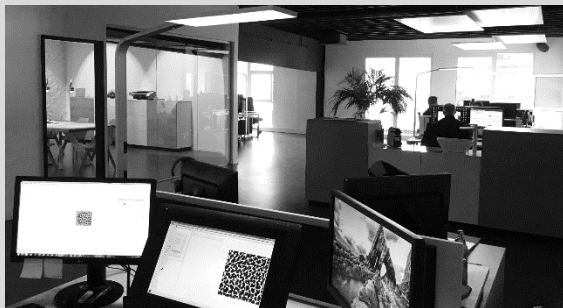


UNTERNEHMENSVORSTELLUNG |

Reichle Technologiezentrum GmbH



THE ART OF PERFECTION



Gründung: 1981
Gesellschaftsform: Familiengeführte GmbH
Umsatz: ca. 10 Mio. EUR
Mitarbeiter: ca. 80
Produktionsfläche: ca. 5.000 m²
UN-Wachstum: > 20 % p.a.
Kundenanzahl: weltweit > 1.000
Hauptsitz: Großraum Stuttgart
Jahreskapazität: mehr als 400.000 Gussteile p.a.
Kundenstruktur: 7 OEMs
4 Tier 1
9 Bearbeiter
44 Gießereien

Zu hohe Ausschussraten aufgrund von Poren, Lunker, Rissen, Undichtigkeiten, Schlagstellen, etc. führen zu:

- Hohe Ausschusskosten
- Kapazitäts- und Lieferengpässe
- Vernichtung eigens- und fremderbrachter Wertschöpfung
 - Rohguss
 - Erstbearbeitung / Erstschnitt
 - Mechanische Komplettbearbeitung
 - Imprägnieren / Beschichtung
 - Waschen
 - Montage inkl. Anbauteile
 - Transport
- Kostenintensive Nachproduktion
 - Sonderschichten
 - Lohnzuschläge
 - Blockieren von freier Maschinenkapazität für Neuaufträge
- Belastungsanzeigen seitens des jeweiligen Kunden

Volks-/ Betriebswirtschaftliche Daten

- Deutsche Gießereibranche leidet unter enormem Kostendruck
- Stark wachsender Wettbewerb aufgrund Globalisierung
- Hohe Kostenbelastung (bspw. Energie, Lohnkosten, etc.)
- Komplexität der Bauteilgeometrie steigt deutlich
 - ➔ höhere Gefahr von Ungängen

LÖSUNGSANSATZ: LASERSCHWEIßEN VON GUSSTEILEN III

- Laserschweißen inkl. Schweißzusatzwerkstoff sorgt für eine homogene und dauerhaft starke Gefügeverbindung
- Laserschweißen insbesondere interessant für fertig bearbeitete Gussteile
- I.d.R. gelten Schweißverbote an fertig bearbeiteten Gussteilen für herkömmliche Schweißverfahren (bspw. WIG, MAG, E, etc.) aber **NICHT** für das Laserschweißen → nahezu **KEINE** Wärmeeinflusszone
- Durch speziell ausgebildete Oberflächentechniker können Fehlstellen maßgetreu nachgearbeitet werden
→ keine erneute mechanische Bearbeitung notwendig
- Bauteile sind optisch und mechanisch nicht/kaum von nicht geschweißten Bauteilen zu unterscheiden
- Ersetzt teilweise bereits herkömmliches „Kitten“
- Nahezu alle Legierungen in allen Gießverfahren schweißbar



LÖSUNGSANSATZ: LASERSCHWEIßEN VON GUSSTEILEN III

Technologie Laserschweißen

REICHLÉ
TECHNOLOGIEZENTRUM

THE ART OF PERFECTION

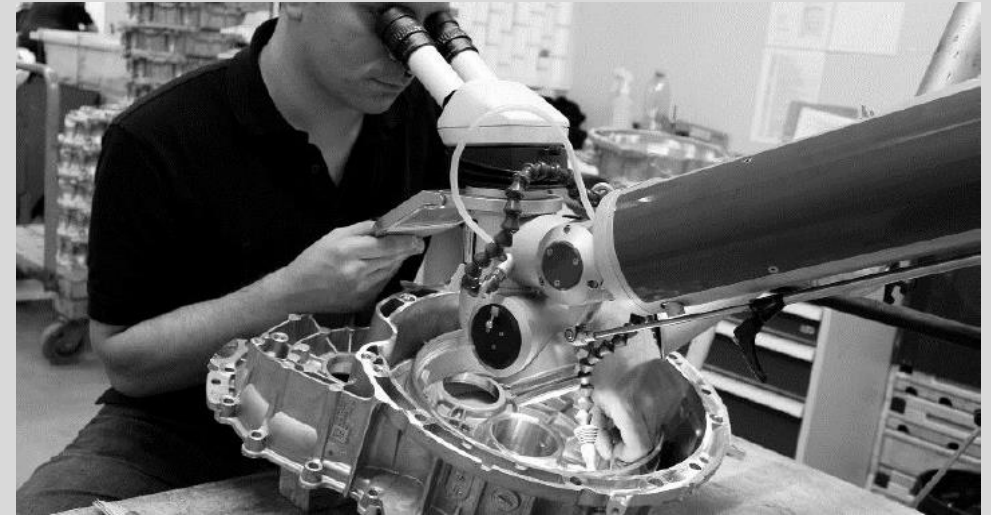
Lasertyp: Nd:YAG gepulst (Wellenlänge 1064 nm)

Pulsdauer: 0,5 –20 ms

Leistung: 300 –500 Watt

Vorteile

- Sehr geringe Wärmeeinflusszone (< 0,1 mm)
- Nahezu keine Beeinflussung von mechanischen Kennwerten
- Kein Wärmeverzug am fertig bearbeiteten Bauteil
→ kein Aufwärmen des Bauteils notwendig
- Perfekte Gefügeverbindung
- Sehr filigraner Materialauftrag möglich
- Große Vielfalt an Schweißzusatzwerkstoffen einsetzbar



Vorteile des Verfahrens

- Starke Reduzierung der Ausschusskosten um bis zu 95%
- Keine kostenintensiven Sonder- oder Zusatzschichten mehr notwendig
- Keine Vernichtung mehr von eigens- oder fremderbrachter Wertschöpfung
→ Nachhaltigkeit
- Deutliche Steigerung der Renditesituation
- Keine erneute mechanische Bearbeitung notwendig
- Perfekte Gefügeverbindung ohne technische Einbußen
- Aufrechterhaltung der Lieferfähigkeit gegenüber Endkunden
- Mittelfristige Reduzierung der Lagerbestände
- Steigende Kundenzufriedenheit
- Freilegung von Maschinenkapazitäten für Neuaufträge
- Zunehmende Prozesssicherheit

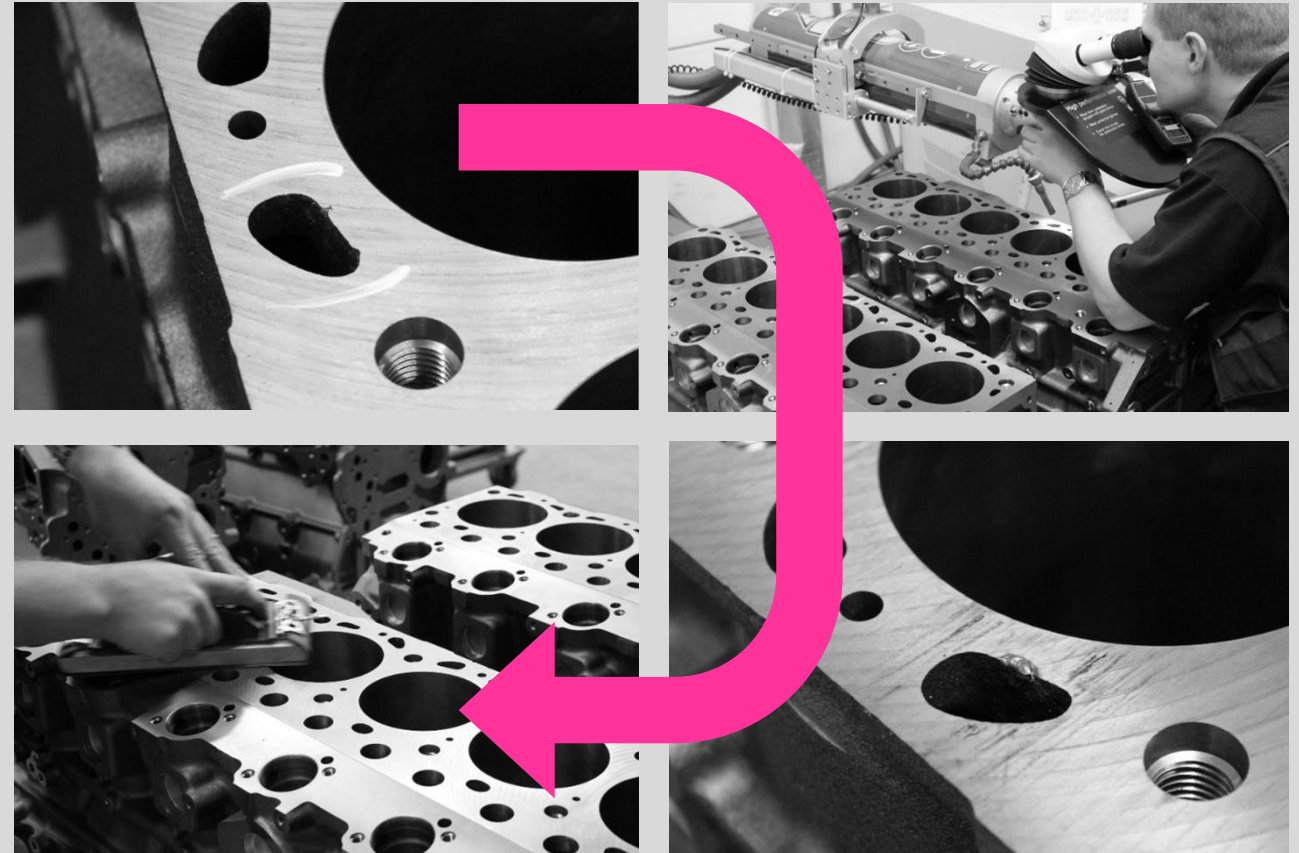
LÖSUNGSANSATZ: LASERSCHWEIßEN VON GUSSTEILEN III

Prozessablauf am Beispiel 6-Zylinder-ZKG LKW

REICHLÉ
TECHNOLOGIEZENTRUM

THE ART OF PERFECTION

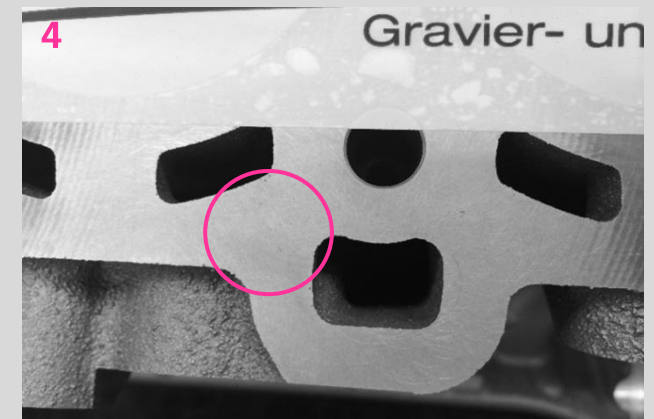
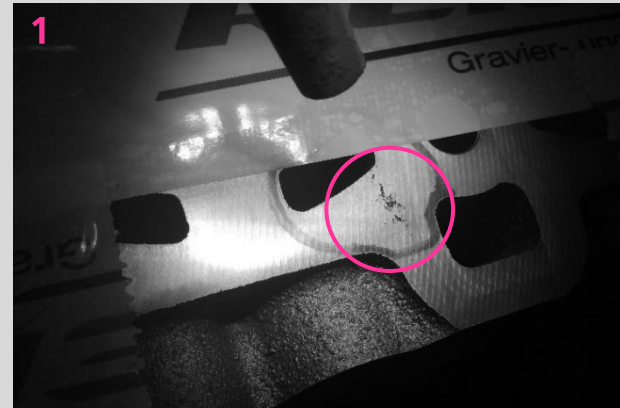
1. Anlieferzustand Ausschussbauteil (bspw. Materialausbruch am Wasserloch)
2. Ausschleifen der Fehlstelle
3. Durchführen einer speziellen Schweißnahtvorbereitung
4. Laserschweißen der Fehlstelle inkl. Schweißzusatzwerkstoff mit Aufmaß
5. Nacharbeit der Schweißstelle inkl. zeichnungskonformer Oberflächenanforderungen (Ra, Rz, etc.)



LÖSUNGSANSATZ: LASERSCHWEIßEN VON GUSSTEILEN III

Vorher / Nachher 8-Zylinder-ZKG PKW

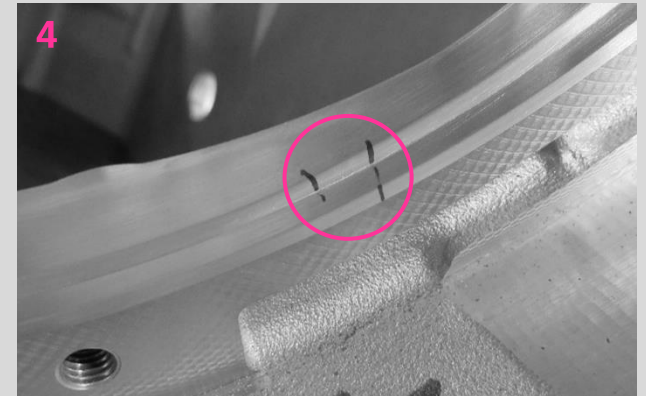
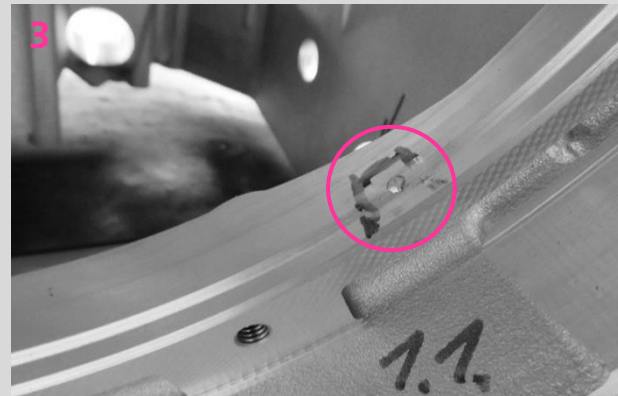
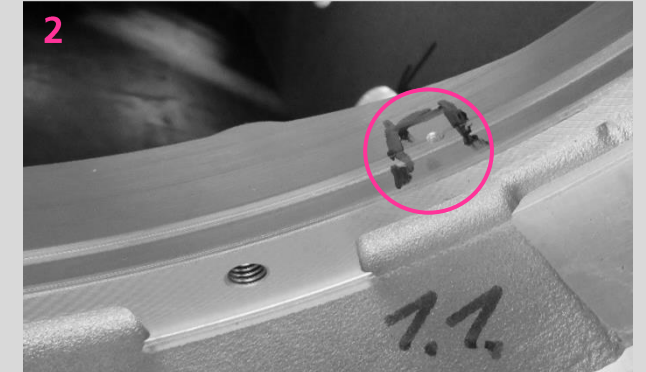
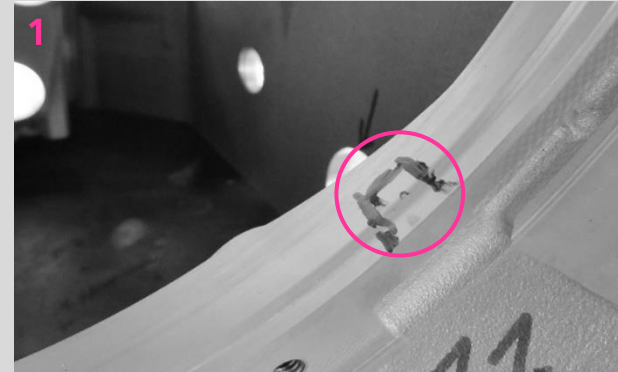
1. 2 cm² großes Porennest auf Top-Deck
2. Mechanisches Ausarbeiten des Porennests
3. Lasergeschweißte Fehlstelle mit Aufmaß ca. 0,7 mm
4. Speziell nachgearbeitete Schweißstelle inkl. identischer Ra-, Rz- und Ebenheitswerte



LÖSUNGSANSATZ: LASERSCHWEIßEN VON GUSSTEILEN III

Vorher / Nachher Getriebegehäuse

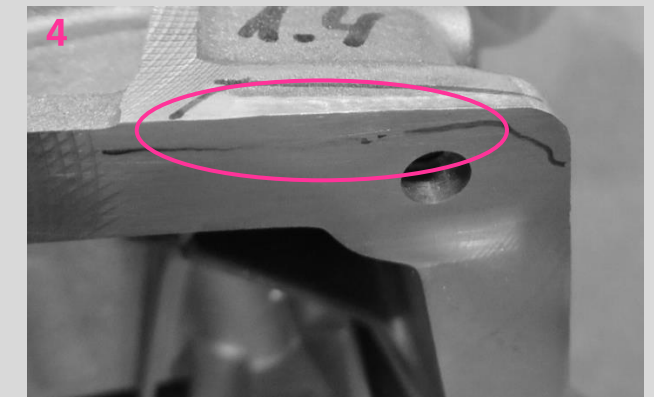
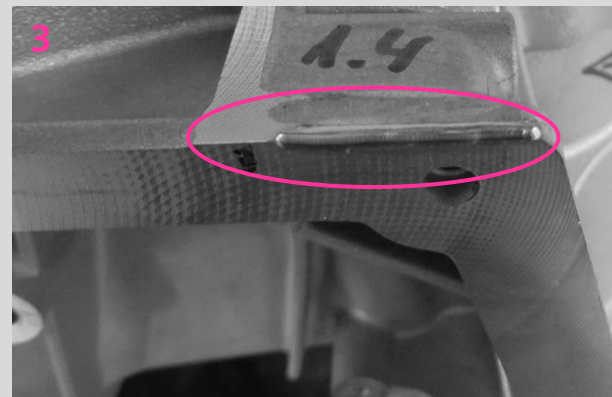
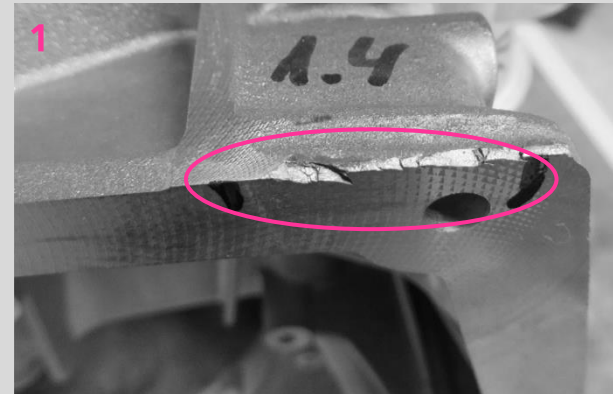
1. 2 mm große Pore direkt auf Phasenübergang
2. Ausarbeitung der Pore aus Bauteil
3. Lasergeschweißte Fehlstelle mit Aufmaß ca. 0,3 mm
4. Speziell nachgearbeitete Schweißstelle



LÖSUNGSANSATZ: LASERSCHWEIßEN VON GUSSTEILEN III

Vorher / Nachher Getriebegehäuse

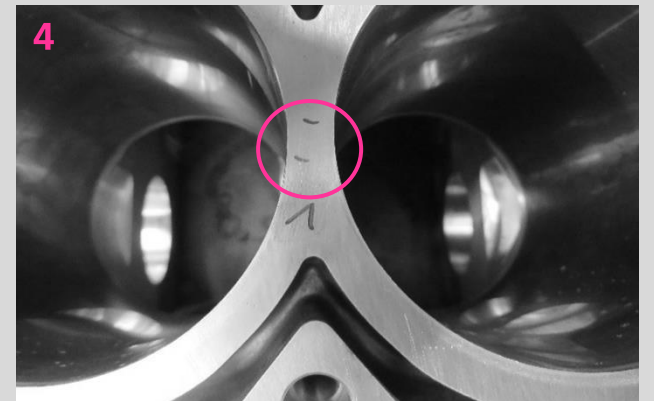
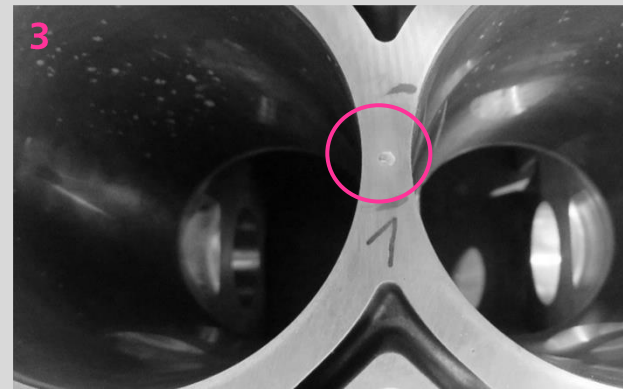
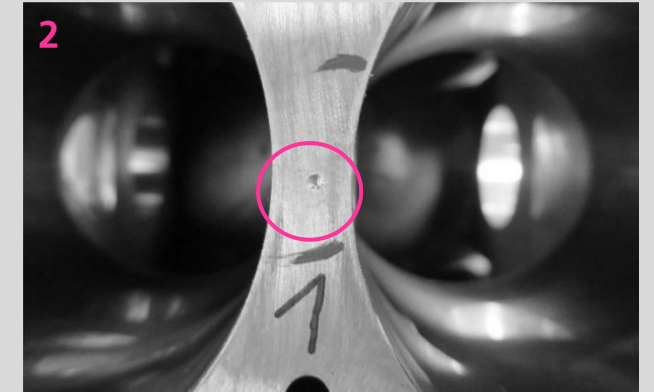
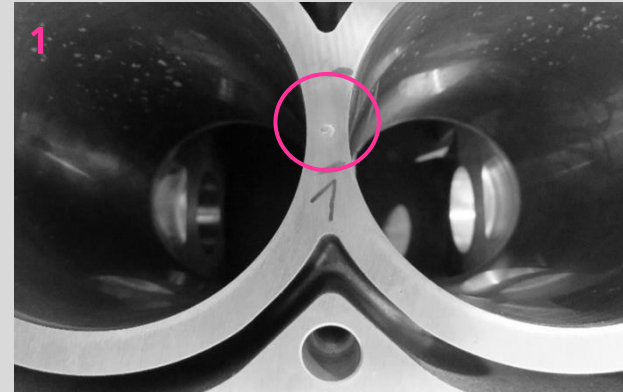
1. Stark beschädigte Kante (Schlagstelle)
2. Formgeometrisches Auffräsen der Fehlstelle
3. Lasergeschweißte Fehlstelle mit Aufmaß
4. Speziell nachgearbeitete Schweißstelle



LÖSUNGSANSATZ: LASERSCHWEIßEN VON GUSSTEILEN III

Vorher / Nachher Zylinderkurbelgehäuse

1. 3 mm große Pore auf dem Steg zwischen den Zylinderbohrungen
2. Formgeometrisches Ausschleifen der Pore
3. Lasergeschweißte Fehlstelle mit Aufmaß
4. Speziell nachgearbeitete Schweißstelle



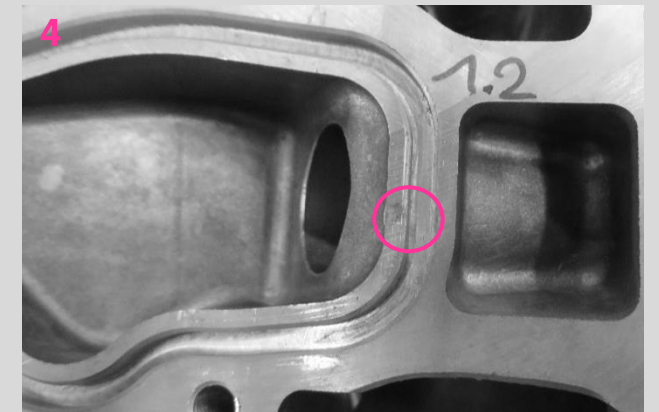
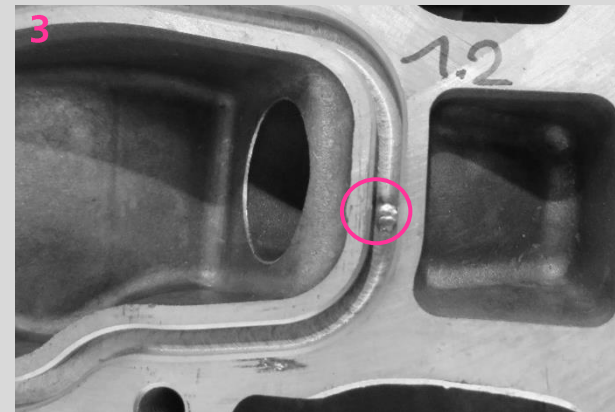
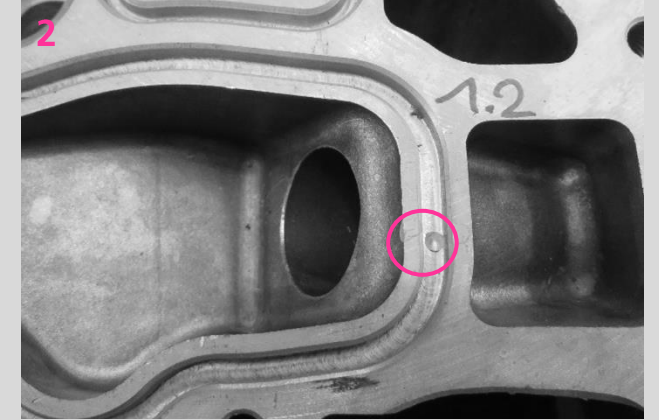
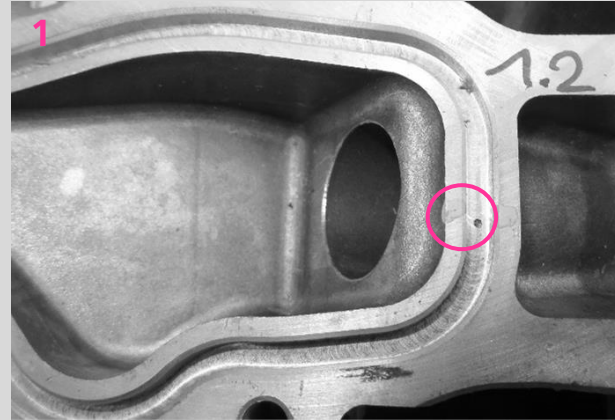
LÖSUNGSANSATZ: LASERSCHWEIßEN VON GUSSTEILEN III

Vorher / Nachher Lagertraverse

REICHLÉ
TECHNOLOGIEZENTRUM

THE ART OF PERFECTION

1. 1,5 mm große Pore in Dichtnut
2. Formgeometrisches Ausfräsen der Pore
3. Lasergeschweißte Fehlstelle mit Aufmaß
4. Speziell nachgearbeitete Schweißstelle



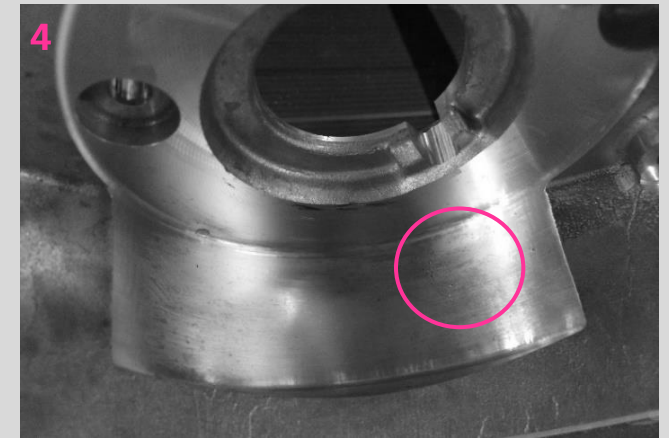
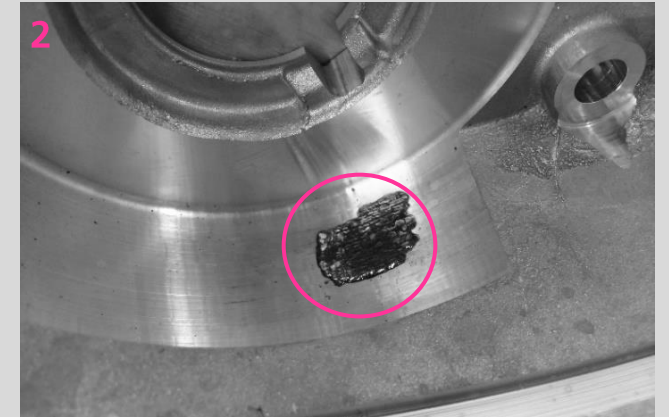
LÖSUNGSANSATZ: LASERSCHWEIßEN VON GUSSTEILEN III

Vorher / Nachher Kupplungsgehäuse

REICHLÉ
TECHNOLOGIEZENTRUM

THE ART OF PERFECTION

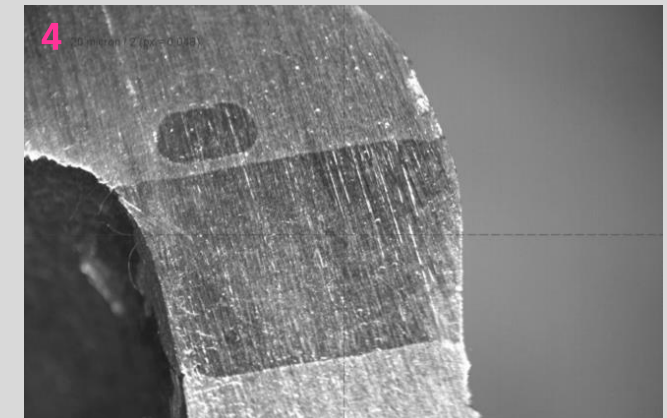
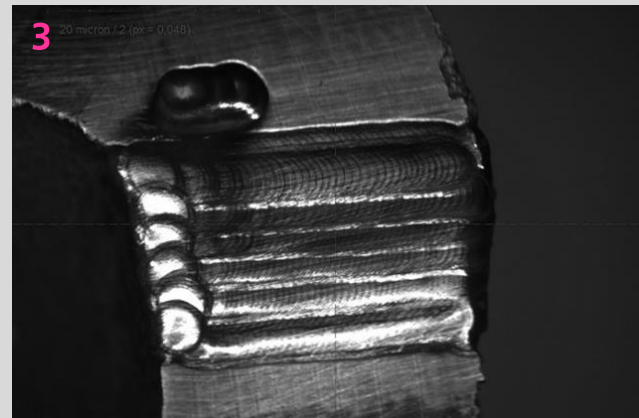
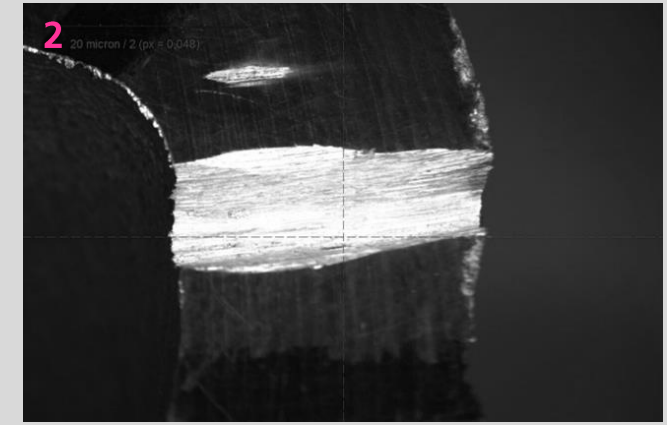
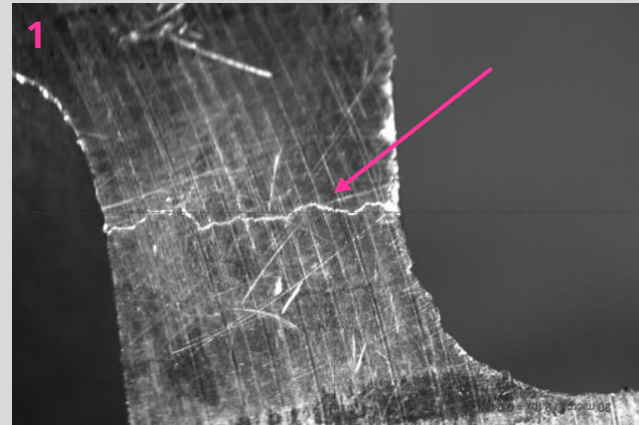
1. 4 cm² großes Porennest
2. Lasergeschweißte Fehlstelle mit Aufmaß
3. Nacharbeit der Fehlstelle
4. Speziell nachgearbeitete Schweißstelle



LÖSUNGSANSATZ: LASERSCHWEIßEN VON GUSSTEILEN III

Vorher / Nachher Zylinderkopf

1. 3 mm tiefer, durchgehender Riss
2. Ausfräsen des Risses
3. Lasergeschweißter Riss mit Aufmaß
4. Speziell nachgearbeitete Schweißstelle



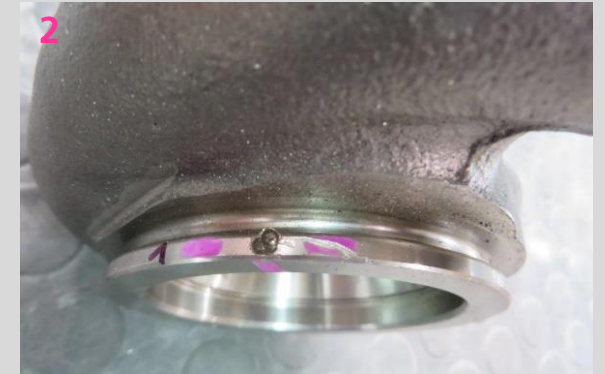
LÖSUNGSANSATZ: LASERSCHWEIßEN VON GUSSTEILEN III

Vorher / Nachher Turbinengehäuse

1. Poröses Turbinengehäuse im Anlieferzustand
2. Ausschleifen der Pore mit einem Kugelfräser
3. Durchführung einer speziellen Schweißnahtvorbereitung und anschließendes Laserschweißen inkl. freigegebener Schweißzusatzwerkstoff
4. Nacharbeit der Schweißstelle inkl. zeichnungskonformer Oberflächenanforderungen

Werkstoff:

1.4848



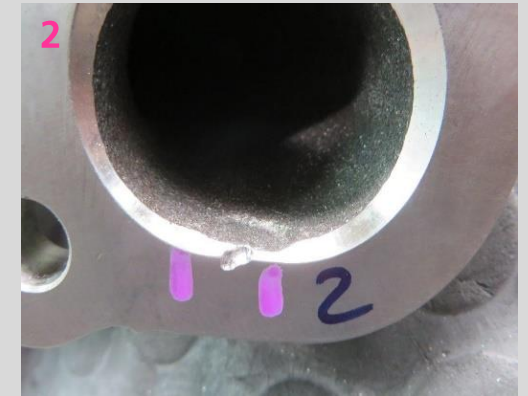
LÖSUNGSANSATZ: LASERSCHWEIßEN VON GUSSTEILEN III

Vorher / Nachher Turbinengehäuse

1. Poröses Turbinengehäuse im Anlieferzustand
2. Ausschleifen der Pore mit einem Kugelfräser
3. Durchführung einer speziellen Schweißnahtvorbereitung und anschließendes Laserschweißen inkl. freigegebener Schweißzusatzwerkstoff
4. Nacharbeit der Schweißstelle inkl. zeichnungskonformer Oberflächenanforderungen

Werkstoff:

1.4848



LÖSUNGSANSATZ: LASERSCHWEIßEN VON GUSSTEILEN III

Vorher / Nachher Turbinengehäuse

1. Poröses Turbinengehäuse im Anlieferzustand
2. Ausschleifen der Pore mit einem Kugelfräser
3. Durchführung einer speziellen Schweißnahtvorbereitung und anschließendes Laserschweißen inkl. freigegebener Schweißzusatzwerkstoff
4. Nacharbeit der Schweißstelle inkl. zeichnungskonformer Oberflächenanforderungen

Werkstoff:

1.4848



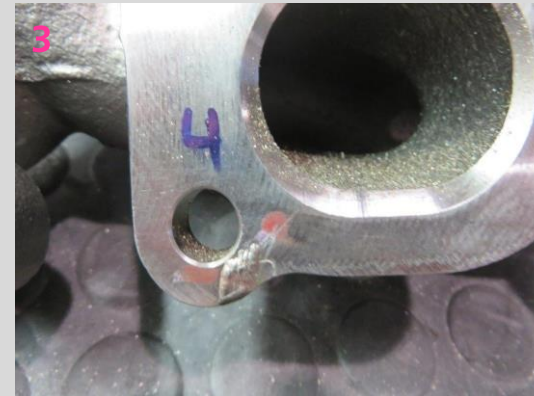
LÖSUNGSANSATZ: LASERSCHWEIßEN VON GUSSTEILEN III

Vorher / Nachher Turbinengehäuse

1. Poröses Turbinengehäuse im Anlieferzustand
2. Ausschleifen der Pore mit einem Kugelfräser
3. Durchführung einer speziellen Schweißnahtvorbereitung und anschließendes Laserschweißen inkl. freigegebener Schweißzusatzwerkstoff
4. Nacharbeit der Schweißstelle inkl. zeichnungskonformer Oberflächenanforderungen

Werkstoff:

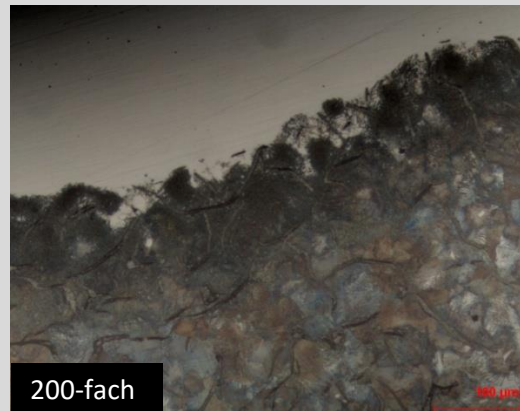
1.4848



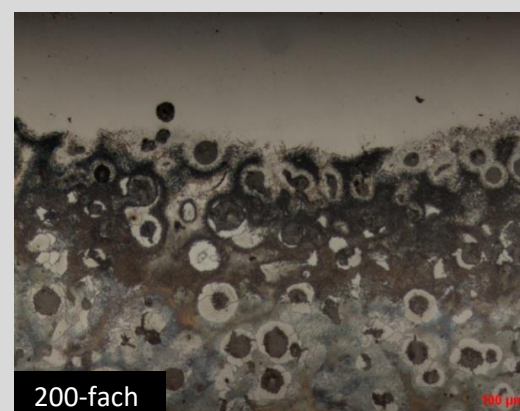
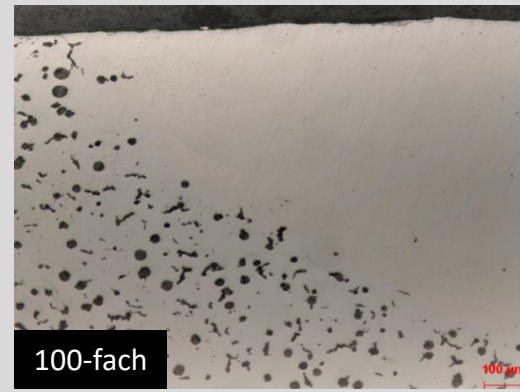
LÖSUNGSANSATZ: LASERSCHWEIßEN VON GUSSTEILEN III

Gefügeverbinding

Bauteil: ZKG (LKW)
Legierung: GG



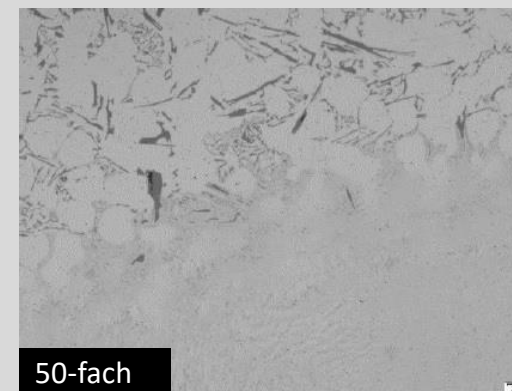
Bauteil: ZK (LKW)
Legierung: GJV



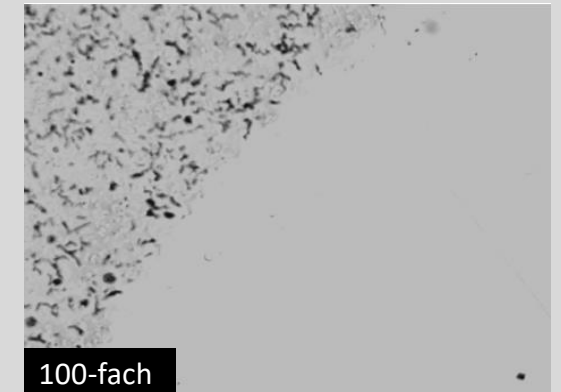
Bauteil: ZKH (PKW)
Legierung: AlSi10Mg



Härteeindruck	HV 0,3	Prüfbereich
1	114,5	Schweißnaht
2	106,0	Schweißnaht
3	101,1	Übergang
4	102,8	
5	105,2	



Bauteil: Abgaskrümmen
Legierung: SiMo



Beispielhaftes Einsparpotential

Zylinderkopfhaube Aluminium

26,00 EUR	Bauteilwert (Guss, Bearbeitung, ggf. Imprägnieren, etc.)
./. 8,00 EUR	Kosten Gussteileinstandsetzung (2 Fehlstellen/Bauteil)
./. <u>2,00 EUR</u>	<u>Transport- und Handlingskosten</u>

16,00 EUR Einsparung pro Ausschussbauteil → Produktionsmenge 2,2 Mio. Stk. p.a.
→ Rettbare Ausschussrate ca. 4% (88.000 Stk. p.a.)
→ **ca. 1,4 Mio. EUR Einsparung p.a.**

6-Zylinderkurbelgehäuse LKW GJV

2.600,00 EUR	Bauteilwert (Guss, Bearbeitung, Transport, etc.)
./. 100,00 EUR	Kosten Gussteileinstandsetzung (2 Porennester/Bauteil)
./. <u>50,00 EUR</u>	<u>Transport- und Handlingskosten</u>

2.450,00 EUR Einsparung pro Ausschussbauteil → Produktionsmenge 60.000 Stk. p.a.
→ Rettbare Ausschussrate ca. 7% (ca. 4.200 Stk. p.a.)
→ **ca. 10,3 Mio. EUR Einsparung p.a.**

Gusseisenwerkstoffe erstarren nach

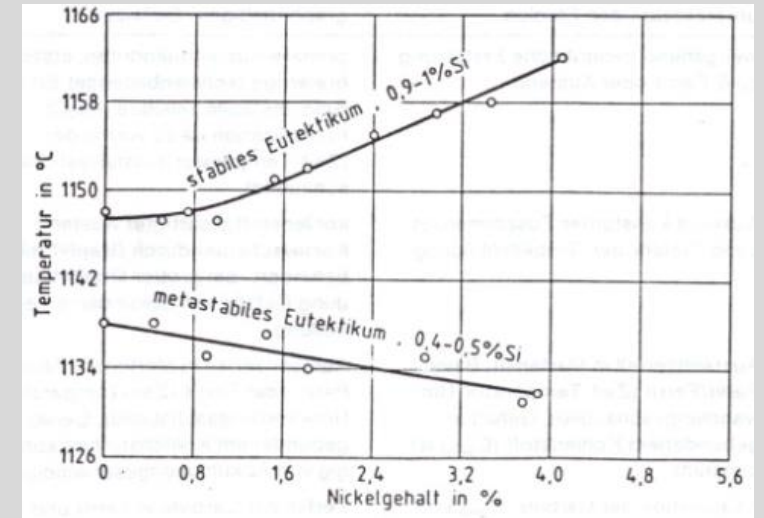
Gleichgewicht			
Art	Phasen	eutektische Temperatur °C	Temperatur-Differenz °C
Stabil (grau)	Austenit - Graphit	1153	6
Metastabil (weiß)	Austenit - Zementit (Fe ₃ C)	1147	

Ziel: Stabile Erstarrung
 → Erhöhung der Temperaturdifferenz durch Legierungselemente wie Si, Cu, Ni, Al

Für das Kaltschweißen wird ein Schweißzusatzwerkstoff auf Nickelbasis verwendet

- Höhere Gehalte an Nickel verursachen **keine** Versprödung im Schweißgut
- Ausbildung eines austenitischen Schweißguts mit hoher Festigkeit und Duktilität [1]

Nickelgehalt in Abhängigkeit von der Temperatur



Richtanalyse
Schweißzusatzwerkstoff

Ni41

C	0,1
Mn	3,5
Ni	55,0
Fe	Rest

Erstarrung

- Zwischen austenitischem Schweißgut und dem ferritischen/perlitischen Grundwerkstoff entsteht ein Übergangsgefüge
- Vermeidung von Ledeburit

Einflussgrößen

- Wärmeeinbringung und somit die Temperatur des Grundwerkstoffes
- In Bereichen hoher Aufmischung (6-30% Nickelanteil) → Nickelmartensit

Eigenschaften des Nickelmartensits

- Aufgrund seiner niedrigen Gehalte an gelöstem Kohlenstoff relativ weich → unschädlich
- Härte im Nickelmartensit: 400-500 HV

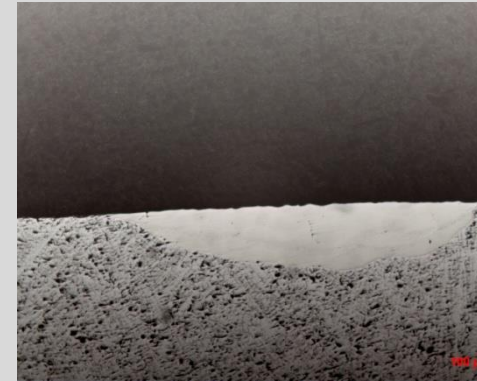
Gefüge in der Wärmeeinflusszone (WEZ) des Grundwerkstoffs

- Abhängig von der Wärmeeinbringung und Geometrie (Abkühlgeschwindigkeit)



Geschweißte Fehlstelle Wandstärke ca. 12 mm

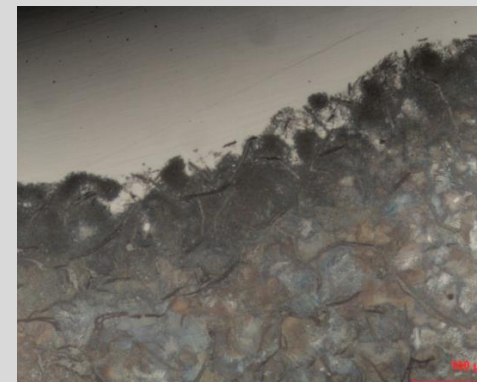
- Schweißgut mit guter Anbindung an den Grundwerkstoff
- Oberfläche der Schweißung ist ohne sichtbare Risse
- Minimale Wärmeeinflusszone
- Geringe Martensitbildung (Nickelmartensit)



Schliffbild ungeätzt, V 16



Schliffbild ungeätzt, V 100



Schliffbild geätzt, V 200



Schliffbild geätzt, V 500,
Martensitbildung



Geschweißte Fehlstelle Wandstärke ca. 3,5 mm

- Schweißgut mit guter Anbindung an den Grundwerkstoff
- Oberfläche der Schweißung ist ohne sichtbare Risse
- Minimale Wärmeeinflusszone
- Geringe Martensitbildung (Nickelmartensit)



Schliffbild ungeätzt, V 16



Schliffbild ungeätzt, V 100



Schliffbild geätzt, V 200



Schliffbild geätzt, V 500,
Martensitbildung



THE ART OF PERFECTION

www.reichle.de

Reichle Technologiezentrum GmbH | Alte Weberei 6-8 | 73266 Bissingen/Teck | Deutschland