

Technologien bei der Reparatur von Fahrzeugen in Aluminiumintegralbauweise

Dipl.Ing. Gert Kammerhofer



Technologien bei der Reparatur von Fahrzeugen in Aluminiumintegralbauweise

- **Einsatzdauer:** 10 – 20 Jahre, Fahrzeuge in Aluminium in Integralbauweise
Differentialbauweise werden immer weniger.
- **Anforderungen an die Verfügbarkeit:** sehr hoch, da das Verkehrsaufkommen im öffentlichen Verkehr immer größer wird
- **Stetig ansteigende Anzahl der Passagiere**
- **Kilometerleistung:** die Züge erreichen oder überschreiten durch die hohen Einsatzleistungen die Kilometerleistung der Spezifikationen

Schadensursachen

- Unfallbedingte Schäden
- Betriebsfestigkeitsschaden
- Korrosion
- Brandschäden
- Auf Produktionsfehler zurückzuführende Schäden
- Im Betriebseinsatz entstehende Schäden(z.B.: Steinschlag, Stromschlag etc.)

Bedingungen beim Reparieren von Fahrzeugen in Integralbauweise

- Verbindung der inneren Rippen des Profils
- Verwendung von Modulen
- Schnittführung so wählen, um der gewählten Verbindungstechnologie gerecht zu werden.

Reparaturvorbereitungen

➤ Identifizierung des Schadens

- Feststellung des Schadbildes (Riss, bzw. geschädigter Bereich)
- Feststellung des Rißverlaufes und des Rißendes
- Verformungszustand des Fahrzeuges
 - Globale Verformung : entscheidet über Möglichkeit einer Reparatur
 - Lokale Verformung : Entscheidet über den zu ersetzten Bereich

Reparaturvorbereitungen

- Statische und dynamische Berechnung :
 - zur Feststellung des Spannungsniveaus im geschädigten Bereich
 - Definition des herauszutrennenden Bereiches

- Materialtechnologische Untersuchungen:
 - Ursachen der Ribbildung
 - Materialzustand
 - Materialtechnologische Veränderungen (durch Hitzeeinwirkung bei Brand)

Reparaturvorbereitungen

➤ **Entwicklung eines Reparaturkonzeptes**

- Erstellen der Konstruktionsunterlagen
- Erstellen des statischen und dynamischen Nachweises
- Erarbeitung des benötigten Vorrichtungskonzeptes
- Analyse der vorhandenen Profile

Reparaturvorbereitungen

Analyse der benötigten und vorhandenen Profile

- Vorhandene Profile
- In welchen Längen sind sie vorhanden:
 - Abschätzung der optimalen Ablängung der benötigten Länge zur Gesamtlänge
 - Aufteilungsmöglichkeit
- Zustand der Wärmebehandlung (T4, T6)

Reparaturvorbereitungen

➤ **Feststellen der eingesetzten Aluminiumlegierung**

- Verwendung von Ersatzteilen entsprechend der eingesetzten Aluminiumlegierung
- Festlegung der Schweißvorgaben
- Beurteilung des Korrosionsverhalten

Realisierung der Reparaturlösung

Konstruktive Ausarbeitung der Reparaturlösung

➤ Lage der Trennstellen:

- Spannungsarmen Bereich
- Gute Zugängigkeit für Schweißarbeiten
- Abgestimmt auf das Vorrichtungskonzept

➤ Ersetzen der geschädigten Teile Step by Step

- Nachteil: alle Schweißarbeiten am Wagenkasten

➤ Entwickeln von Reparaturmodulen

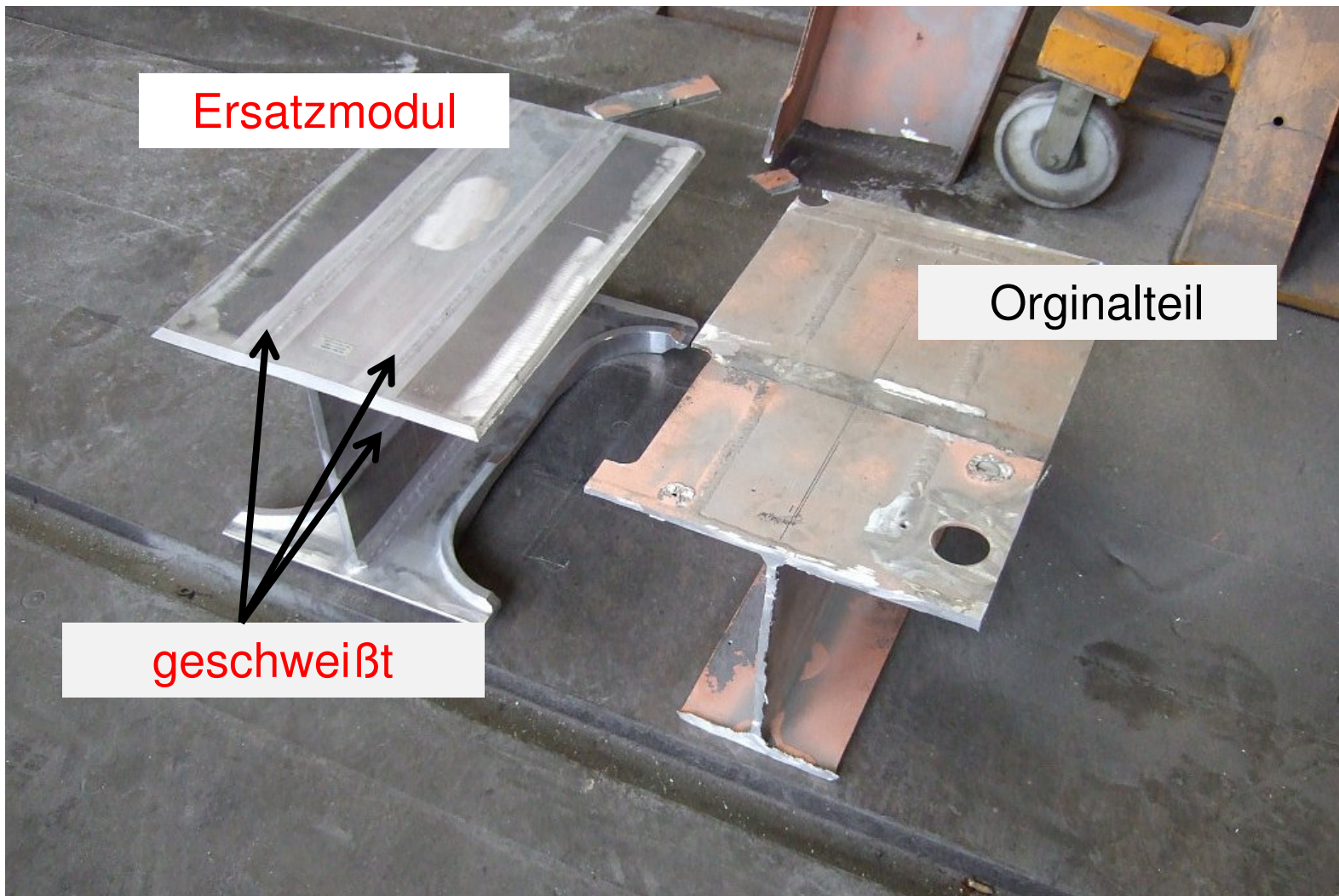
- Geschweißtes Modul
- Gefrästes Modul
- Ersatzteil mit Schraublösung

Realisierung der Reparaturlösung

Geschweißtes Modul

- Geometrische Abmessungen und Formen bedingen eine Schweißkonstruktion
- Festigkeitswerte können über Warmauslagerung erhöht werden
- Wärmeeinbringung in den Reparaturbereich auf ein Minimum reduziert
- Gute Zugänglichkeit für Schweißarbeiten

Realisierung der Reparaturlösung



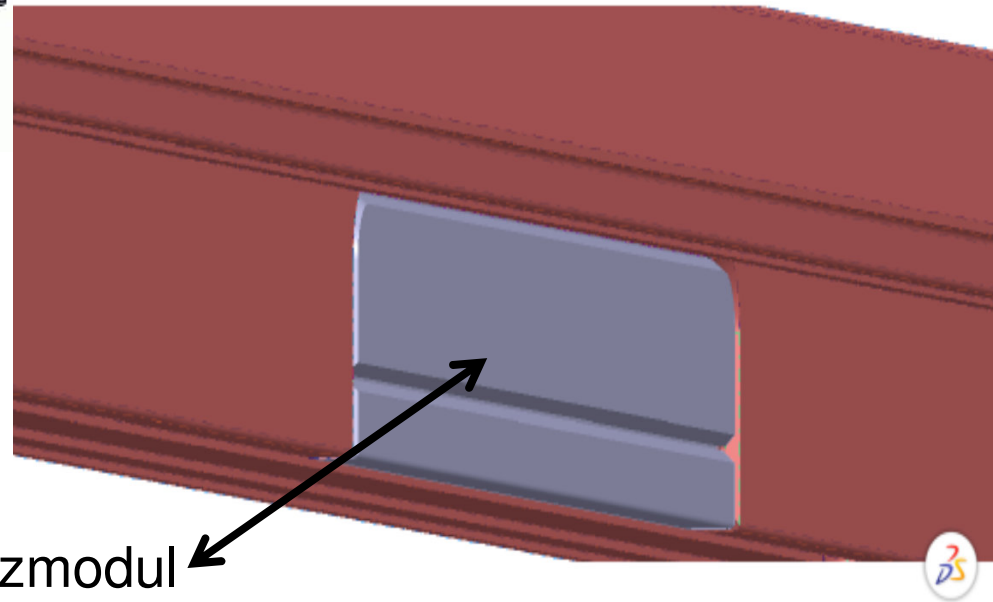
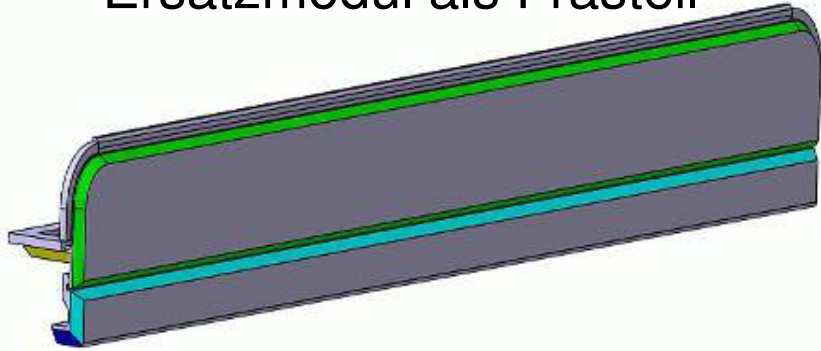
Realisierung der Reparaturlösung

Modul als Frästeil:

- Erforderliche Form aus Grundwerkstoff hergestellt
- Keine Schweißnähte im Ersatzteil
- Spannungsgerechte Gestaltung
- Schweißnähte nur zur Verbindung mit Grundstruktur
- Schweißbadsicherung an das Modul angefräst

Realisierung der Reparaturlösung

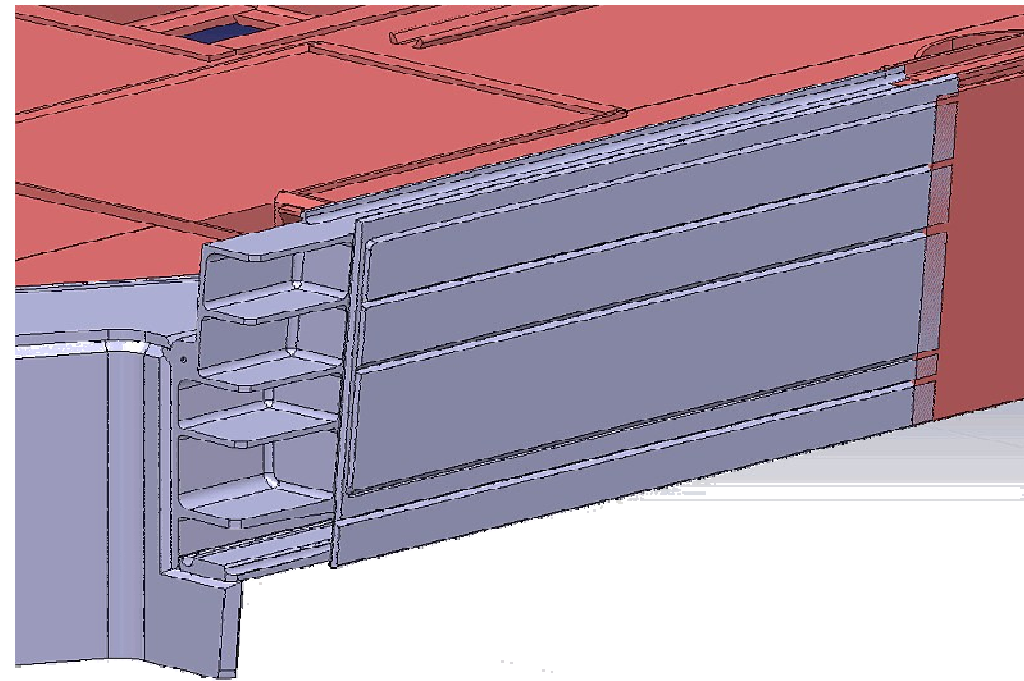
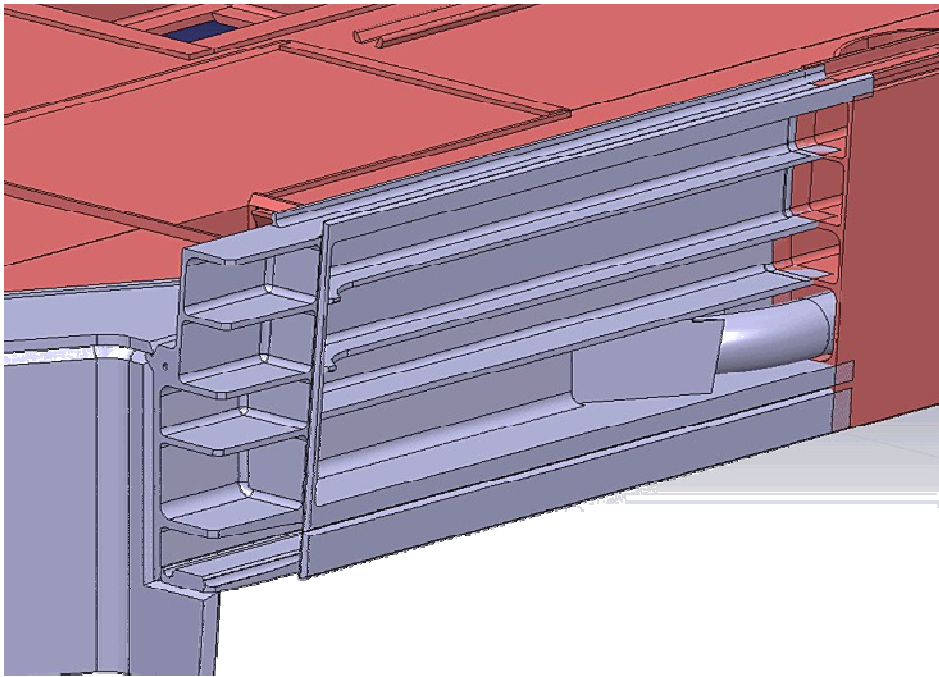
Ersatzmodul als Frästeil



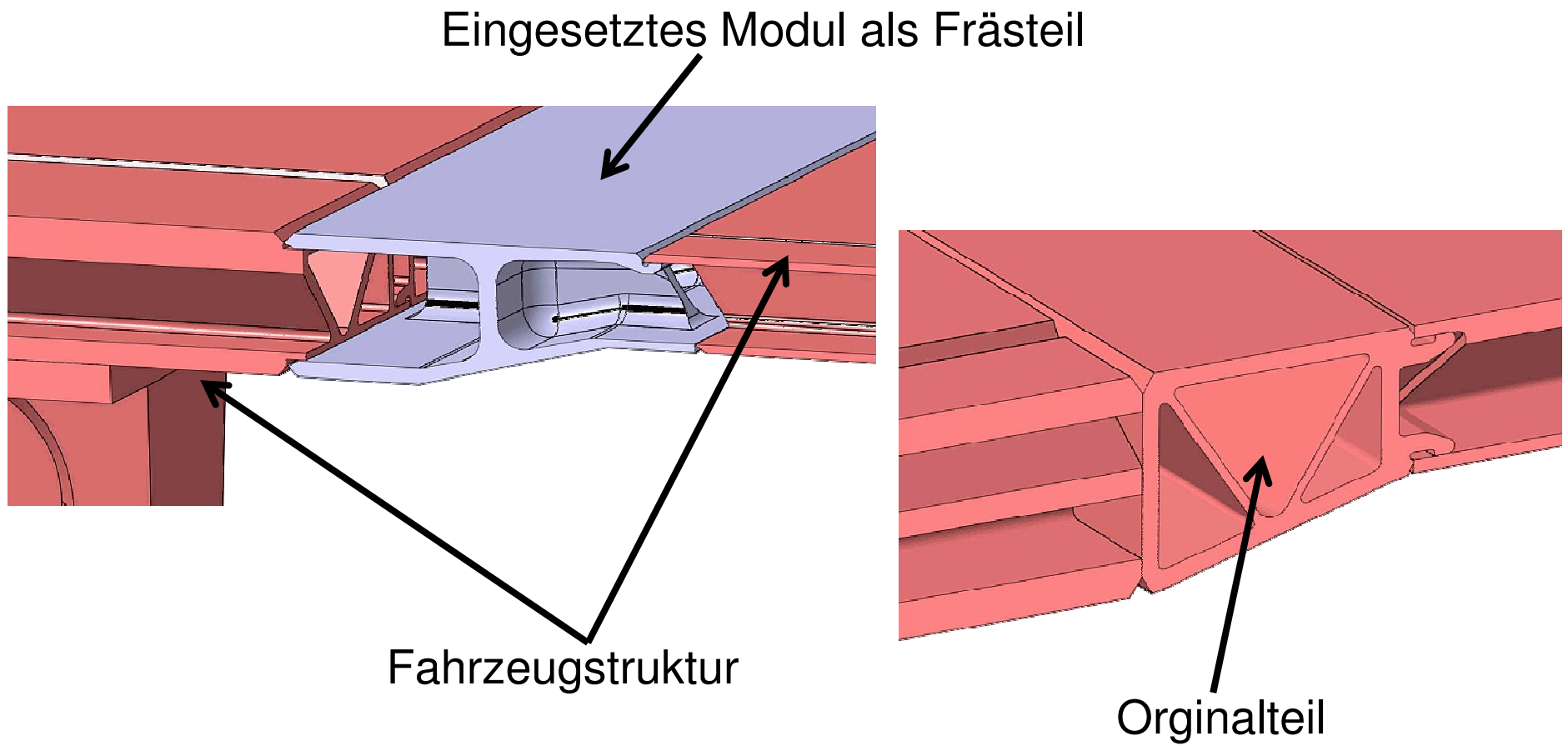
Eingesetztes Ersatzmodul
Bei einem Brandschaden

Realisierung der Reparaturlösung

- Ersetzen des geschädigten Langträgers durch einen Modul
- Die inneren Stege der Originalstruktur werden mit den inneren Stegen des Moduls voll verbunden
- Schweißnähte werden eingeebnet , um Hochspannungskabel einführen zu können
- Schweißverbindungen in der neutralen Faser



Realisierung der Reparaturlösung



Realisierung der Reparaturlösung

➤ Bedingungen an die Vorrichtung

- Hohe Steifigkeit zur Aufnahme der Kräfte infolge des Schrumpfungsprozesses
- Einstellmöglichkeiten zur Anpassung an die Fahrzeugstruktur
- Vorrichtung so gestalten, um großen Freiraum für Schweißer zu schaffen
- Leichte Handhabung

Realisierung der Reparaturlösung

Einsatz von Vorrichtungen

Globale Vorrichtung

- Spannungsarme Lagerung
- Einfluss der Schweißspannungen auf die Gesamtstruktur zu minimieren
- Bei Veränderung der Auflager geringe Spannungsänderung in der Gesamtstruktur

Realisierung der Reparaturlösung

Aussteifen des Fahrzeuges



Realisierung der Reparaturlösung

Spannungsarme Lagerung des Fahrzeuges



Realisierung der Reparaturlösung

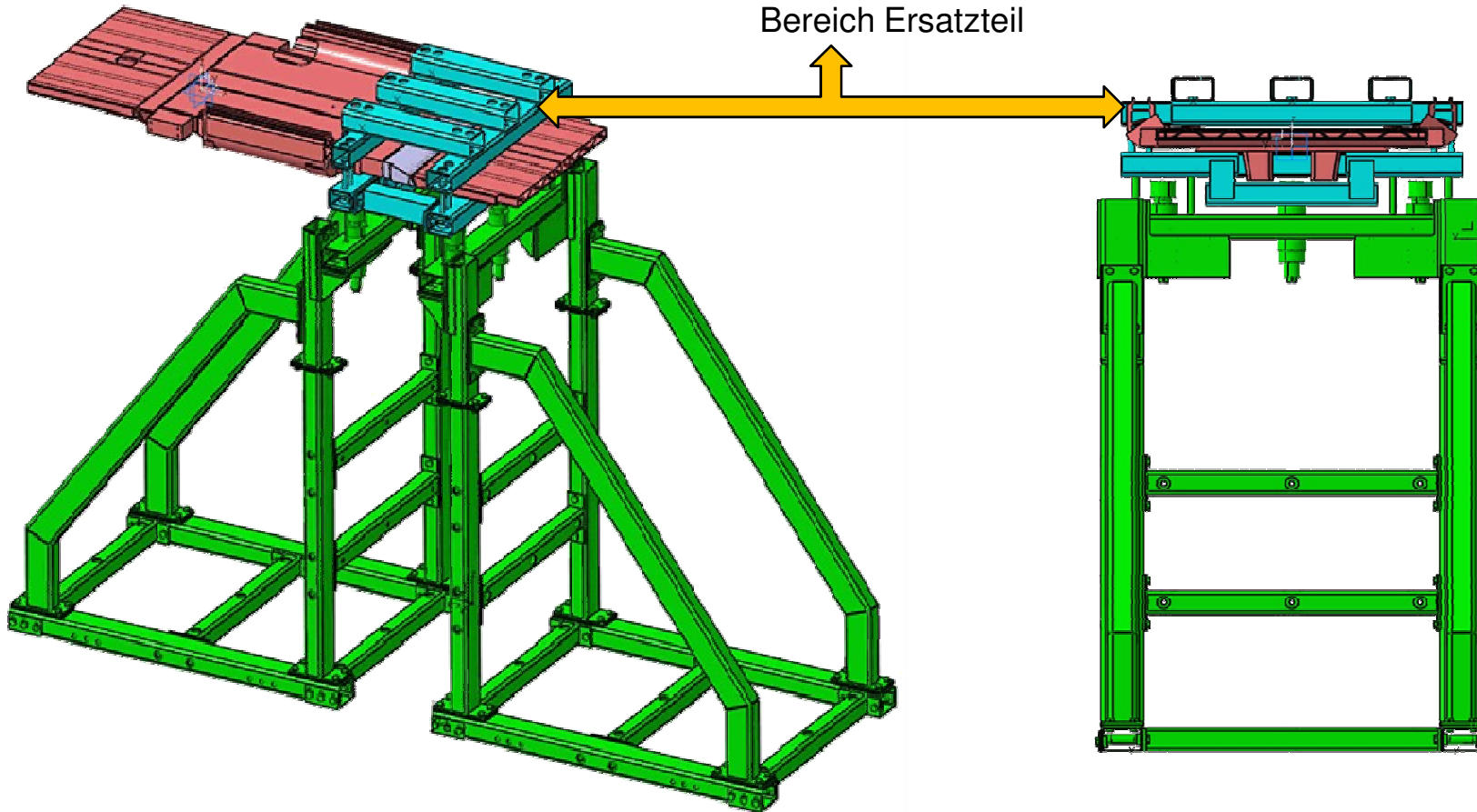
➤ **LOKALE VORRICHTUNG**

- Positionierung der Ersatzteile zur Gesamtstruktur
- Reduzierung der örtlichen Schweißspannungen
- Minimierung von lokalen Verformungen durch den Schweißverzug

Realisierung der Reparaturlösung

Lokale Vorrichtung mit Abspannung zum Boden

Lokale Abspannung
Bereich Ersatzteil



Realisierung der Reparaturlösung

Darstellung von
Platzverhältnissen
bei der Reparatur



Realisierung der Reparaturlösung

Schweißarbeiten

- Erstellen von Arbeitsproben unter möglichst realitätsnahen Bedingungen
- Genaues Einpassen des Ersatzmoduls
- Einhaltung der vorgegebenen Vorwärmtemperatur
- Überwachung der Vorwärmtemperatur während des Schweißens
- Achten auf Heißrißempfindlichkeit der eingesetzten Aluminiumlegierungen
bzw. Legierungspaarungen
- Geringe Wärmeeinbringung beim Schweißen

Realisierung der Reparaturlösung

Qualitätssichernde Massnahmen

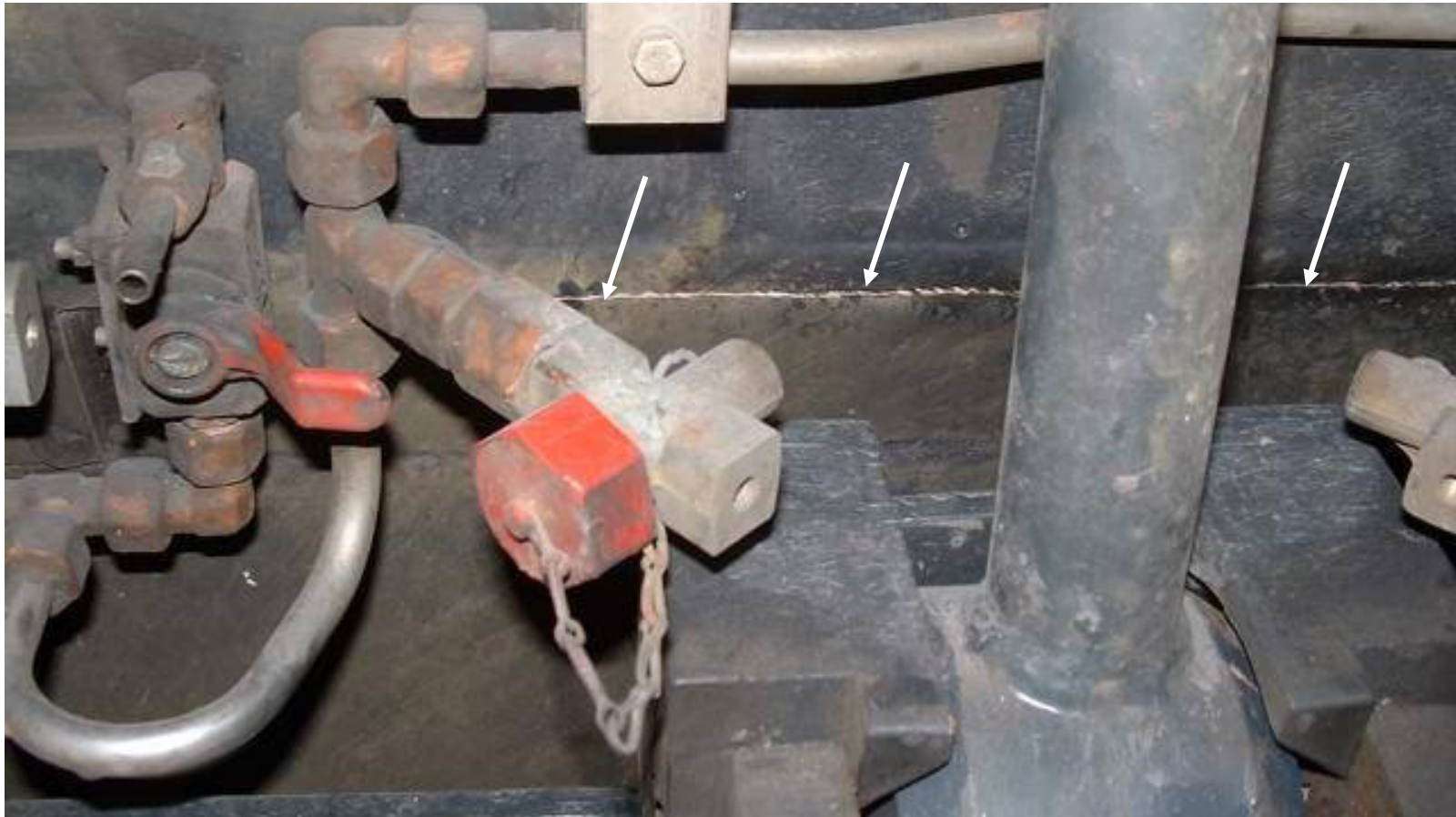
- Überwachung der Einhaltung von engen Einbautoleranzen
- Gute und großflächige Reinigung des Schweißbereiches von Schutz und Farbe
- PT - Prüfung der Wurzellage
- VT – und PT – Prüfung der fertiggestellten Schweißnaht
- Röntgen – bzw. Ultraschallprüfung, wenn möglich (bei Integralbauweise meistens nicht bzw. schlecht durchführbar)

Bilddokumentation von Reparaturarbeiten

- Reparatur eines Risses nach einem Unfall an einer Strassenbahnwagen
- Reparatur eines Materialschadens bei der S – Bahn München

1. Beispiel: Reparatur einer Straßenbahn nach einem Unfall

**Riss in der Schweißnaht: entdeckt nach einem Unfall;
Länge des Risses 2/3 der Schweißnahtlänge**



1.Beispiel: Reparatur einer Straßenbahn nach einem Unfall

Folgende Reparaturtechnologie wurde konsequent festgelegt

- Geschädigter Bereich wurde vollständig herausgetrennt und durch das Modul ersetzt.
- Das Fahrzeug konnte nicht in eine spannungsfreie Lage gebracht werden. Aus diesem Grunde wurde eine Vorrichtung entwickelt, um einen lokalen spannungsarmen Bereich herzustellen
- Herausschneiden des Bereiches mit dem Unfallschaden und Ersetzen diesen Bereiches durch den entwickelten Modul

1. Beispiel: Reparatur einer Straßenbahn nach einem Unfall



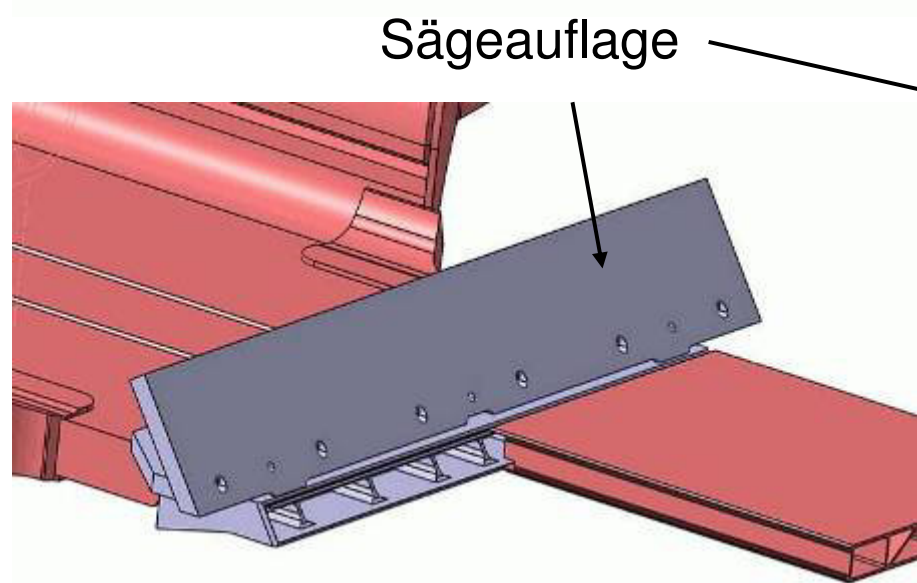
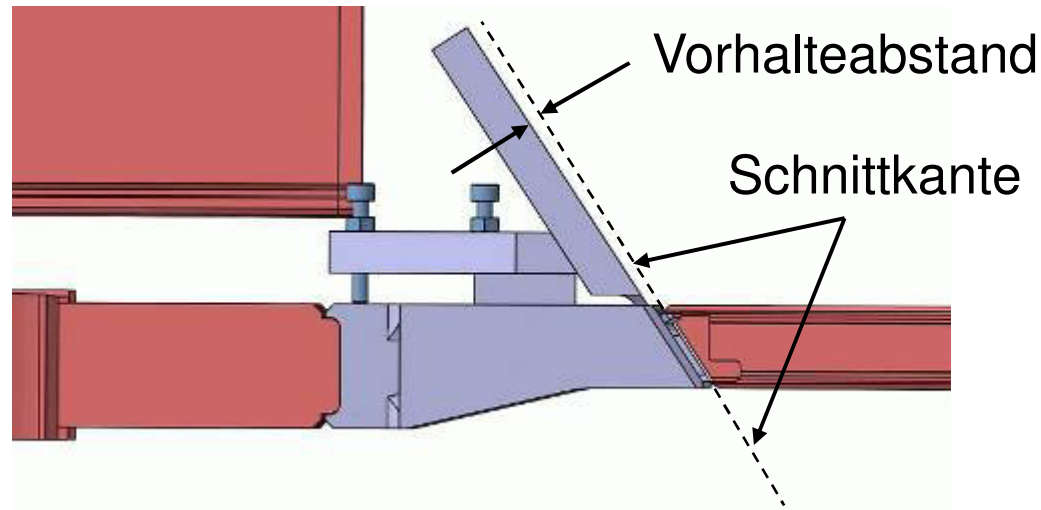
Riss mit der Trennschnittführung

1. Beispiel: Reparatur einer Straßenbahn nach einem Unfall



1. Beispiel: Reparatur einer Straßenbahn nach einem Unfall

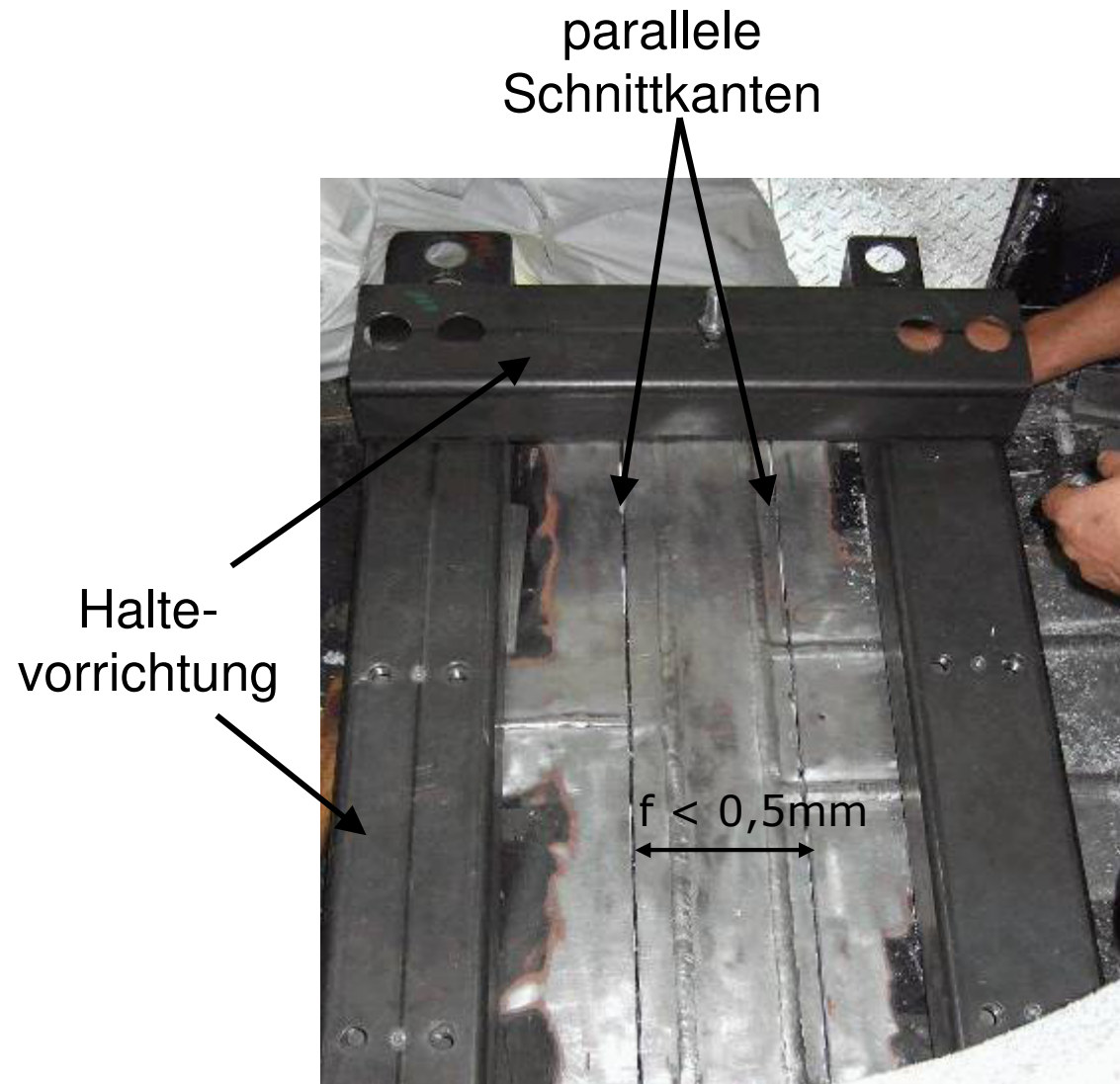
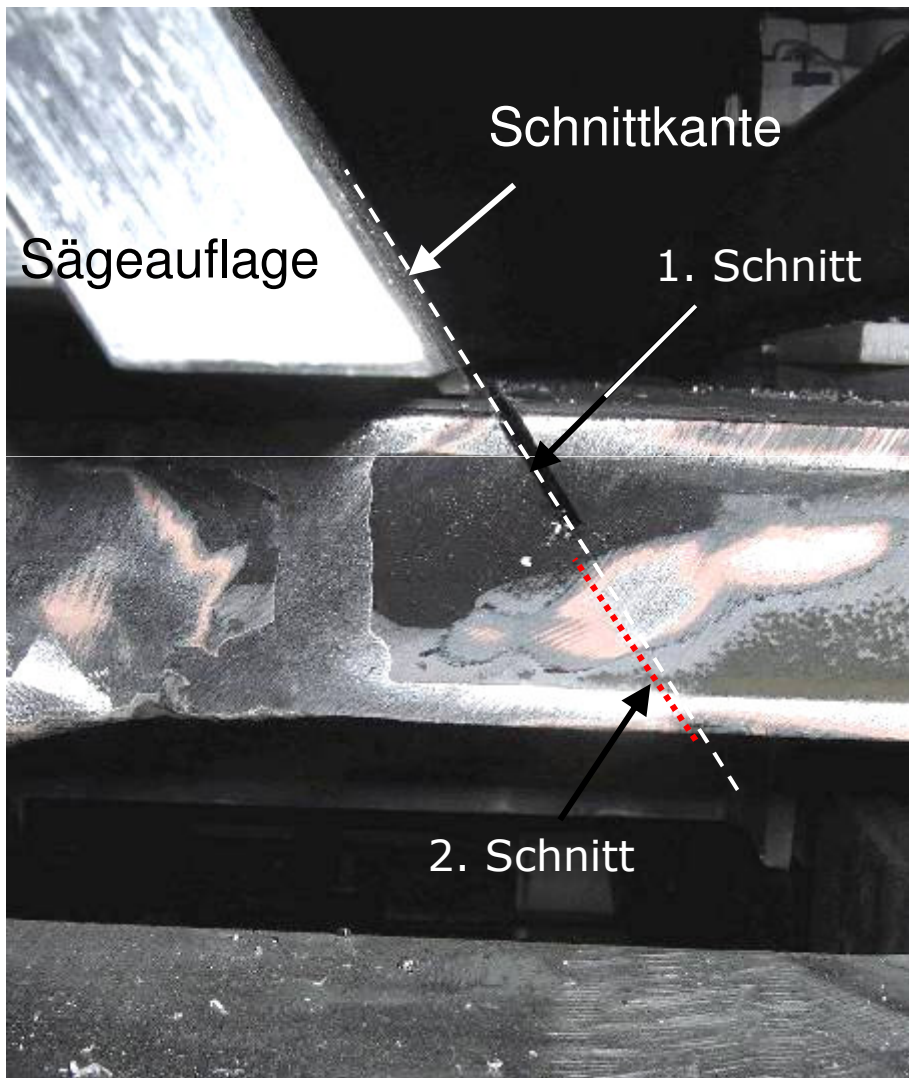
Werkzeugkonstruktion - Spezialwerkzeuge



Bepo-Säge

1. Beispiel: Reparatur einer Straßenbahn nach einem Unfall

Werkzeugkonstruktion - Spezialwerkzeuge



1. Beispiel: Reparatur einer Straßenbahn nach einem Unfall

Ersetzen des geschädigten Teiles durch den Modul

Kontrolle der Position Sägeauflage

- Exakte Positionierung der Vorrichtung zum Heraustrennen
- Kontrolle durch den Schweißfachingenieur



1. Beispiel: Reparatur einer Straßenbahn nach einem Unfall

Haltefunktion der lokalen Abspannung



1. Beispiel: Reparatur einer Straßenbahn nach einem Unfall

Abspannkonzole Unterflur



15.09.2014

Spannschloss mit Widerlager



Kammerhofer

35

1. Beispiel: Reparatur einer Straßenbahn nach einem Unfall

Schweißvorbereitungen

Das Teil mit Fertigungsfehler ist herausgetrennt

- Ein präziser Trennschnitt ist für das Schweißen unbedingt erforderlich
- Nach dem Herausschneiden der Komponente mit dem Unfallschaden ist eine gute Schweißnahtvorbereitung am Fahrzeug notwendig



1. Beispiel: Reparatur einer Straßenbahn nach einem Unfall

Positionieren des Moduls

- Das Modul muss für das Schweißen in die richtige Position gebracht werden
- Nun beginnt der Schweißer mit dem Schweißen



1. Beispiel: Reparatur einer Straßenbahn nach einem Unfall

Schweißnahtkontrolle

Die Arbeit ist vollbracht

- Nach dem Schweißen muss der Schweißfachingenieur die Naht auf Haarrisse und Oberflächenlunker kontrollieren.
- Nach diesem Check ist die Arbeit der Reparatur beendet und das Fahrzeug kann wieder aufgerüstet werden

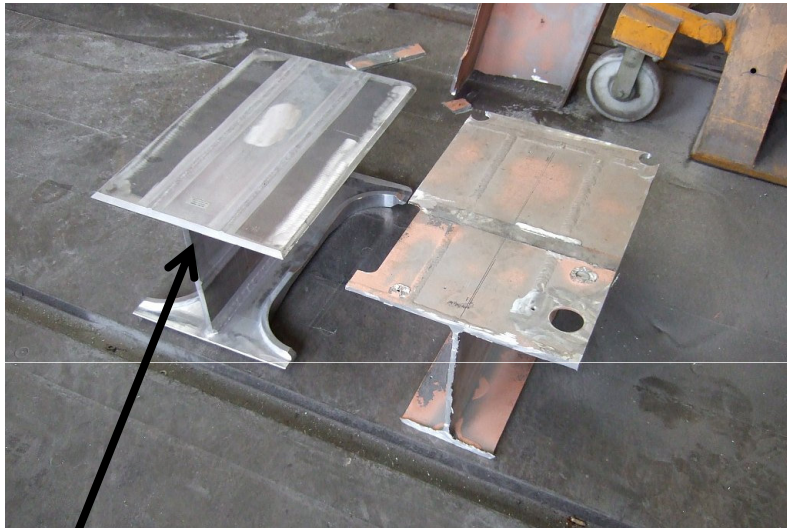


2. Beispiel: Reparatur des ET 420 (Materialschaden)

Rißbildung durch grobkörniges Material(Pressfehler)



2. Beispiel: Reparatur des ET 420 (Materialschaden)



Ersatzteil und Bereich zum Einsetzen



2. Beispiel: Reparatur des ET 420 (Materialschaden)

Ansicht des Arbeitsbereiches



2. Beispiel: Reparatur des ET 420 (Materialschaden)

Abgespannter Wagenkasten innen



2. Beispiel: Reparatur des ET 420 (Materialschaden)

Spannungsarme Lagerung des Reparaturbereiches



2. Beispiel: Reparatur des ET 420 (Materialschaden)

Vorwärmen der Umgebungsstruktur



2. Beispiel: Reparatur des ET 420 (Materialschaden)

Einschweißen des Ersatzteiles



2. Beispiel: Reparatur des ET 420 (Materialschaden)

Abkühlvorgang nach dem Einschweißen

