



BTI

Beschrieb der Reparaturen an einem Wagenkasten

Zusammenfassung:

Dieser Bericht beschreibt die Reparaturen an einem Fahrzeug vom Typ Be2/6 der BTI, durchgeführt durch Stadler AG, Bussnang, HH Bernhard Eisenegger und Bruno Egger. Er stellt das Reparatur-Manual dar, nach welchem die Reparaturen in den einzelnen Zonen erfolgte, ergänzt durch die Dokumentation der effektiv erfolgten Schritte.

Im Kapitel 2 sind generelle Reparatur-Schritte und –Regeln zusammengefasst, welche der hier beschriebenen Reparatur zugrunde lagen.

Die Art und der Ort der jeweiligen Schäden erforderten keine Abklärungen mittels FEA-Nachrechnungen bezgl. der strukturellen Tragfähigkeit des Kastens im reparierten Zustand. Die Reparaturen haben die ursprünglich vorhandene Erfüllung der strukturellen Anforderungen gemäss Pflichtenheft nicht beeinträchtigt.

Betreiber:	BTI
Fahrzeug-Bezeichnung:	Be2/6
Hersteller:	Stadler AG, Bussnang
Baujahr:	1997 / 98
Serie-Nummer:	5032
Beschrieb der Fahrzeug-Struktur:	Aluminium. Untergestell: geschweisste Integralbauweise Seitenwände: geschraubt, Fenster gummigefasst Dach: Gurte als Grossprofile, dazwischen geklebtes Sandwich-Dach
Strukturelle Anforderungen Wagenkasten:	Front und Rückwand geschweisst gem. Strukturanalyse vom Mai 1996, durchgeführt durch NAD, Wien, im Auftrag von Alusuisse Road & Rail AG, Zürich
Datum des Unfalls:	2. April 2002
Unfall-Hergang:	Kollision bei ca. 60 km/h mit Traktor auf Bahnübergang, von der linken Seite
Anzahl der betroffenen Fahrzeuge:	1 Endwagen
Schäden an der Struktur:	eingedrückte und teilweise zerstörte Partien in der Alu-Front, linke Seite, sowie in der linken Seitenwand. Keinerlei Beeinträchtigung des Überlebensraumes von Fahrzeug-Führer und Passagieren
Zeitraum der Reparaturen:	KW 18 / 19 2002



Inhalt:

1	BILDER DES UNFALLS	3
2	GENERELLES VORGEHEN.....	4
2.1	Reparaturschritte.....	4
2.2	Beispiel.....	6
3	BESCHRIEB DER ARBEITSSCHRITTE IN DEN EINZELNEN ZONEN.....	8
3.1	Seitenwand Kabine oben.....	8
3.2	A-Säule, geknickt.....	15
3.3	Rambalken und Scheinwerfer-Gehäuse	20
3.4	Boden Kabine	25
3.5	Strukturelle Abschlussarbeiten im Bereich Front	27
3.6	Seitenwand Kabine unten, Untergurt	30
3.7	Untergurt bei Türecke	33
3.8	Seitenwand Passagierbereich.....	36
3.9	Material-Deklaration	47



1 Bilder des Unfalls



Links:
Traktor-Hinterteil auf
Bahn-Übergang

Rechts:
abgerissenes
Traktor-Vorderteil
und Zug-Endwagen

Gesamt-Situation

Links:
Zug-Endwagen und
abgerissene Traktor-
Vorderräder

Rechts:
Traktor-Hinterteil mit
Trennstelle zum
abgerissenen
Vorderteil



2 Generelles Vorgehen

Arbeitsschritte mit Zeichnungen, Skizzen und Digital-Fotos dokumentieren

2.1 Reparaturschritte

2.1.1 Fotografieren, unmittelbar nach Unfall; Dokumentation anlegen

2.1.2 Schadensursache ermitteln

- z.B.:
- Kollision
 - Steinschlag
 - Brand
 - Vandalismus
 - Ermüdung

2.1.3 Ein- und Anbauten demontieren

2.1.4 Schadensumfang abklären und beschreiben

2.1.5 Rücksprache mit Hersteller / Konstrukteur Kasten / erfahrener Ingenieur

- Zeichnungen bereitstellen
- Struktur-Nachweise bereitstellen
- Strukturelle Anforderungen an die Reparaturlösung
- Wenn nötig Kontrolle durch FEA: kommen neue Schweissnähte in kritische Zonen zu liegen?
- nicht mehr durchgeschweisste Stege: tolerierbar?
- Verwendete Legierungen

2.1.6 Voraussichtliche Trenn- und Schweissnahtlinien bezeichnen

2.1.7 Farbe nur + 50 mm / - 10 mm um diese Linien entfernen, um einerseits Farbe etc. von der späteren Schweissnaht fernzuhalten (Einschlüsse), andererseits vor Anbrennen zu bewahren beim Schweißen

2.1.8 Beschädigte Bereiche grossflächig ausschneiden

2.1.9 Kein Richten von Profilen

2.1.10 Richten von Blechen nach Rücksprache mit Halbzeug-Lieferant

2.1.11 Reparatur-Manual erstellen

- Verwendete Legierungen festhalten
- Arbeitsschritte fotografisch dokumentieren



2.1.12 Genereller Ablauf der Reparatur:

- Reparaturteile anpassen
- Nahtvorbereitung mit Handfräser (Kanten)
- Reinigung vor dem Schweißen, z.B. mit Aceton oder Industrie-Alkohol, evt. zusätzlich NiRo-Drahtbürste unmittelbar vor dem Schweißen
- Evt. vorspannen
- Schweisshinterlagen heften
- Reparaturteile heften
- Bei Wandstärken >8 mm vorwärmen (max. 120°C, messen!)
- Evt. erst nach dem Heften sämtlicher Reparaturteile pro Zone alles Verschweißen (Achtung Schweissreihenfolge / Verzug!)
- Evt. richten mittels Richt-Nähten
- Dichten
- Spachteln (keine Muschel-Bereiche mit Spachteldicken >1 mm)
- Korrosionsschutz

2.1.13 Spezielle Hinweise zu Schweisssreparaturen

- **Keine Schmirgelscheiben für Nahtvorbereitung** (damit würde Schmutz und Schleifgut – z.B. Farbe etc. – in die Schweisskanten gepresst und verschmiert, Poren und starke Bindefehler wären die Folge)
- Nicht mit Öl kühlen, sondern mit Industrie-Sprit
- Schrumpfungen beim Schweißen beachten
 - vorspannen
 - Schweissreihenfolge
- Keine Schweissnahthäufungen
- Zusätzliche Nähte in hochbeanspruchten Zonen vermeiden
- Stumpfstösse von Profilen wenn möglich schäften
- Schweisshinterlagen verwenden, v.a. in (ermüdungsmässig) höher belasteten Nähten

2.1.14 Werkzeuge und Einrichtungen

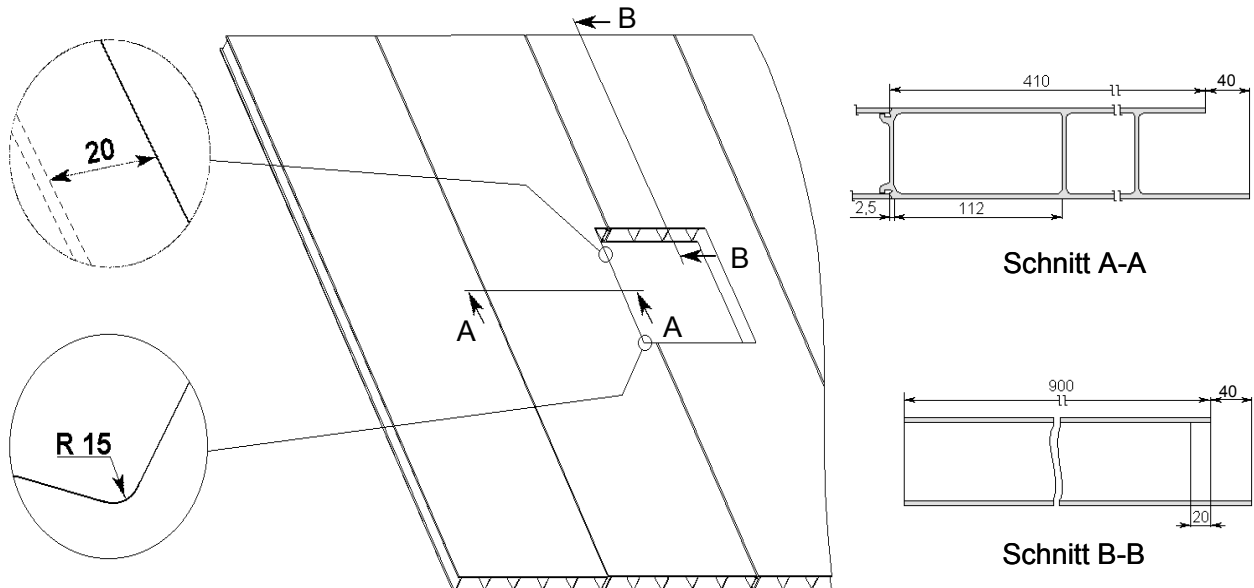
- Trennscheibe (nur zum Ausschneiden, nicht für Nahtvorbereitung)
- Handfräser (für Nahtvorbereitung)
- Kreuz- und Nutenmeissel
- Stichsäge
- Kreissäge
- Bandsäge
- Fräsmaschine
- MIG- und TIG-Schweissanlage
- Spannvorrichtungen
- Beschränktes Profillager



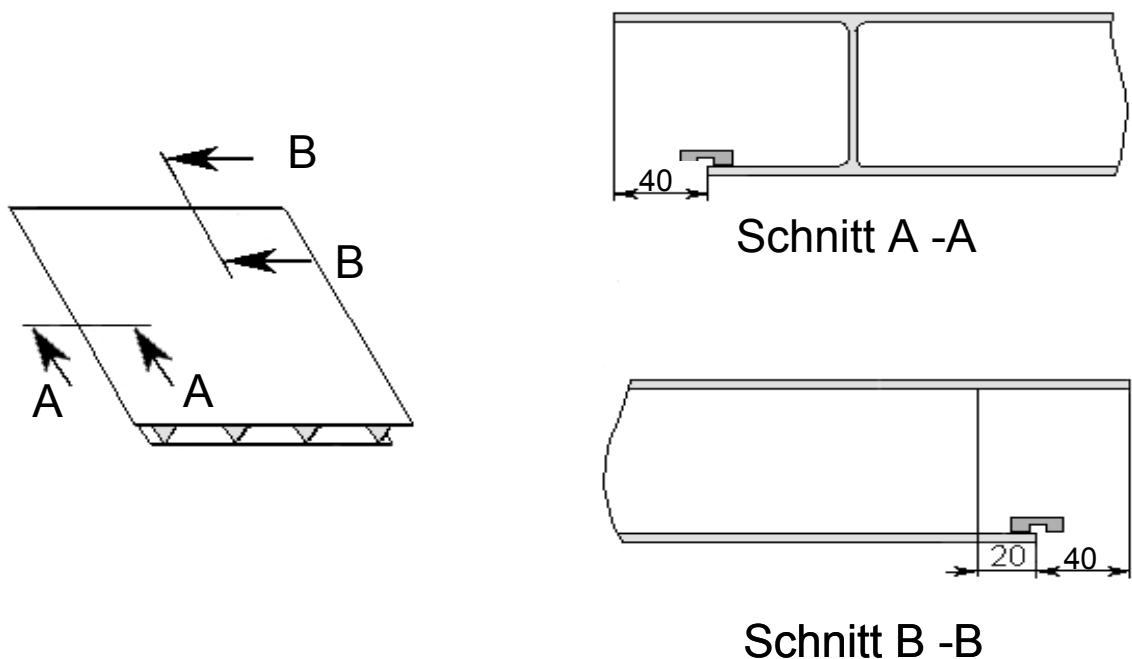
2.2 Beispiel

Hohlprofile (Bodenplatte):

- Austrennen des beschädigten Bereiches:



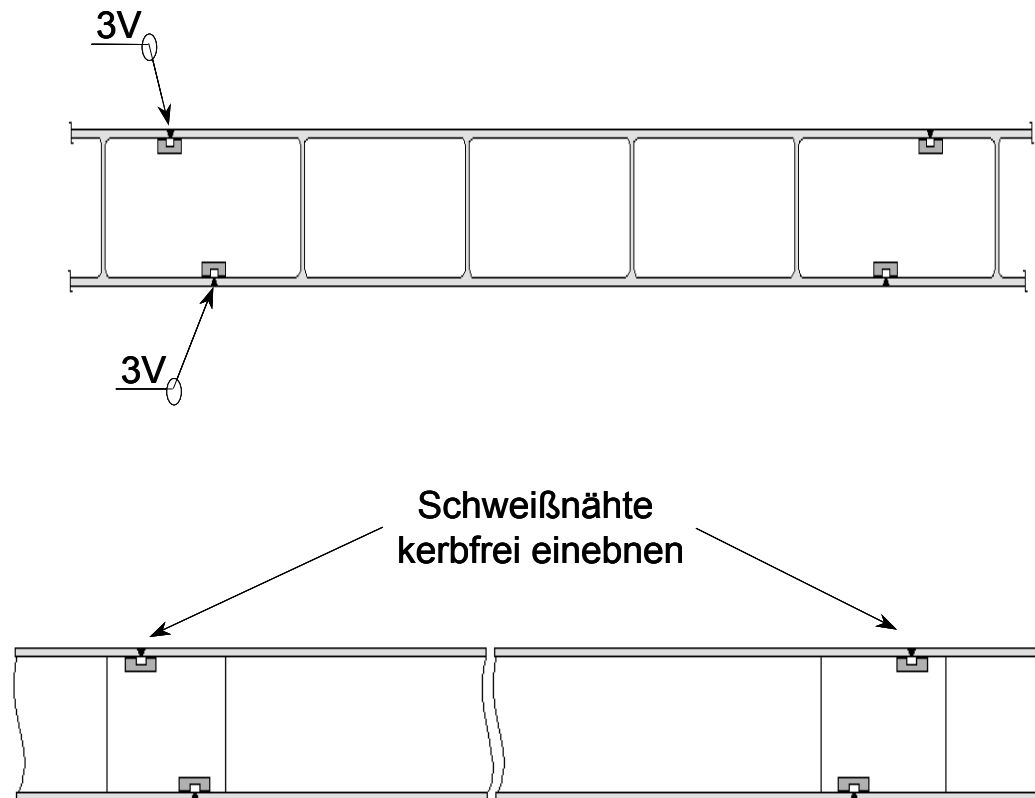
- Vorbereiten des Reparaturstückes und Heften der Schweiss-Hinterlagen (letztere können bei ermüdungsmässig nicht hochbelasteten Nähten auch aus einfachen Blechstreifen bestehen):



Reparaturstück etwa 5 - 6 mm kleiner
als der Ausschnitt in der Bodenplatte



- Einschweissen des Reparatur-Stückes:



Die Lage und Grösse des Reparaturstückes kann in der Regel so gewählt werden, dass die Profilstege nicht miteinander verbunden werden müssen (Kontrolle unter Berücksichtigung der Struktur-Berechnung).



3 Beschrieb der Arbeitsschritte in den einzelnen Zonen

3.1 Seitenwand Kabine oben



Schaden nach dem Entfernen der Lackierung, vor dem Heraustrennen beschädigter Teile.
Befund:

- Seitenwandprofil ist oberhalb Kabinenboden rel. stark eingedrückt

Entscheid:

- Seitenwandprofil wird durch gleiches bearbeitetes Profilstück ersetzt



Reparatur-Schritte:

1. Beschädigten Bereich bis zur Türsäule ausschneiden. Die Türsäule kann stehen bleiben, da sie unverformt ist und die Fahrtüre noch einwandfrei funktioniert.
Heften eines U-Profils als Badsicherung für das neu einzuschweisende Profilstück.



Die späteren Schweiss-Nähte werden ca. 35° angeschrägt (V-Naht-Vorbereitung).



2. Ersatz-Profilstück (Pos. 3) zuschneiden:



V-Naht-Vorbereitung ca. 35°

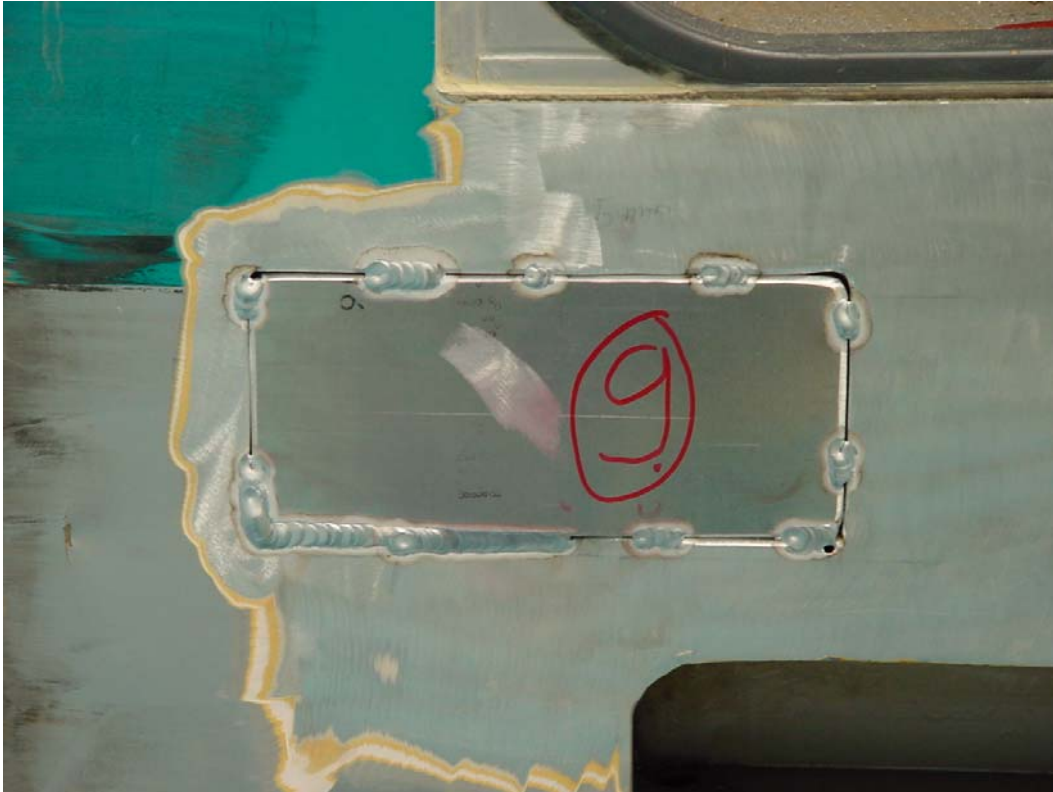


3. Ersatz-Profilstück wird eingeschoben:





4. Heften der Schweissfugen
5. Freilegen der Beschädigung unterhalb Fahrtüre: nur Aussenhaut des Hohlprofils ist eingedrückt.
6. Einsetzen eines Blechstücles (auf den üblichen Schweiss-Hinterlagen) unterhalb der Fahrtüre (Pos. 9):



7. Herausgerissene Tür-Scharnier-Befestigungen werden durch eingeschweisste Bleche, Dicke 10 mm ersetzt:





8. Verschweissen der eingesetzten Bleche mittels TIG, Zusatzdraht AlSi5 (4043), Dicke 3.2 / 2.4:





Gesamtansicht:



9. Gewinde schneiden direkt in 10er Blecheinsätze, für Handlauf-Befestigungen. Bei eventuellen Problemen nach einem weiteren Ausbau können hier grössere Gewinde geschnitten und Helicoil eingesetzt werden.



3.2 A-Säule, geknickt



Schaden nach dem Entfernen der Lackierung, vor dem Heraustrennen beschädigter Teile.

Befund:

- starke Beschädigungen, teilweise ganzes Profil zerstört

Entscheid:

- beide Fenster entfernen
- A-Säule im oberen Bereich teilweise mit Profil-Stück ersetzen, unterhalb Knick ganz ersetzen mit Original-Profil
- Profilstück als Hinterlage



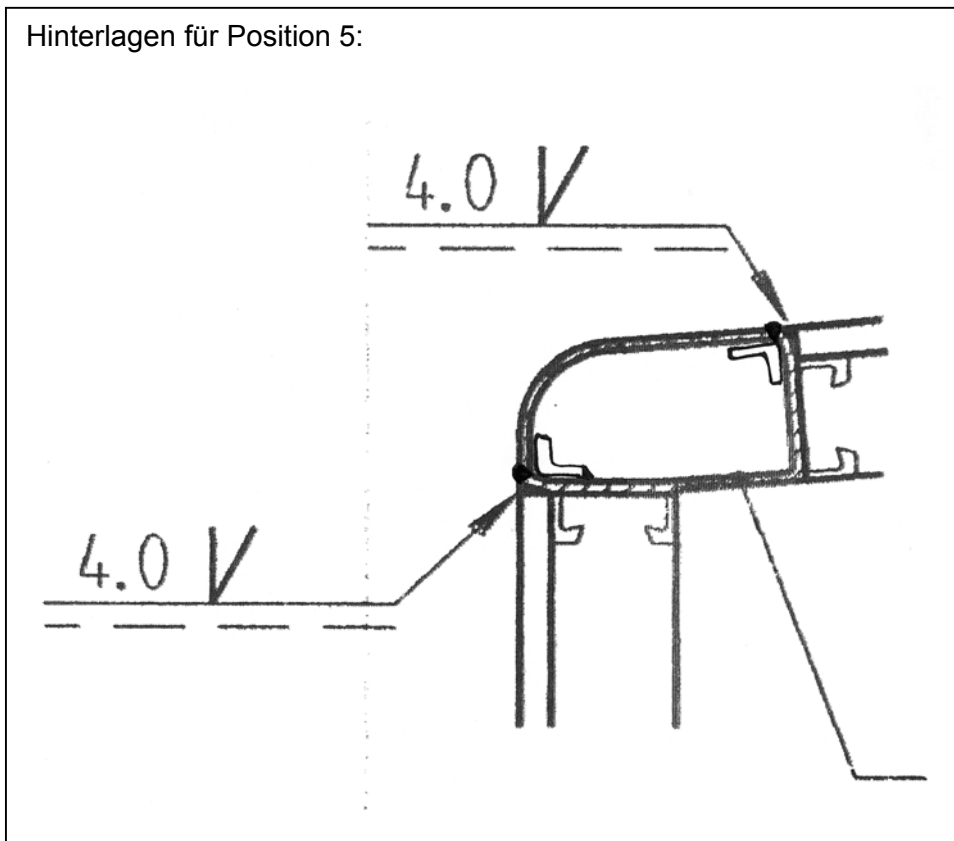
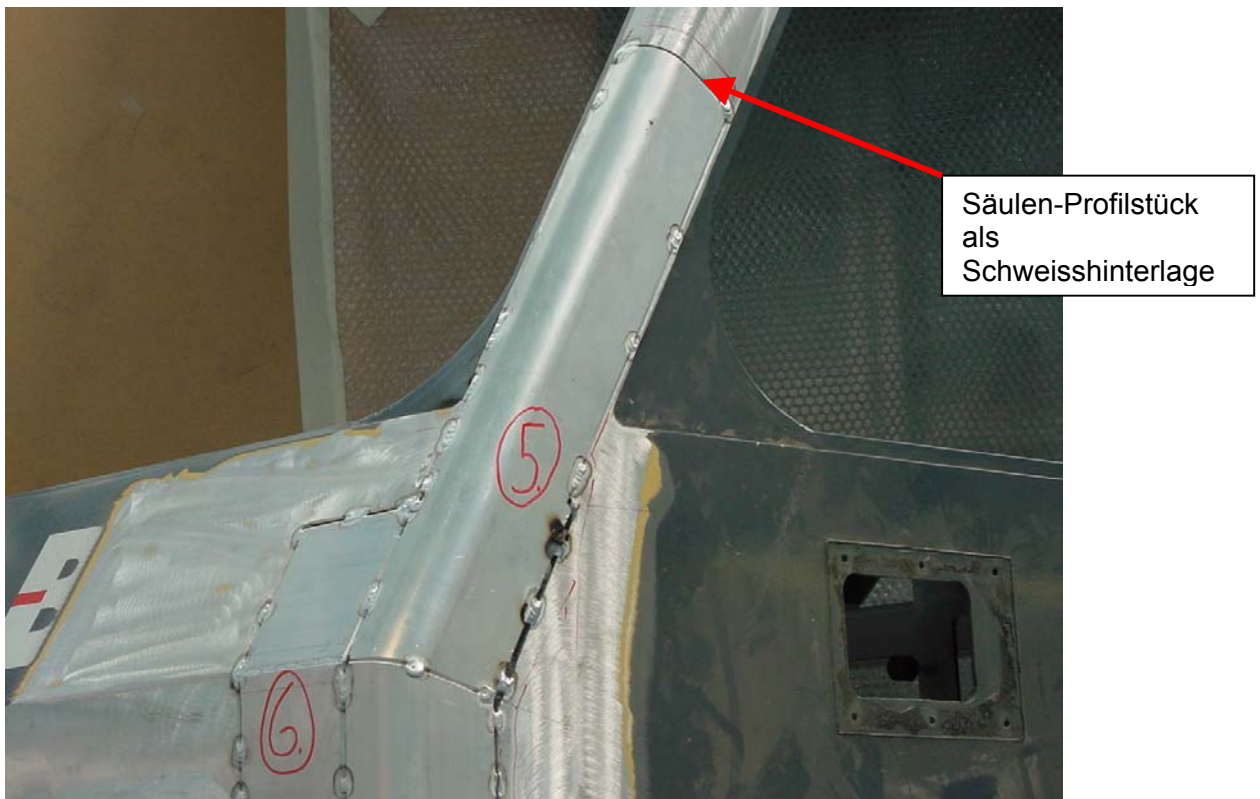
Reparatur-Schritte:

1. Ausschneiden der defekten Teile: im oberen Bereich teilweise nur Aussenteil (Pos. 5), unterhalb Knick ganzes Profil (Pos. 4)



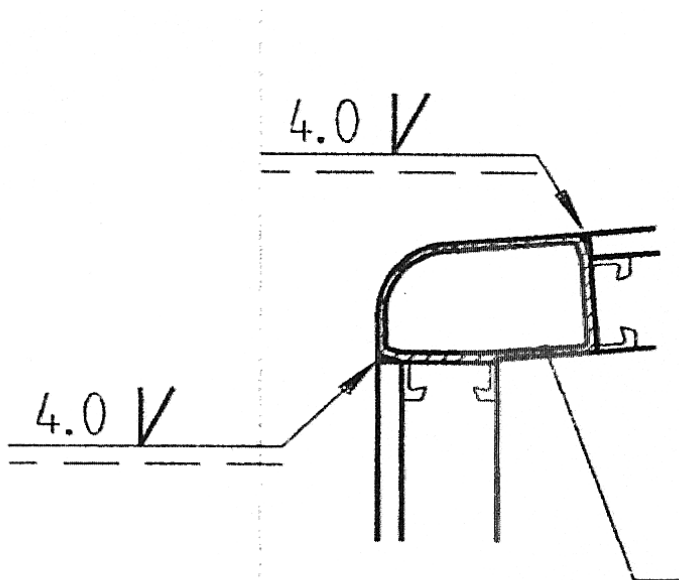


2. Zuschneiden der Ersatz-Stücke
3. Einheften der Schweiss-Hinterlagen
4. Heften der Ersatz-Profilstücke





Schnitt durch Säule Pos. 4:





5. Mit dem vollständigen Verschweissen wird zugewartet, bis alle neuen Teile geheftet sind.
6. Lokales Einsetzen eines Profilstückes:





3.3 Rrammbalken und Scheinwerfer-Gehäuse



Schaden nach dem Entfernen der Lackierung, vor dem Heraustrennen beschädigter Teile.

Befund:

- Rrammbalken und Scheinwerfergehäuse stark eingedrückt

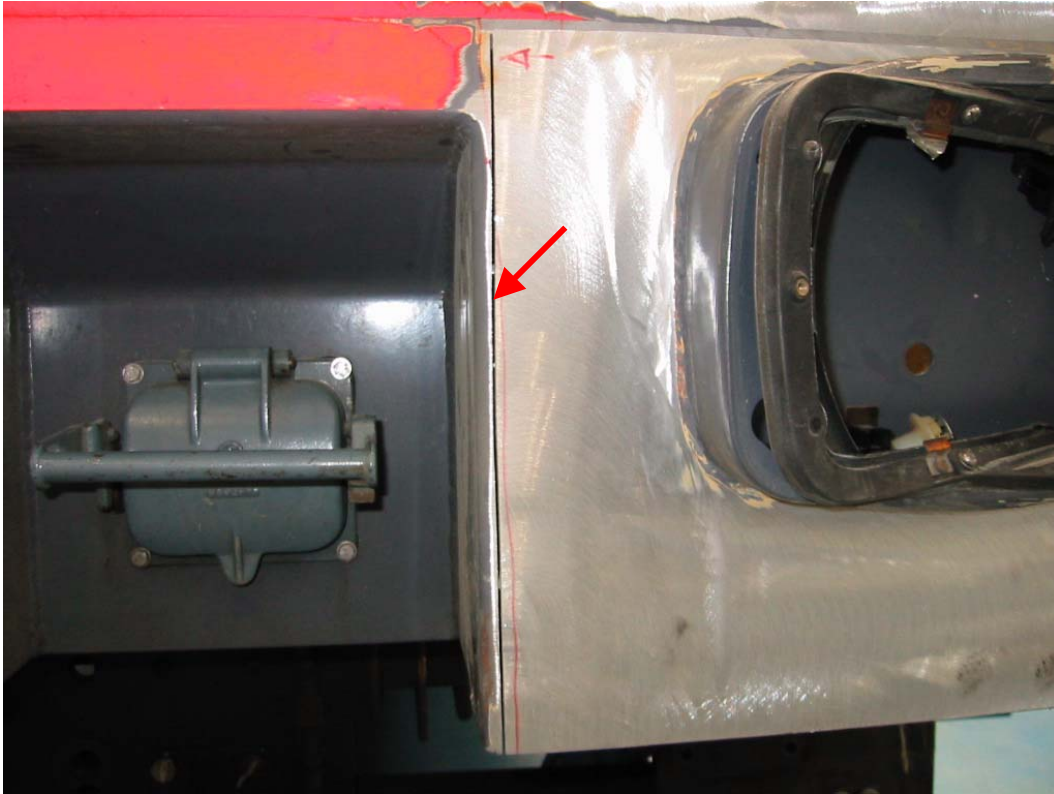
Entscheid:

- Rrammbalken-Profil wird ersetzt durch gleiches Profil
- Scheinwerfer-Gehäuse wird vorher oder nach Einbau des Rrammbalken-Profiles eingeschweisst (beide Aussenschichten verschweissen, Stege verschweissen nicht nötig)
- Oberes gebogenes Profil nur soweit nötig ersetzen



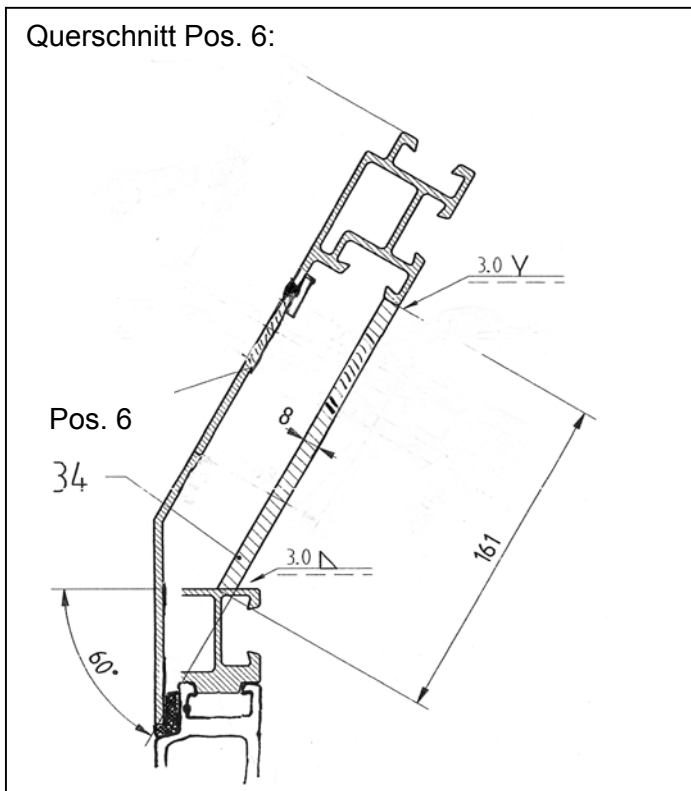
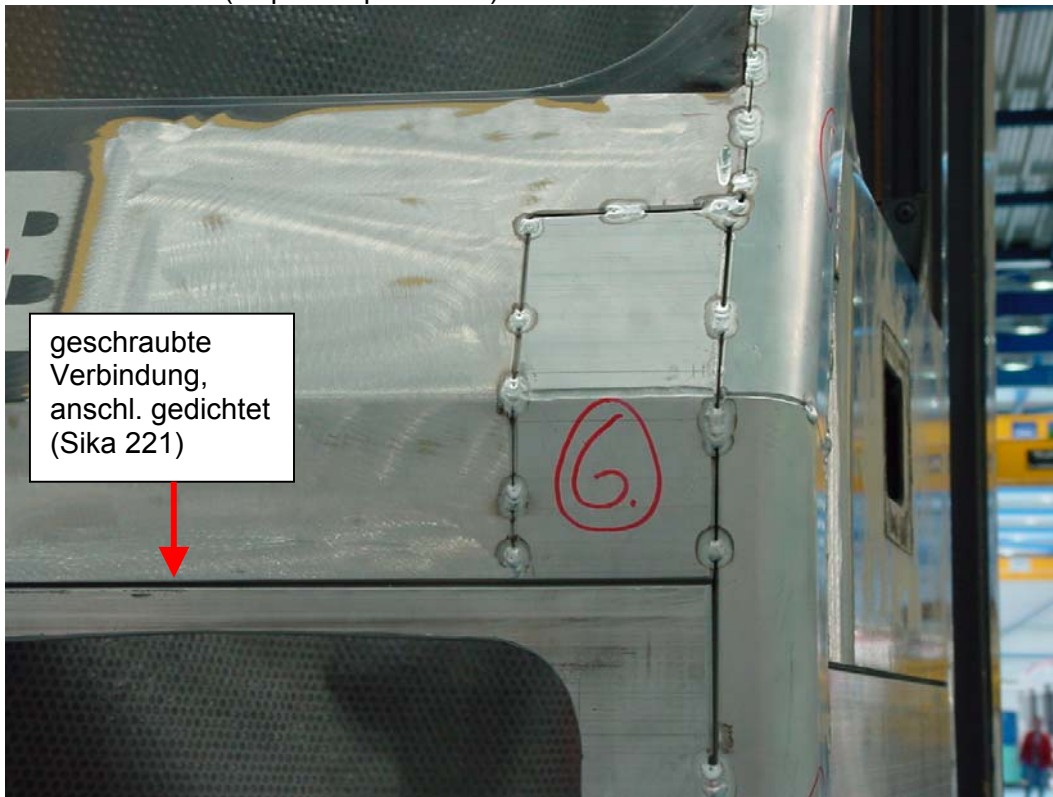
Reparatur-Schritte:

1. Heraustrennen der beschädigten Zonen. Beispiel f. Schnitt mit der Trennscheibe:





2. Nach dem Heraustrennen der direkt beschädigten Zonen stellte sich heraus, dass das obere gebogene Profil (bei Beschriftung „BTI“, nach Unfall eingedrückt) grösstenteils wieder in die ursprüngliche Lage zurückfederte, sodass nur ein sehr kleiner Teil bei der A-Säule ersetzt werden musste (Reparaturposition 6):



Vorbereitung und Schweisshinterlagen gemäss Standard-Vorgehen.



3. Einsetzen und Heften eines vorbereiteten Original-Profilstückes (Pos. 7) und Einschweißen eines Scheinwerfer-Gehäuses (Pos. 8) analog Erstbau:





Gesamt-Ansicht vor dem Schweißen:





3.4 Boden Kabine

- „Bodenblech mit Füßchen“: Bodenblech im Bereich Rambalkenanschlag und beschädigte Füßchen wegschneiden
- Bodenblech durch Blech 5 mm ersetzen, Füßchen durch 2 U-Profile

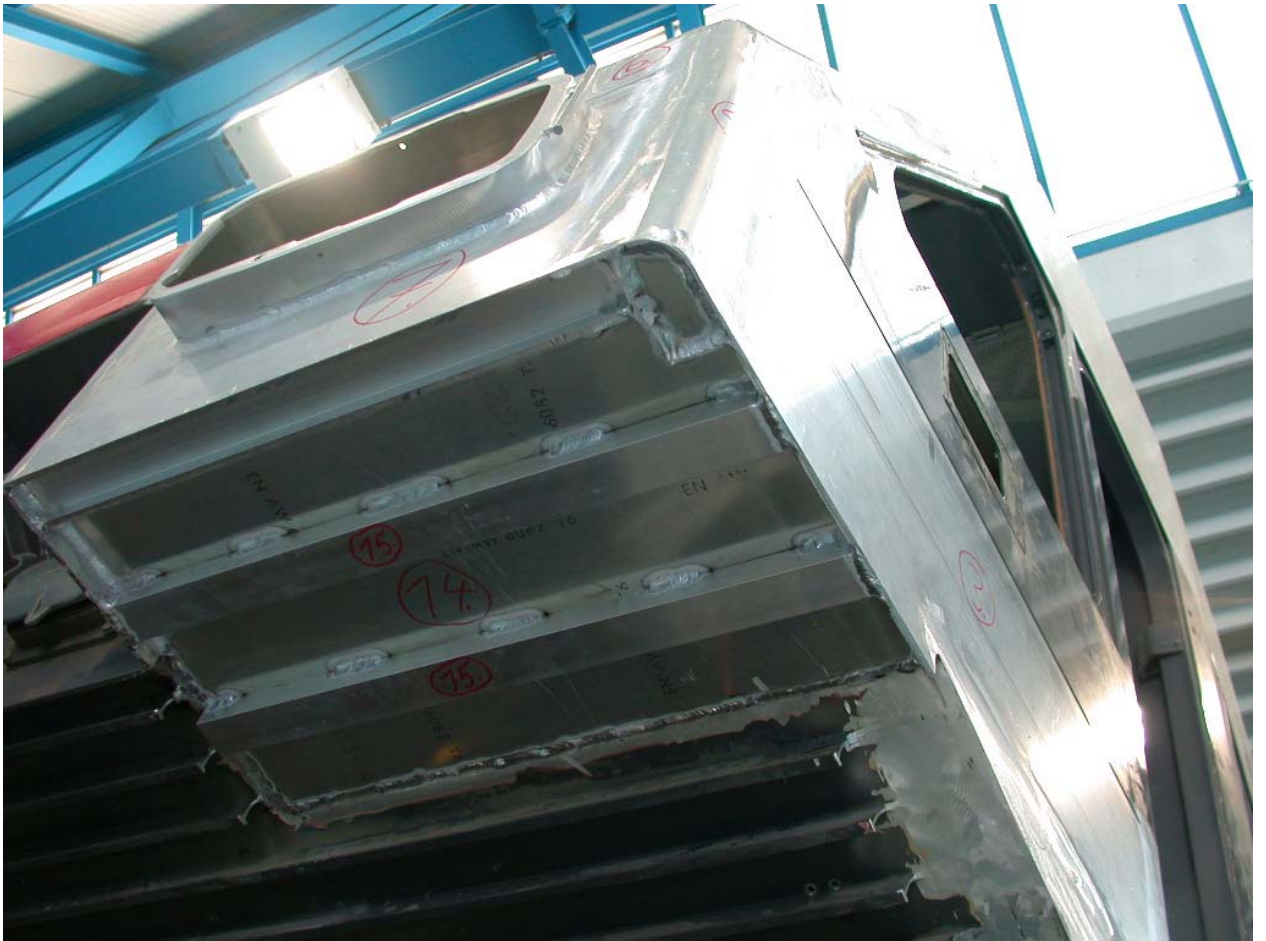
Reparatur-Schritte:

1. Heraustrennen des beschädigten Bodenprofils
2. Einheften eines Bleches 5 mm (Pos. 14):





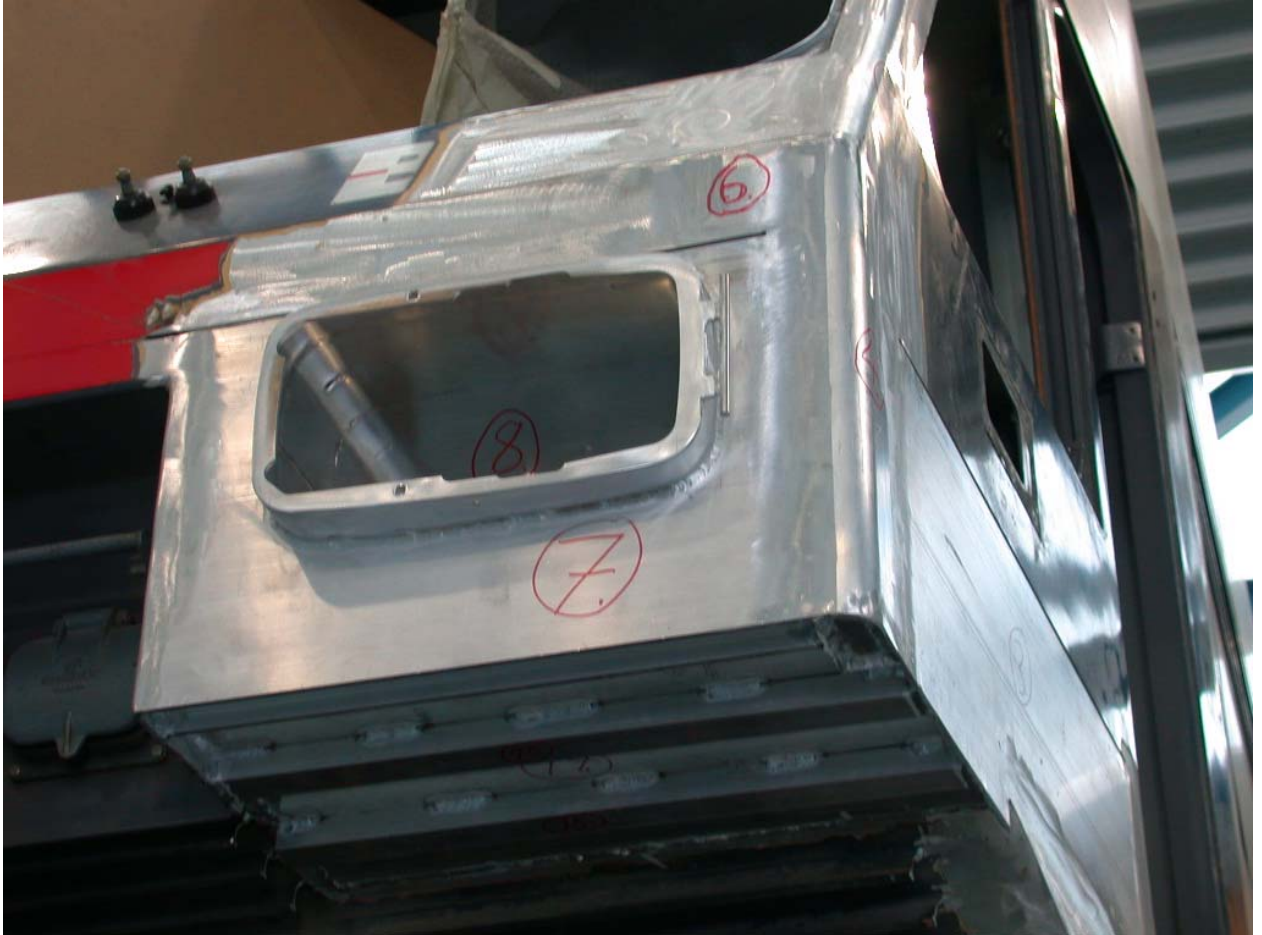
3. Heften von 2 U-Profilen (Pos. 15):





3.5 Strukturelle Abschlussarbeiten im Bereich Front

1. Verschweissen sämtlicher Nähte mittels MIG, Zusatzdraht AlMg4,5Mn (5183), 1.2 mm
2. Verschleifen der Schweissnähte





3. Schliessen der A-Säule unten mittels Pos. 16 mittels TIG, Zusatzdraht AISi5 (4043), Dicke 3.2 / 2.4 mm:





4. Einsetzen des Abschlusses (Pos. 17)





3.6 Seitenwand Kabine unten, Untergurt



Schaden nach dem Entfernen der Lackierung, vor dem Heraustrennen beschädigter Teile.

Befund:

- Seitenwandprofil stark eingedrückt
- dahinterliegender Untergurt jedoch nicht deformiert

Entscheid:

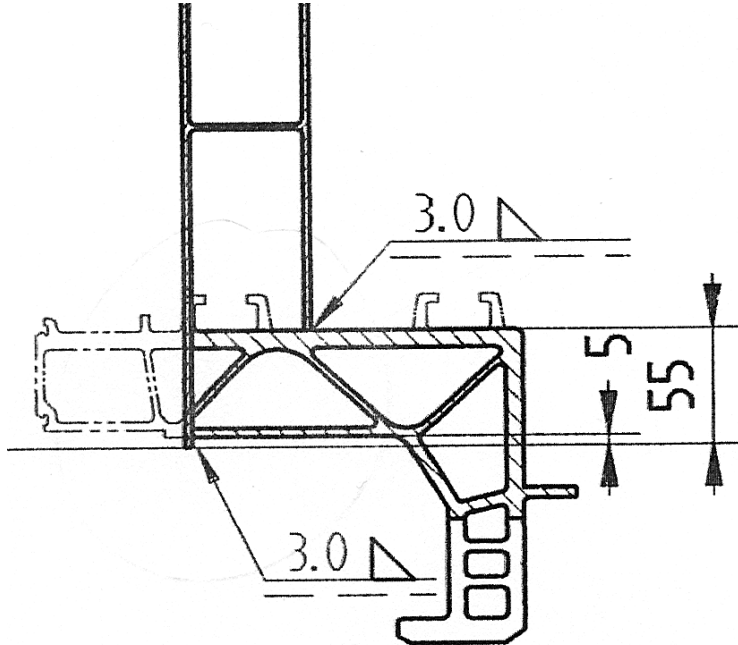
- deformierten Bereich ausschneiden
- Hinterlagen fixieren
- Seitenwandprofil an Untergurt pressen und heften
- Winkel-Stück einschweissen, oder zwei Bleche



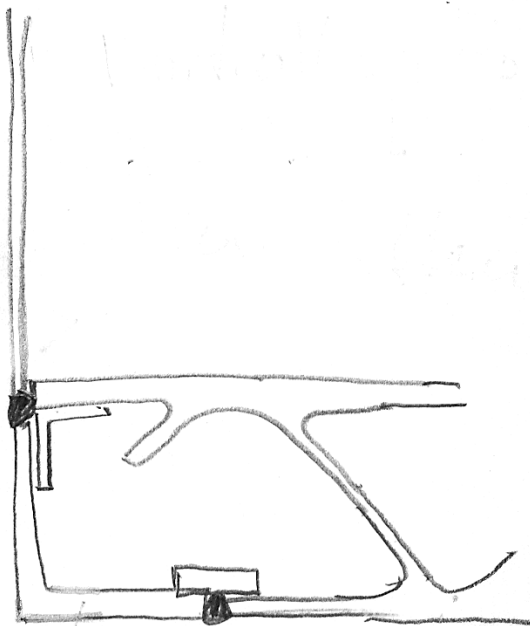
Reparatur-Schritte:

1. Nach dem Heraustrennen der beschädigten Teile kontrollieren, ob das Seitenwandprofil am Bodenprofil anliegt
2. Heften des Seitenwandprofils

Situation im Originalzustand:



Reparatur mittels eingeschweisstem Winkel:





3. Einsetzen der Pos. 18
4. Schweißen mittels MIG, Zusatzdraht AlMg4,5Mn (5183), 1.2 mm, und verschleifen:





3.7 Untergurt bei Türecke



Schaden nach dem Entfernen der Lackierung, vor dem Heraustrennen beschädigter Teile.

Befund:

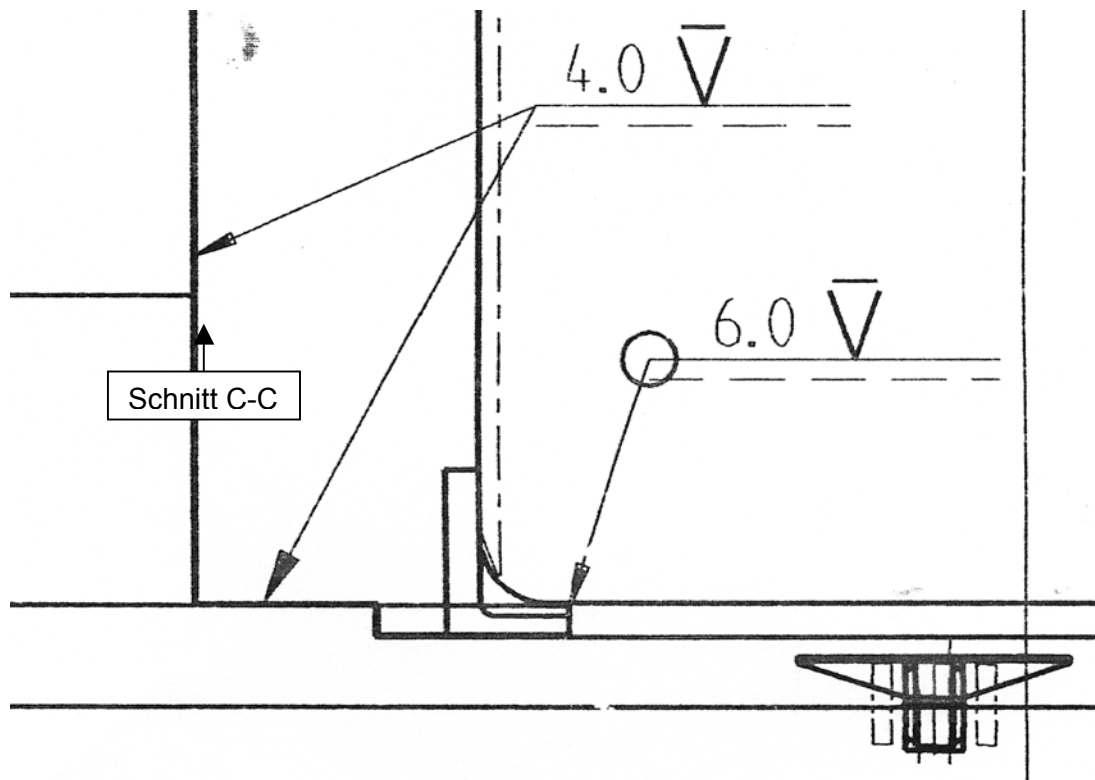
- Schaden unmittelbar neben Frästeil
- strukturell tragender Türrahmen inkl. Frästeil ist nicht beschädigt
- Profil Pos. 12 (Schnitt C-C, nächste Seite) eingedrückt

Entscheid:

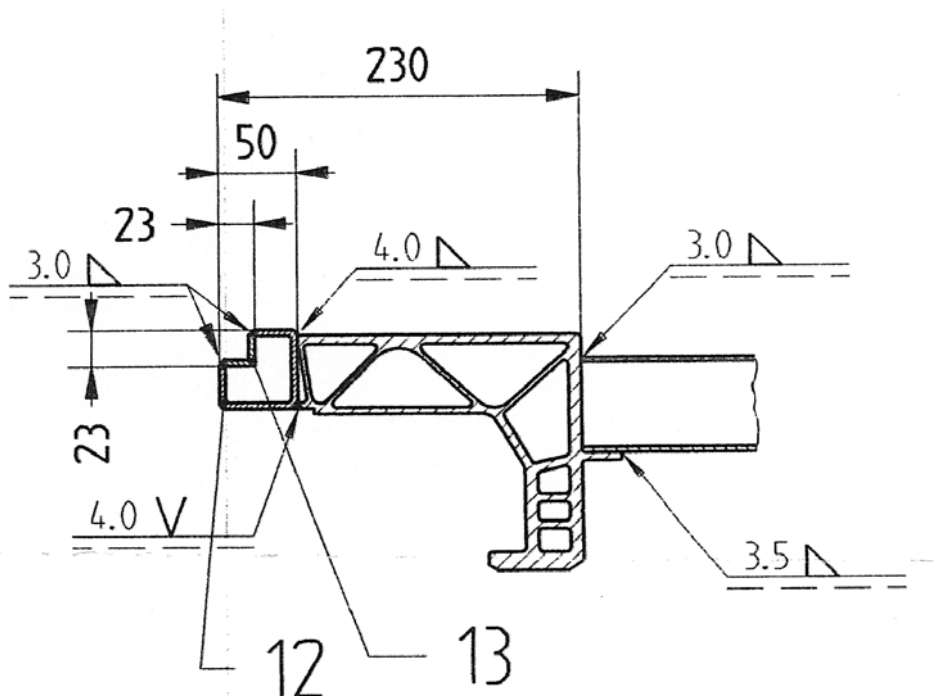
- Winkel analog SW Kabine unten (3.6) einschweissen



Situation im Originalzustand:



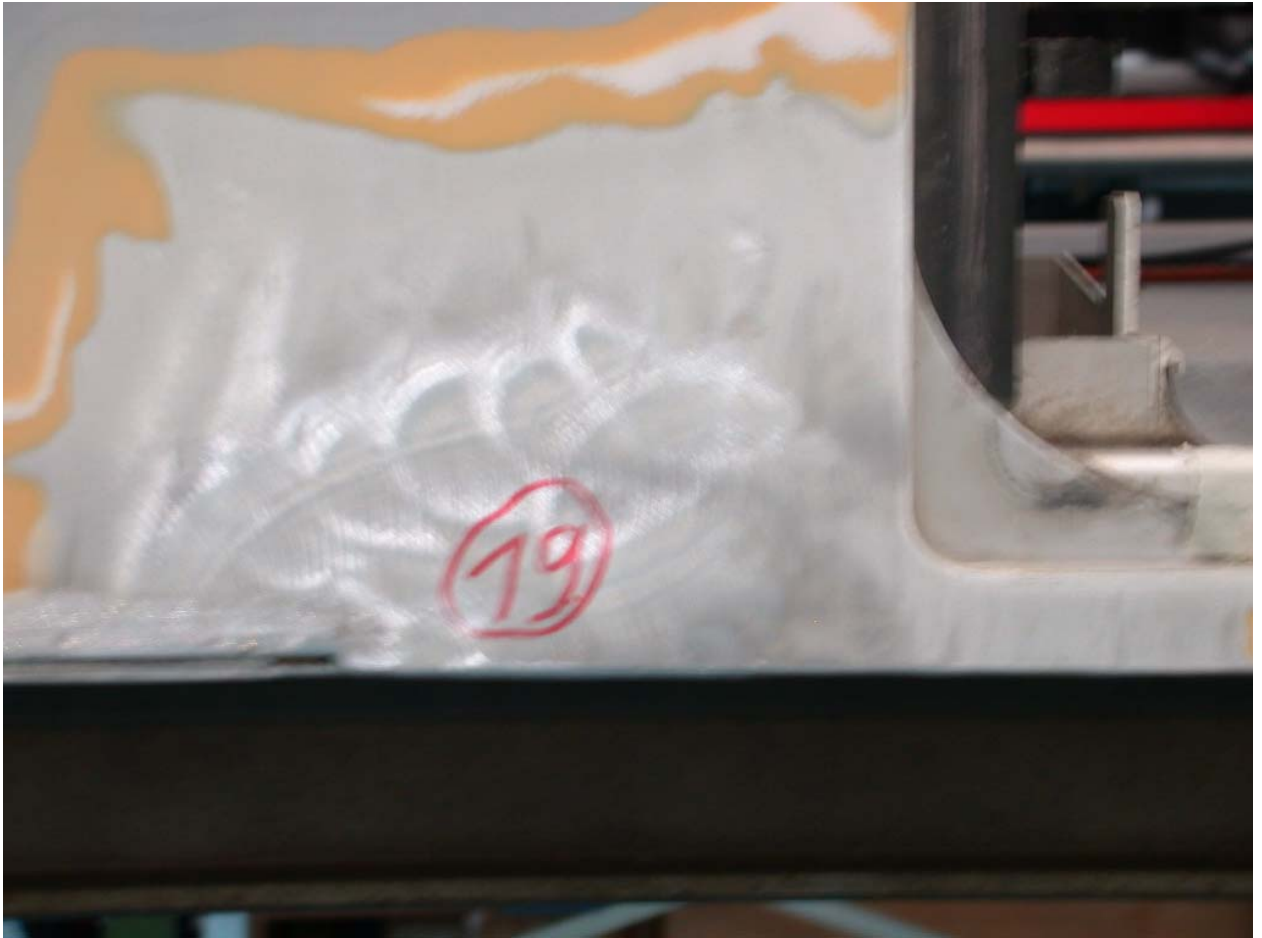
Schnitt C-C:





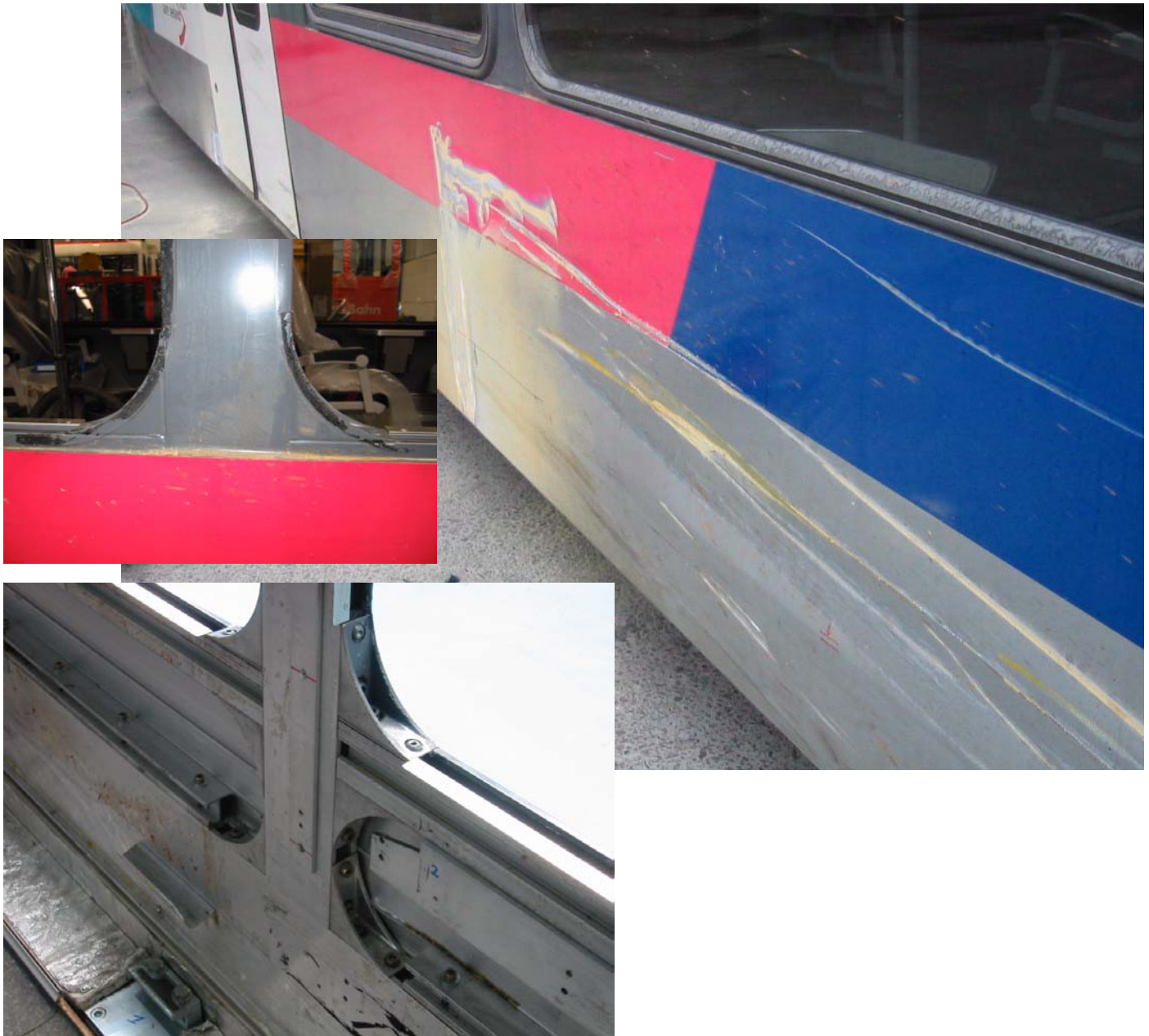
Reparatur-Schritte:

1. Einsetzen der Pos. 19:





3.8 Seitenwand Passagierbereich



Schaden nach dem Entfernen der Lackierung, vor dem Heraustrennen der beschädigten Teile.
Befund:

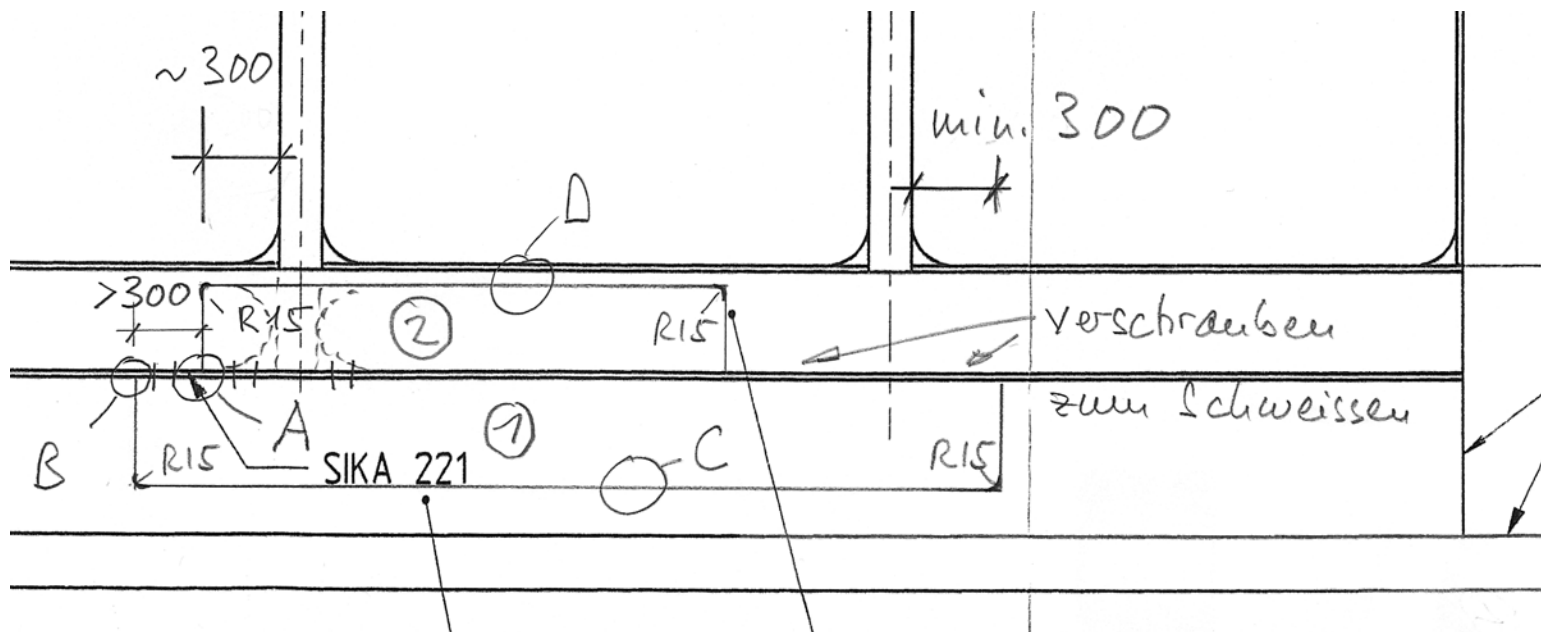
- Ein rel. grosser Bereich der Seitenwand ist aussen eingedrückt – was auf dem Bild nicht so deutlich ist – und muss ersetzt werden.
- Die dahinterliegende Bodenstruktur und die Säulen sind intakt, insbesondere auch die geschraubten Säulenanschlüsse samt ihren Dichtungen.

Entscheid:

- Untergurt kontinuierlich unterstützen
- Obergurt 1- bis 2-mal abspiessen
- Ausschnitte so, dass Überlappung von unterem und oberem SW-Profil >300mm
- Oberes Profil mit ursprünglichen Ausschnitten f. Säule und Schraubecken
- Einsatz-Stücke ca. 4 mm kleiner als Ausschnitte

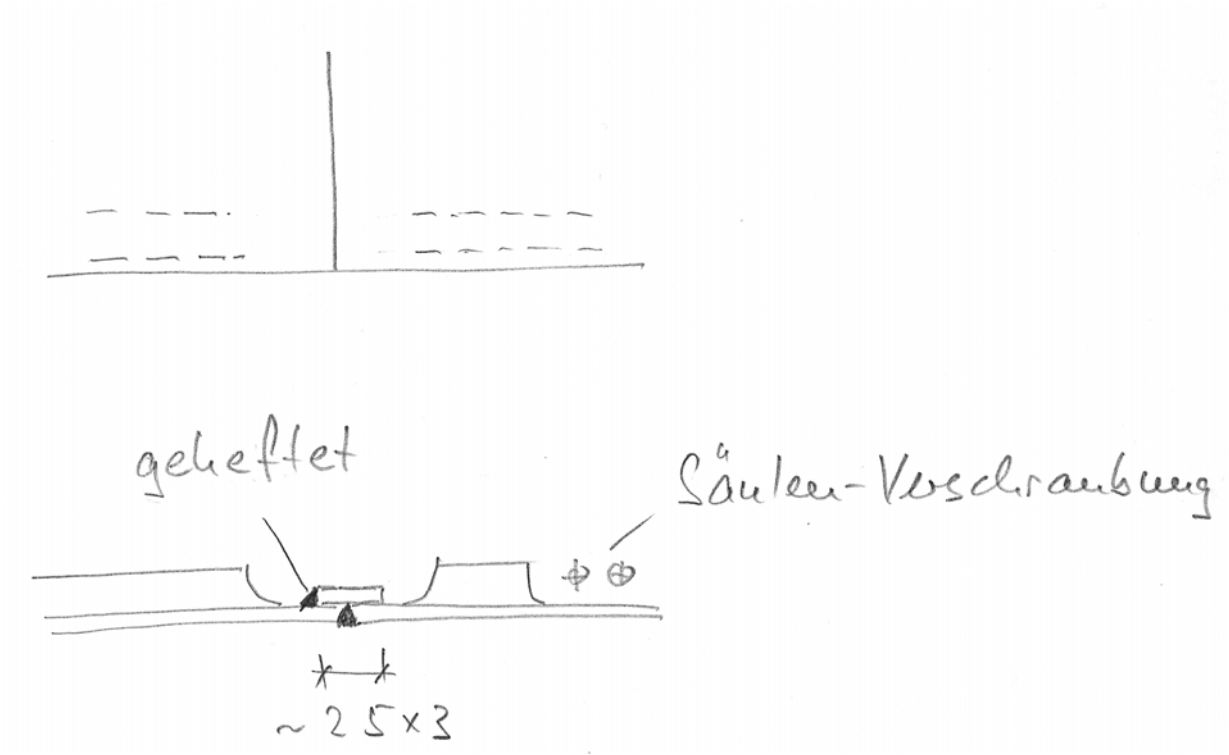
Reparatur-Schritte:

1. Heraustrennen der unteren (Pos. 1) und oberen (Pos. 2) Seitenwandprofil-Stücke nach Vorgabe, Abstufung zwischen innerer und äusserer Profilwand ca. 40 mm:

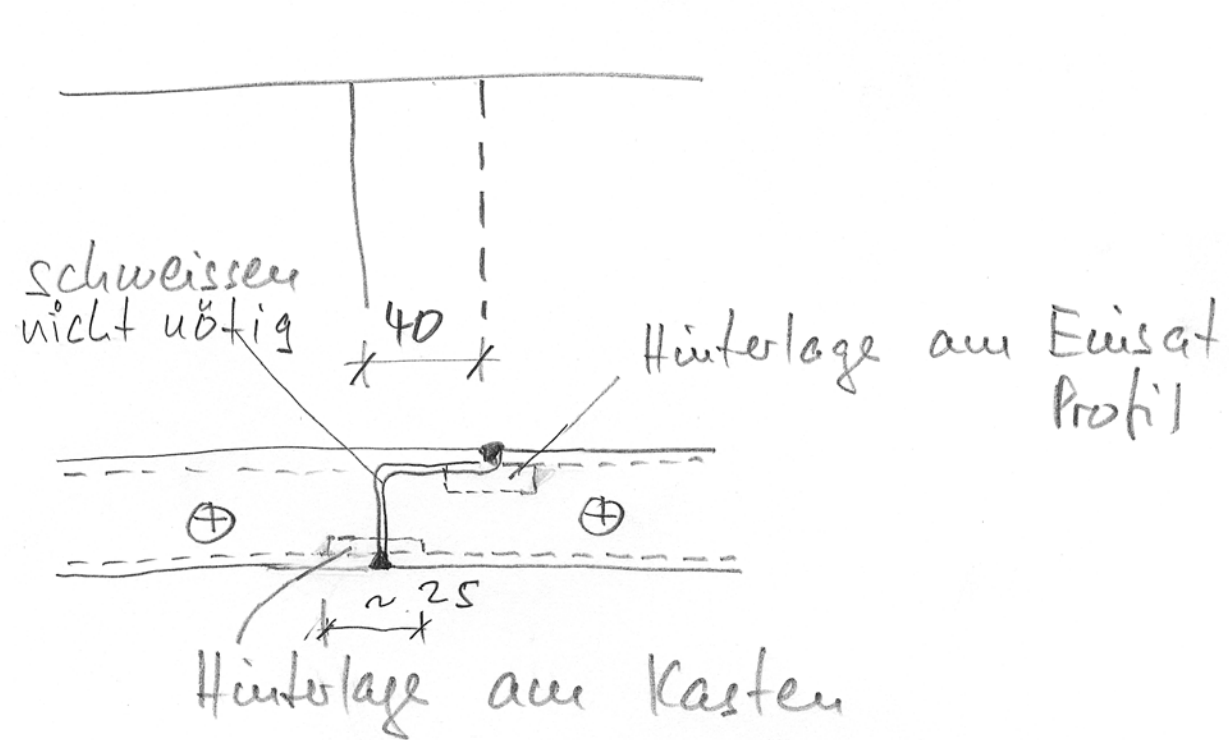




Detail A:

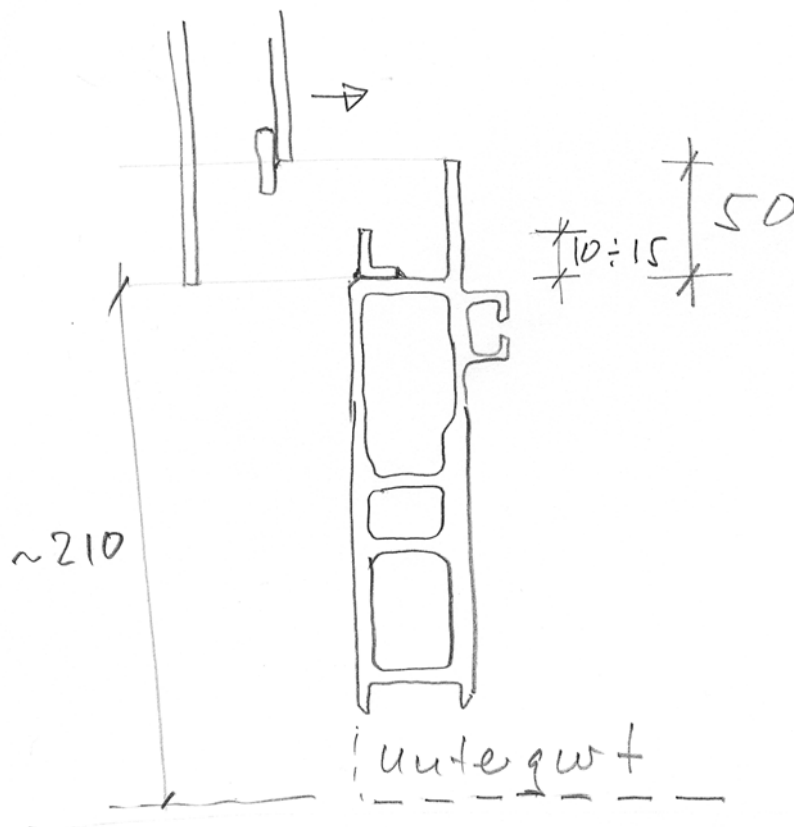


Detail B:

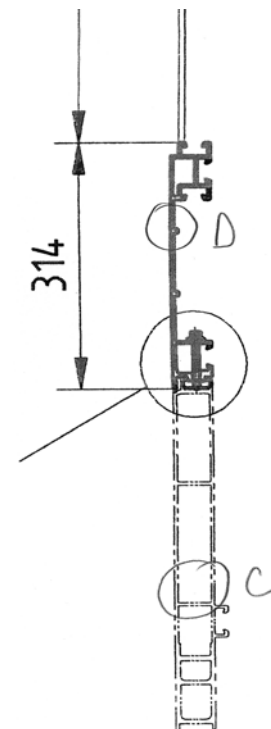
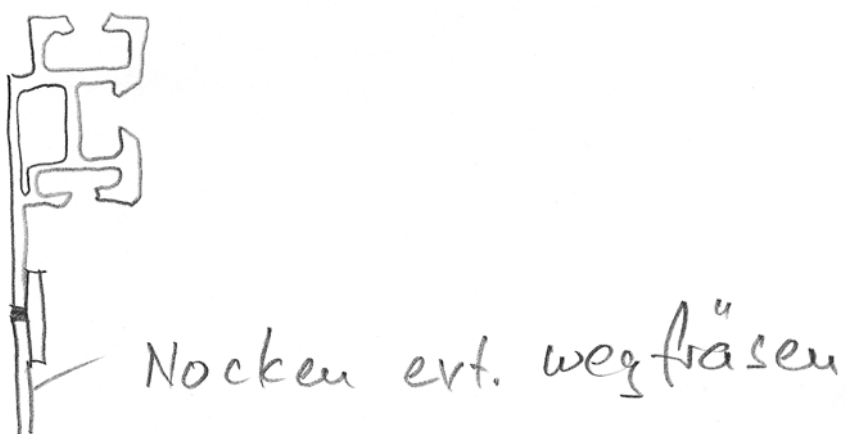




Detail C:



Detail D:





Gesamtansicht nach dem Ausschneiden:





2. Vorbereiten der V-Nähte mittels Handfräser
3. Heften der Blechstreifen als Badsicherung:





4. Ausmessen der Ausschnitte, zuschneiden und bearbeiten der Ersatz-Profilstücke:

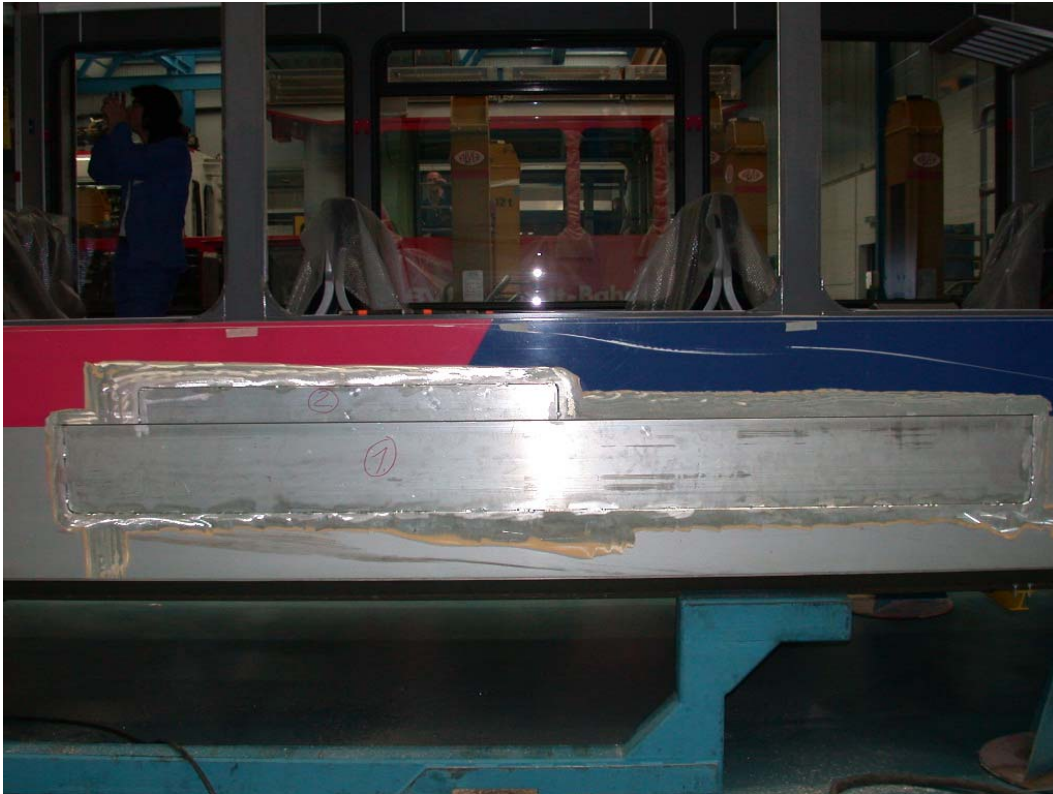


5. Heften der Schweiss-Hinterlagen:





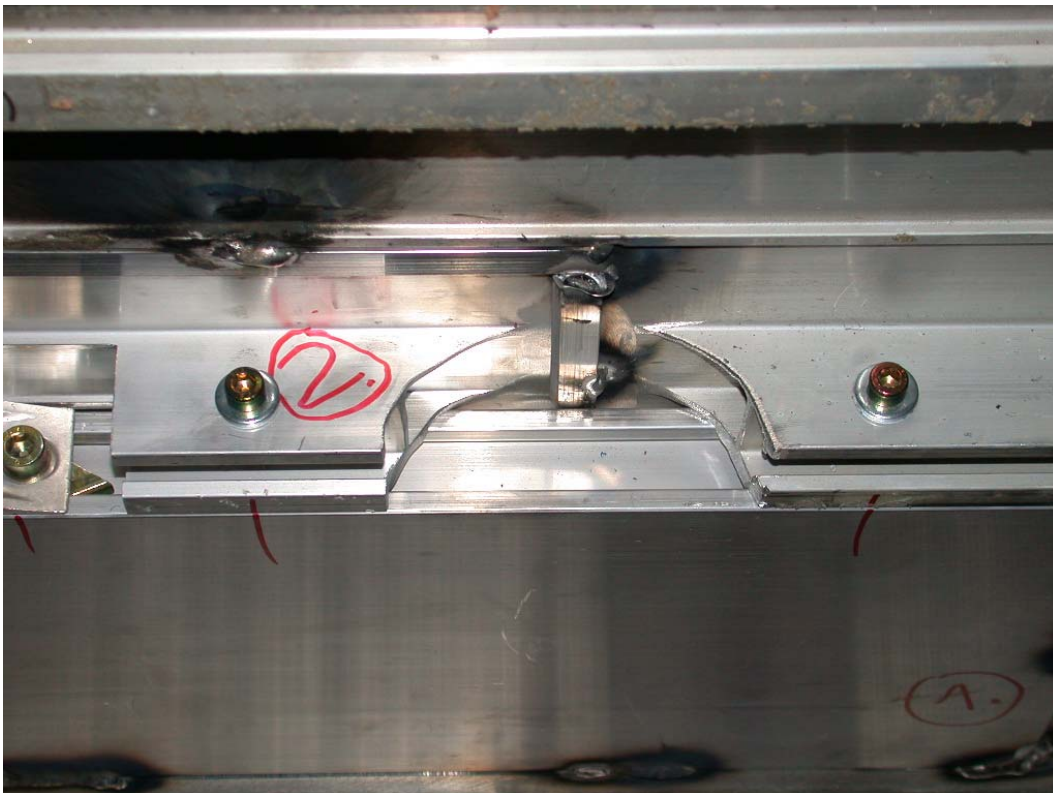
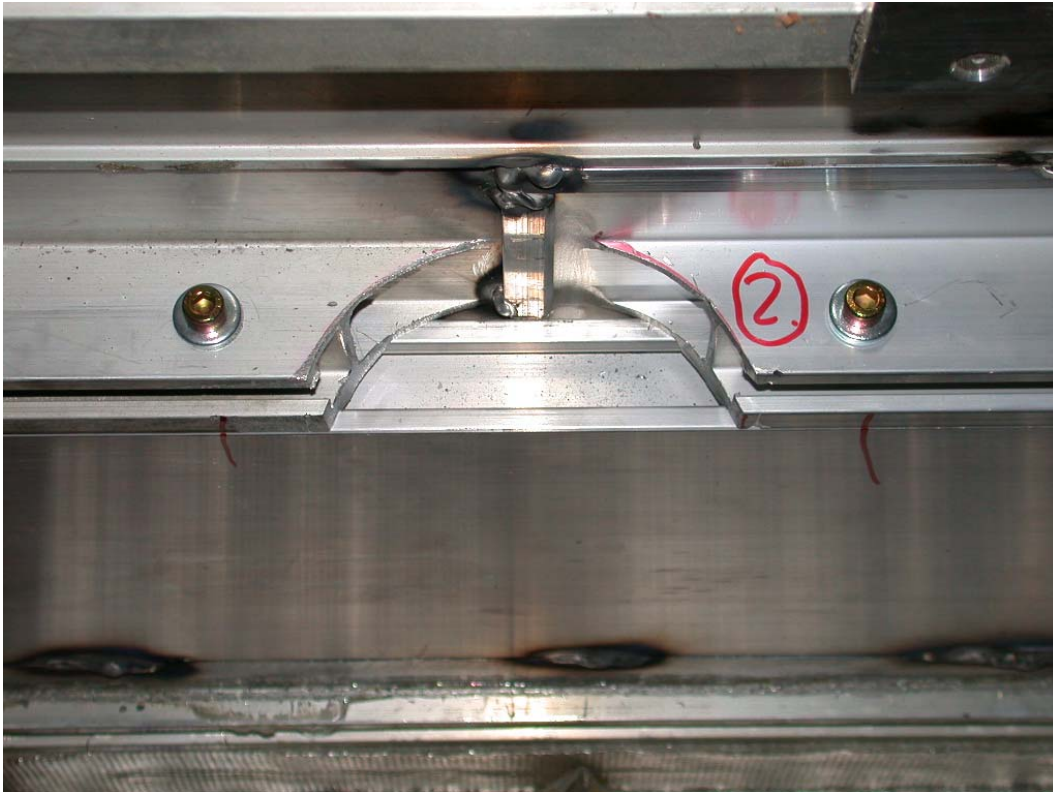
6. Einheften der Ersatz-Profilstücke (Pos. 1 und 2) in die Seitenwand:





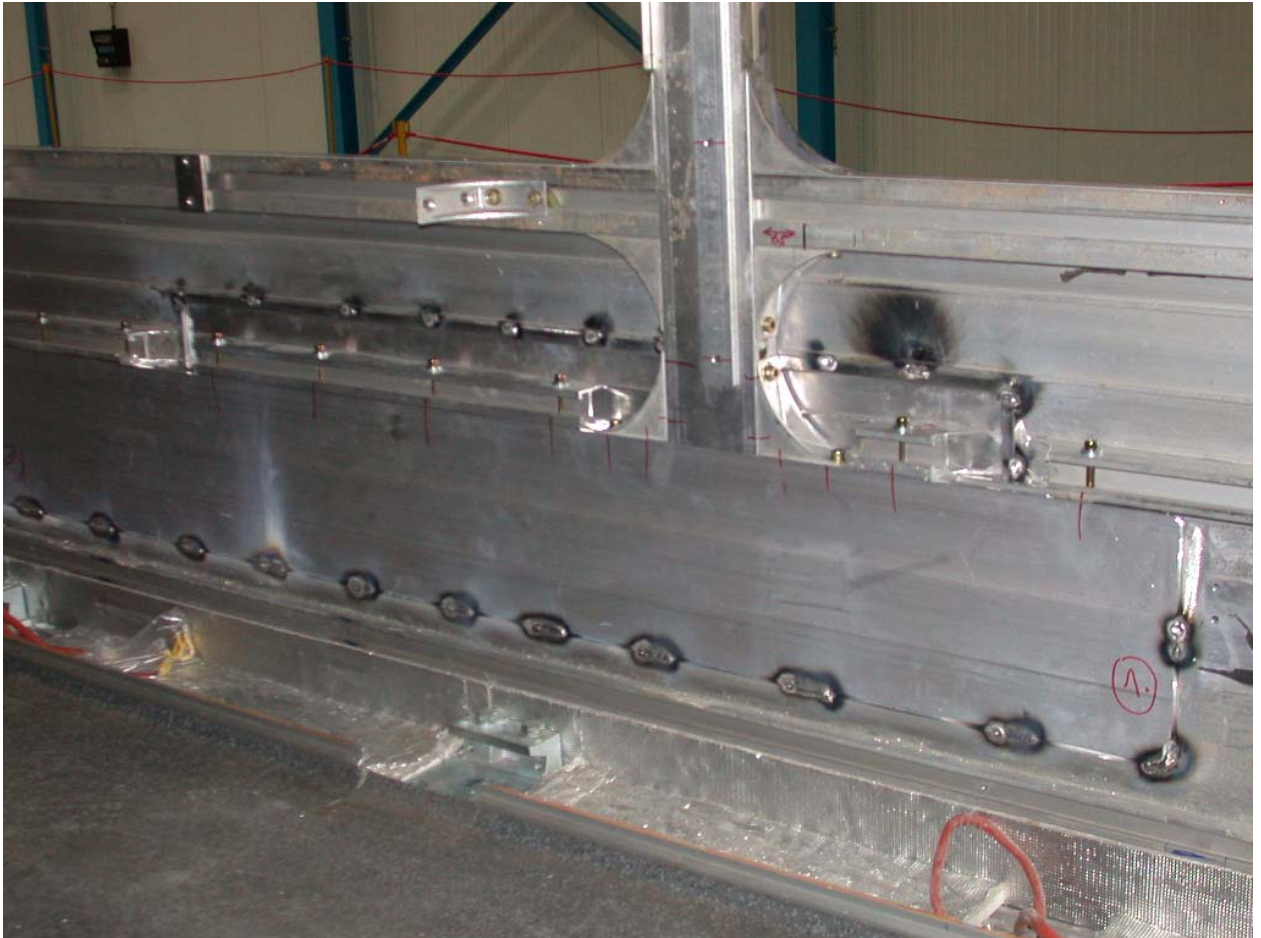
7. Verschrauben der Pos. 1 mit Pos. 2 und mit der bestehenden Seitenwand

Detail A:



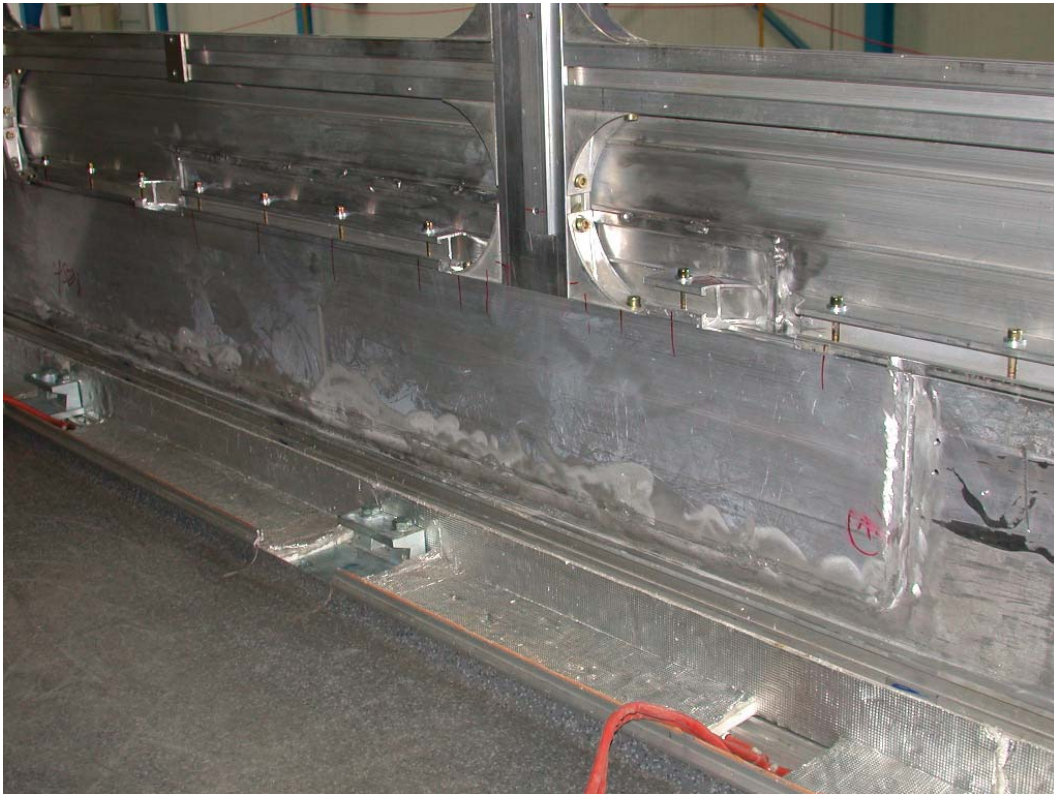


8. Verschrauben der intakt gebliebenen Fenstersäule mit dem eingesetzten Profil Pos.1 mittels Original-Schraubecken:

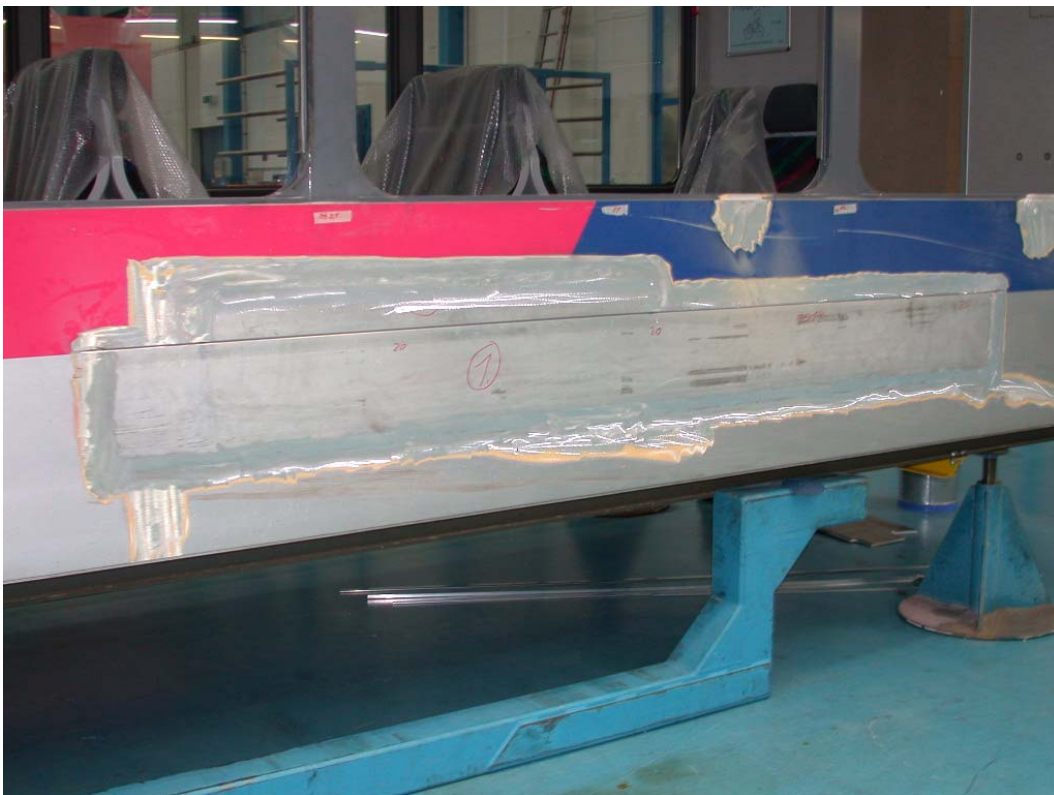




9. Verschweissen der vorbereiteten Nähte mittels MIG, Zusatzdraht AlMg4,5Mn (5183), 1.2 mm:



10. Verschleifen der äusseren Schweissnähte:



11. Spachtel-Arbeiten und verschleifen
12. Aufbau der ursprünglichen Lackierung



3.9 Material-Deklaration

Reparatur-Position	Beschrieb Profile / Nr. Bleche / Dicke	Original- Halbzeug ja/nein	Material Bezeichnung	Bemerkungen
1	CH58062	ja	EN AW 6005A/T6	
2	CH58584	ja	EN AW 6106/T6	
3	CH58062	ja	EN AW 6005A/T6	
4	CH58625	ja	EN AW 6106/T6	
5	CH58625	ja	EN AW 6106/T6	
6	CH58584	ja	EN AW 6106/T6	gebogen, wie Original
7	CH58062	ja	EN AW 6005A/T6	
8	Blech	nein	EN AW 5005	
9	Blech 5 mm	nein	EN AW 6082/T6	
10	Blech 10 mm	nein	EN AW 6082/T6	
11	Blech 10 mm	nein	EN AW 6082/T6	
12	Blech 10 mm	nein	EN AW 6082/T6	
13	Blech 10 mm	nein	EN AW 6082/T6	
14	Blech 5 mm	nein	EN AW 6082/T6	
15	U-Profil 3 x 40 x 30	nein	EN AW 6060/T66	
16	Blech 6 mm	nein	EN AW 6082/T6	
17	Winkel 4 x 40 x 40	nein	EN AW 6060/T66	
18	Winkel 6 x 60 x 60	nein	EN AW 6060/T66	
19	Winkel 6 x 60 x 60	nein	EN AW 6060/T66	

Leutenegger
Engineering & Consulting

S. Leutenegger