

# VOLKSWAGEN

AKTIENGESELLSCHAFT

**Arbeitssicherheitsratschläge für die Karosserie-Instandsetzung  
unter besonderer Berücksichtigung von Aluminium und Carbon**

**Leitfaden für Kfz-Werkstätten**



**Multimaterial-Mix-Arbeitsplatzkonzept**

**VAS 6673 und VAS 892 007**



## Impressum

**VON VOLKSWAGEN**

## **Arbeitssicherheitsratschläge bei der Multimaterial-Mix-Karosserieinstandsetzung**

### **Vorwort**

Durch die zunehmende Mischverbauung bei allen neueren PKW-Modellen ist die früher praktizierte, räumliche Separierung in einen Stahl- und einen Aluminiumarbeitsplatz für die Unfallinstandsetzung zukünftig nicht mehr praktikabel, da ein zerlegtes oder auf dem Richtsystem fixiertes Fahrzeug während des Reparaturvorgangs nicht ständig von einem Arbeitsplatz auf den anderen bewegt werden kann.

Durch die neuen Karosserie-Werkstoffe wie Aluminium und Carbon und deren spezifischen Eigenschaften, der neuen Füge- und Reparaturverfahren, sowie der physikalischen und chemischen Wechselwirkungen der neuen Werkstoffe untereinander, entstehen in der PKW-Unfallinstandsetzung nun erstmalig ganz neue Gefahren für den ausführenden Mitarbeiter und die Werkstatt. Diese neuen Gefahren sind analysiert und die daraus abgeleiteten geräte- und verfahrenstechnischen Maßnahmen zur Unfallvermeidung bzw. der bestmöglichen Risikominimierung dargestellt.

Beschrieben werden die in den Serviceorganisationen der Volkswagen-Konzernmarken im Einsatz befindlichen Multimaterial-Mix-Karosseriearbeitsplätze VAS 6673 und VAS 892007, die Aufrüstung bestehender Aluminium-Arbeitsplätze VAS 2010 und VAS 2010 A auf Multimaterial-Mix-Standard, sowie die Reparaturvorhaben an demontierten Aluminium-Karosserieteilen.

Die Serviceunterlagen und Schulungen des Fahrzeugherstellers zielen primär auf die Sicherstellung der Reparaturqualität am Fahrzeug. Für die Einhaltung aller allgemeingültigen und der prozess- und werkstoffspezifischen Sicherheitsvorschriften und -maßnahmen beim Umgang mit diesen neuen Werkstoffen in der Werkstatt ist aber jeder ausführende Unternehmer, entsprechend seiner Situation in der Werkstatt und den regionalen Vorschriften, selbst verantwortlich! Ihn dabei fachlich bestmöglich zu unterstützen diese Verantwortung wahrnehmen und ihr gerecht werden zu können ist das Ziel dieser Ausarbeitung.

Die Ausarbeitung ist in Zusammenarbeit der Experten der Volkswagen-Konzernmarken, der Berufsgenossenschaft Holz und Metall (BGHM) und der ProWoTech GmbH entstanden. Für die Unterstützung aller Teilnehmer bedanken wir uns.

**(Unterschriften)**

## Inhaltsverzeichnis

	<b>Begriffsdefinitionen</b>	Seite 8
<b>1</b>	<b>Vorbemerkung</b>	Seite 14
1.1	Einsatzbereich: Unfallinstandsetzung	
1.2	Einsatzbereich: Lackiervorbereitung	
1.3	Sonstige Einsatzbereiche	
<b>2</b>	<b>Gestaltung und Lieferumfang des Multimaterial-Mix-Arbeitsplatzes VAS 6673</b>	Seite 15
2.1	Baugröße	
2.2	Lieferumfang ProWoTech für Multimaterial-Mix Arbeitsplätze	
2.2.1	Zusatzausstattung (Empfehlung für Carbon-Stützpunktbetriebe)	
2.2.2	Zubehörempfehlung (nicht für Carbon-Stützpunktbetriebe)	
2.3	Sonstige Vorrichtungen, Werkzeuge und Maschinen auf dem Multimaterial-Mix-Arbeitsplatz VAS 6673, bzw. VAS 892 007 (nicht im Lieferumfang ProWoTech)	
<b>3</b>	<b>Generelle, sicherheitstechnische Beurteilung eines Karosseriearbeitsplatzes</b>	Seite 18
3.1	Sonderfall Multimaterial-Mix-Instandsetzung	
<b>4</b>	<b>Stäube</b>	Seite 19
4.1	Aluminium-Staub: Unterlagen	
4.1.1	Aluminium-Staub: Relevanz für die Unfallinstandsetzung	
4.1.2	Mögliche Zündquellen bei der Karosserieinstandsetzung	
4.1.3	Einteilung in Zonen	
4.1.4	Funktionsprinzip der Funkenfalle	
4.1.5	Kernforderung Prozesstrennung und Sauberkeit	
4.1.6	Sonderfall Sandwich-Schnitt	
4.1.7	Handlungsgrundsätze bei der Aluminium-Reparatur	

4.2	AL-/ST-Kontaktkorrosion	
4.3	Aluminium-Metallbrand-Bekämpfung	
4.4	Stahl-Staub: Vorbemerkung	
4.4.1	Stahl-Staub bei der Multimaterial-Mix- Instandsetzung	
4.4.2	Kernforderung Prozesstrennung und Sauberkeit	
4.4.3	Handlungsgrundsätze bei der Stahl-Reparatur	
4.5	Carbon-Staub: Vorbemerkung	
4.5.1	Carbon-Staub bei der Multimaterial-Mix- Instandsetzung	
4.5.2	Kernforderung Prozesstrennung und Sauberkeit	
4.5.3	Handlungsgrundsätze bei der Carbon- Reparatur	
4.6	Carbon-Staub und Elektronik	
4.7	Kontaktkorrosion Carbon - Aluminium	
<b>5</b>	<b>Stäube: Sonstiges</b>	Seite 39
5.1	Abluftführung	
5.2	Staubsauger anderer Hersteller ohne Freigabe der Fahrzeughersteller	
5.3	Umrüstung alter Audi-Aluminium- Arbeitsplätze VAS 2010 oder VAS 2010A	
5.4	Maschinen mit Nassabscheidung	
<b>6</b>	<b>Schweißrauch, Klebstoffqualm, Lösemitteldämpfe und andere Schwebstoffe</b>	Seite 42
6.1	Vorbetrachtung	
6.2	Definition Schweißrauch	
6.3	Atembare Emissionen der Werkstoffe bei der Unfallinstandsetzung	
6.4	Emissionsvergleich der eingesetzten Fügeverfahren bei der Instandsetzung	
6.5	Fazit: Schweißrauch in der Multimaterial-Mix- Unfallinstandsetzung	

- 6.6 Rauchgaserfassung: Gerätetechnische Lösungen
  - 6.6.1 Rauchgas-Absaugbrenner
  - 6.6.2 Rauchgaserfassung am Handspiegel
  - 6.6.3 Rauchgaserfassung mit stationären Anlagen
  - 6.6.4 Schweißrauchfassung mit dem Teleskoparm VAS 6571/1-1 der Staubsauger
  - 6.6.5 Mobile Schweißrauchfassung
    - 6.6.5.1 VAS 892 001: Mobile Schweißrauchabsaugung mit Patronenfilter, groß
    - 6.6.5.2 VAS 892 005: Mobile Schweißrauchabsaugung mit Patronenfilter, klein
  - 6.6.6 Sonderfall: Austausch geklebter Carbon-Bauteile
    - 6.6.6.1 VAS 892 003: Mobile Schweißrauchabsaugung mit 2 Erfassungsräumen, erhöhter Turbinenleistung und zusätzlichem Aktivkohle-Filter
- 6.7 Wartung und Ersatzteile der Schweißrauchabsauganlagen
- 6.8 Explosionsschutz der Schweißrauchsauger
- 6.9 Ist-Zustand / Alternative Geräte ohne VAS-Nummer
- 6.10 Ein Unding aus der Praxis beim Austausch geklebter Carbon-Bauteile

## **7 Arbeitsplatzgestaltung**

Seite 55

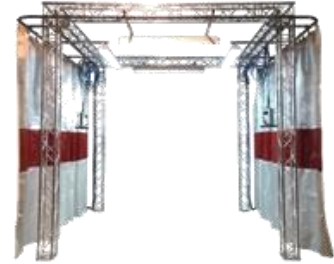
- 7.1 Historischer Rückblick
- 7.2 Arbeitsplatzgestaltung beim Multimaterial-Mix-Arbeitsplatz (ab Baujahr 2009)
  - 7.2.1 Vorbetrachtung: Vorhanglösung oder separater Raum?
- 7.3 Die Baugruppen des ProWoTech-Arbeitsplatzsystems
  - 7.3.1 Das Vorhangsystem
  - 7.3.2 Alternativlösung elektrischer Rollvorhang
  - 7.3.3 Reinigung des Vorhangs
- 7.4 Das Beleuchtungssystem
  - 7.4.1 Option LED-Beleuchtung

7.4.2	Option Unterboden-Beleuchtung	
7.5	Das Energiezuführungssystem	
7.5.1	Energieversorgungssystem im Arbeitsplatz ProWoTech CLM (VAS 6673)	
7.5.2	Energieversorgungssystem im Arbeitsplatz ProWoTech CLE (VAS 892 007)	
7.5.3	Steckdose für das Inverter-Schweißgerät	
7.6	Wirtschaftliche Überlegungen	
7.7	Reparaturkabine AL-BOP für demontierte Anbauteile aus Aluminium	
7.7.1	Bauweise und Konzept ProWoTech AL-BOP	
7.7.2	Aluminium-Absaugtechnik in der AL-BOP-Kabine	
7.7.3	CFK-Reparaturen in der AL-BOP Kabine	
<b>8</b>	<b>Unternehmerpflichten</b>	Seite 70
8.1	Gefährdungsanalyse für die Multi-Material-Mix-Karosserieinstandsetzung	
8.2	Gliederungs-Empfehlung für eine Gefährdungsanalyse	
<b>9</b>	<b>Beispielunfall</b>	Seite 73
9.1	Explosionsunfall bei der Aluminium-Karosserieinstandsetzung	
9.2	Schlusswort	

## Begriffsdefinitionen und verwendete Abkürzungen

### **AL-BOP**

AL-BOP: Aus dem englischen „Aluminum Bolt-on Parts“. Kleiner, separater Aluminiumreparaturarbeitsplatz von ca. 3,50 x 3,50 m Grundfläche, ausschließlich für die Instandsetzung demontierter Aluminium-Anbauteile wie Hauben, Kotflügel und Stoßfänger.



### **Aluminiumkarosserie**

Karosserie in der ausschließlich Aluminium und Aluminiumlegierungen „sortenrein“, das heißt OHNE die Verwendung von Stahl- oder Kunststoffkomponenten, verbaut sind.

### **Aluminium-Karosseriereparaturplatz**

Karosseriearbeitsplatz ausschließlich zur Instandsetzung von Fahrzeugen oder Komponenten aus Aluminium (vormals: V.A.G 2010 und VAS 2010 A). Ein Aluminium-Reparaturplatz ist ohne Anpassung der Absaugtechnik NICHT geeignet für Fahrzeuge in Multimaterial-Mix-Bauweise!

### **ASF**

Kürzel für: **A**udi **S**pace **F**rame. Karosseriestruktur aus Aluminium ähnlich eines Gitterrohrrahmens.

### **A-Staub**

A-Staub wird auch als „alveolengängige Staubfraktion“ bezeichnet. Alveolen = Lungenbläschen.

### **ATEX**

ATEX ist ein weit verbreitetes Synonym für die ATEX-Richtlinien der Europäischen Union. Die Bezeichnung ATEX leitet sich aus der französischen Abkürzung für **AT**mosphères **EX**plosibles ab.



Die Richtlinie umfasst aktuell zwei Richtlinien auf dem Gebiet des Explosionsschutzes, nämlich die ATEX-Produktrichtlinie 2014/34/EU und die ATEX-Betriebsrichtlinie 1999/92/EG.



## **Carbon**

Carbonfaserverstärkter Kunststoff (**CFK**), oder englisch carbon-fiber-reinforced plastic (**CFRP**), umgangssprachlich verkürzt auch Carbon oder Karbon, ist ein Verbundwerkstoff, bei dem Kohlenstofffasern in eine Kunststoff-Matrix, meist Epoxidharz, eingebettet sind. Der Matrix-Werkstoff dient zur Verbindung der Fasern sowie zum Füllen der Zwischenräume. Es sind auch andere Duroplaste oder auch Thermoplaste als Matrixwerkstoff möglich und gebräuchlich. CFK kommt besonders dort zum Einsatz, wo für eine geringe Masse und gleichzeitig hohe Steifigkeit die erhöhten Kosten in Kauf genommen werden.

## **DGUV**

Kürzel für Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung.

## **Dotzer**

Hydraulisches Zugelement am Karosserie-Richtsystem.

## **Exotherme Reaktion**

Als exotherm bezeichnet man eine chemische Reaktion bei der Energie, z. B. in Form von Wärme, an die Umgebung abgegeben wird.

## **Explosion**

Bei einer Explosion handelt es sich um eine Oxidations- oder Zerfallsreaktion mit einem plötzlichen Anstieg der Temperatur, des Druckes oder beidem gleichzeitig. Dabei kommt es zu einer plötzlichen Volumenausdehnung und der Freisetzung großer Energiemengen auf kleinem Raum. Die plötzliche Volumenvergrößerung verursacht eine Druckwelle, die im Falle einer Eindämmung oder Einhausung noch verstärkt wird.

## **Explosionsfähige Atmosphäre**

Explosionsfähige Atmosphäre ist ein Gemisch aus brennbaren Gasen, Dämpfen, Nebeln oder Stäuben, in dem sich ein Verbrennungsvorgang nach erfolgter Zündung auf das gesamte noch unverbrannte Gemisch überträgt.

## **Explosionsgefährdeter Bereich**

Als explosionsgefährdeter Bereich wird ein Bereich gekennzeichnet, in dem eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre auftreten kann. Ein Bereich, in dem eine explosionsfähige Atmosphäre nicht in einer solchen Menge zu erwarten ist, gilt nicht als explosionsgefährdeter Bereich.

## **Feuer**

Als Feuer wird die Flammenbildung bei der Verbrennung (Oxidation mit niedriger Geschwindigkeit) eines brennbaren Stoffes unter Abgabe von Wärme und Licht bezeichnet.

## **Funkenfalle**

Mechanische Sicherheitseinrichtung zur Vermeidung der Einleitung von Zündquellen in Form von Funken aus mechanischen Bearbeitungsprozessen in den explosionsgefährdeten Bereich innerhalb der Absauganlage.

## **GESTIS**

**G**efahr**s**t**o**ff-**I**nformations-**S**ystem des IFA. Auch online einsehbare Datenbank mit den Analysen verschiedenster Werkstoffe und Werkstoffpaarungen. Enthält Angaben zu den Partikelgrößen verschiedener Bearbeitungsverfahren und klassifiziert ihre Brennbarkeit bzw. Explosionsfähigkeit.

## **GFK**

Glasfaserverstärkter Kunststoff (engl. GFRP = glass-fibre reinforced plastic), ist ein Faser-Kunststoff-Verbund aus einem Kunststoff und Glasfasern. Als Basis kommen sowohl duroplastische Kunststoffe (z. B. Polyesterharz oder Epoxidharz) als auch thermoplastische Kunststoffe (z. B. Polyamid) in Frage.

## **IFA**

Kürzel für: Institut für Arbeitsschutz der DGUV.

## **Inhomogenes Staubkonglomerat**

Nicht exakt zu bestimmende Mischung zweier oder mehrerer Stäube mit unklarem Reaktionsverhalten und Risikopotential.

## **IP65**

Angabe einer Schutzart. Die Schutzart gibt die Eignung von elektrischen Betriebsmitteln (zum Beispiel Geräte, Leuchten und Installationsmaterial) für verschiedene Umgebungsbedingungen an, zusätzlich den Schutz von Menschen gegen potentielle Gefährdung bei deren Benutzung.

## **Kontaktkorrosion**

Kontaktkorrosion entsteht, wenn zwei Metalle mit unterschiedlichem Lösungspotenzial durch einen Elektrolyt (Wasser, feuchte Luft ...) leitend verbunden sind. Dabei werden das unedlere Metall zur Anode und das edlere zur Kathode. Die zusätzliche Polarisierung führt zu einer beschleunigten Auflösung der Anode. Das unedlere Metall bei der Werkstoffpaarung Stahl-Aluminium ist das Aluminium.

## **K<sub>St</sub>-Wert**

Der K<sub>St</sub>-Wert kennzeichnet den maximalen zeitlichen Druckaufbau pro Kubikmeter Volumen in bar m/s und ist synonym für die Geschwindigkeit und Wucht der Explosion eines bestimmten Stoffes oder Stoffgemisches.

## **Median**

Der Median oder Zentralwert ist ein Mittelwert für Verteilungen in der Statistik. Der Median einer Auflistung von Zahlenwerten ist der Wert, der an der mittleren (zentralen) Stelle steht, wenn man die Werte der Größe nach sortiert. Allgemein teilt ein Median einen Datensatz, eine Stichprobe oder eine Verteilung so in zwei Hälften, dass die Werte in der einen Hälfte nicht größer als der Medianwert sind, und in der anderen nicht kleiner.

## **Multimaterial-Mix-Karosserie**

Karosseriebauart in der neben Aluminium und Aluminiumlegierungen auch Stahl- und Carbon-Komponenten im Bereich tragender Teile verbaut sind.

## **Multimaterial-Mix-Karosseriereparaturplatz**

Karosseriearbeitsplatz ausgerüstet zur Instandsetzung von Fahrzeugen oder Komponenten aus Aluminium, Stahl oder Carbon, sowie von Multimaterial-Mix-Karosserien.

## **Mischverbauung**

Synonym für Multimaterial-Mix-Bauweise.

## **Ohm-Schlauch**

Antistatisch ausgerüsteter Saugschlauch.



## Redoxreaktion

Eine Redoxreaktion (eigentlich: Reduktions-Oxidations-Reaktion) ist eine chemische Reaktion, bei der ein Reaktionspartner Elektronen auf den anderen überträgt. Hierbei findet also eine Elektronenabgabe (Oxidation) durch einen Stoff sowie eine Elektronenaufnahme (Reduktion) statt. Redoxreaktionen sind von grundlegender Bedeutung in der Chemie: Viele Stoffwechsel- und Verbrennungsvorgänge, technische Produktionsprozesse und Nachweisreaktionen basieren auf solchen Elektronenübertragungsreaktionen.

## Sandwich-Schnitt

Bezeichnung für einen Schnitt mit der Karoseriesäge oder der Trennscheibe durch Bleche verschiedener Werkstoffe gleichzeitig. (z.B. Trägerblech aus Stahl mit Aluminiumbeplankung)

## Storz-C-Kupplung

Handelsname für eine Schlauchkupplung mit Bajonettverschluss wie sie z.B. auch bei Feuerweherschläuchen zum Einsatz kommt.



## Thermit

Zur Herstellung von zahlreichen Metallen aus ihren Oxiden kann Aluminium als Reduktionsmittel verwendet werden, wenn die Metalle edler als Aluminium sind. Eine Mischung aus Eisenoxid- und Aluminiumstaub wird Thermit genannt und wird beispielsweise zum Zusammenschweißen von Eisenbahnschienen und für Brandbomben verwendet.

## VAS

Kürzel für: Volkswagen Automotive Service Equipment.

## Verpuffung

Oft wird bei einer Explosion ohne nennenswertes Schadensausmaß der Begriff Verpuffung verwendet. Damit wird eine Explosion beschrieben, bei der die Verbrennungsreaktion zwar zu einer Volumenerweiterung, nicht aber zu einem relevanten Druckaufbau führte.

## **Zündquellenfreie Bauart**

Zündquellenfreie Bauart beschreibt die Konstruktionsmerkmale z.B. einer Absauganlage. Es bedeutet, dass die Maschine nicht als Zündquelle in einer explosionsfähigen Atmosphäre in Frage kommt und dort betrieben werden darf. Der Begriff „Zündquellenfreie Bauart“ alleine sagt jedoch nichts darüber aus welche Materialien und Emissionen mit dieser Maschine abgesaugt werden dürfen oder nicht.

## **Zone 22**

ATEX-Klassifizierung für einen explosionsgefährdeten Bereich in dem eine explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Staub bei Normalbetrieb **normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig** vorhanden ist.

## **1 Vorbemerkung**

### **1.1 Einsatzbereich: Unfallinstandsetzung**

Auf dem Multi-Material-Mix-Karosseriearbeitsplätzen VAS 6673 (Baureihe ProWoTech CLM) oder VAS 892 007 (Baureihe ProWoTech CLE) findet die Unfallinstandsetzung von Fahrzeugen mit Stahl- oder Aluminiumkarosserie, sowie von Fahrzeugen in Multimaterial-Mix-Bauweise (Leichtbautechnologie unter gleichzeitiger Verwendung von Stahl, Aluminium und/oder Carbon innerhalb der gleichen Karosseriestruktur), statt. Beide Arbeitsplatzsysteme unterscheiden sich nur beim integrierten Energieversorgungssystem, konstruktiver Aufbau und die enthaltene Gerätetechnik sind identisch.

Das Einsatzspektrum umfasst Karosseriearbeiten aller Art von Ausbeularbeiten, leichten Bagatellschäden bis hin zu schweren Strukturschäden. Ein typisches Schadensbild und ein daraus abgeleiteter, standardisierter Arbeitsablauf ähnlich immer wiederkehrender industrieller Produktionsprozesse kann bei der Unfallinstandsetzung aber nicht definiert werden, da die angewandten Reparaturprozesse allein vom Schadensbild am Fahrzeug abhängen. Darum müssen die Reparaturprozesse in ihrer Gesamtheit betrachtet werden.

### **1.2 Einsatzbereich Lackiervorbereitung**

Für die anschließende Lackiervorbereitung ist der Arbeitsplatz nicht vorgesehen und gerätetechnisch auch nicht ausgerüstet. Bei der Lackiervorbereitung liegt eine ganz andere Staubzusammensetzung zugrunde: Sind in der Lackiervorbereitung die wenigen Aluminiumstäube aus der Oberflächenbearbeitung eingebettet in eine große Menge Spachtel, Füller, Lack und anderer Bestandteile wie z.B. Schleifmittel-Abrieb, ist in der Karosserieinstandsetzung mit dem Vorhandensein größtenteils chemisch reiner Metall- oder Kunststoffstäube mit nur geringem Verschmutzungsgrad zu rechnen.

Die in der Lackiervorbereitung verwendeten Werkzeuge, die Arbeitsprozesse, die verwendeten und zu bearbeitenden Materialien, die Ausbildung und Qualifikation der Mitarbeiter und die daraus resultierende Gefährdungslage sind im Vergleich zur Karosserieinstandsetzung grundsätzlich verschieden und Lackiervorbereitung darum nicht Gegenstand dieser Betrachtung. Zum heutigen Kenntnisstand sind für die Lackiervorbereitung an Multimaterial-Mix-Karosserien keine besonderen Sicherheitsvorkehrungen erforderlich.

### **1.3 Sonstige Einsatzbereiche**

Sollten keine Karosseriearbeiten stattfinden und der Arbeitsplatz unbenutzt sein, darf er ausschließlich nur für andere Arbeiten benutzt werden, die keine zusätzlichen physikalischen oder chemischen Gefahrenmomente für die hier bei der Unfallinstandsetzung entstehenden Metall- und Kunststoffstäube in sich bergen.

Zulässig sind darum ausschließlich Montage- und Demontearbeiten an trockenen Fahrzeugen ohne möglichen Flüssigkeitsverlust, die Gebrauchtwagenaufbereitung am trockenen Fahrzeug ohne den Einsatz der Sauger aus dem Karosseriearbeitsplatz oder der Einsatz als Gutachter-Arbeitsplatz bei der Schadensbeurteilung oder der anschließenden Qualitätskontrolle.

Ferner ist der gereinigte Arbeitsplatz zur Begutachtung und Diagnose bei Unfallschäden geeignet und bietet wegen des umlaufenden Vorhangsystems auch die Möglichkeiten mit Kunden, die auf Diskretion angewiesen sind, direkt am Fahrzeug zu sprechen.

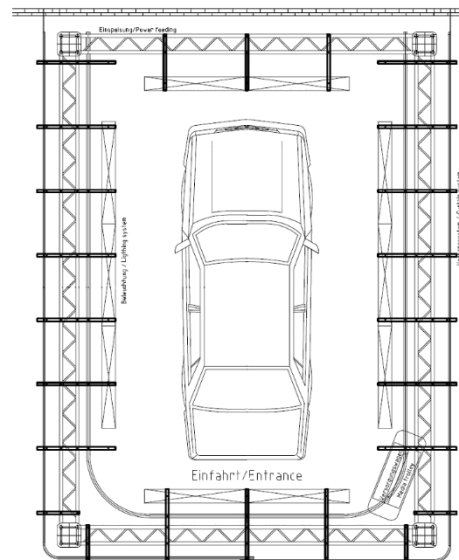
## **2 Gestaltung und Lieferumfang des Multi-Material-Mix-Arbeitsplatzes**

### **VAS 6673**



### **2.1 Baugröße**

- Standard-Feldgröße: 6,00 x 8,00 m
- Standard-Bauhöhe: 3,50 m
- Standard-Arbeitsfläche: 48,00 m<sup>2</sup>
- Standard-Kabinenvolumen bis Oberkante Gitterträger: 168,00 m<sup>3</sup>



## 2.2 Lieferumfang ProWoTech für Multi-Material-Mix-Arbeitsplätze

- Auf Stützen stehende oder von der Decke abgehängtes Aluminium-Gitterträgersystem als Tragekonstruktion zur Aufnahme des Vorhangsystems, des Beleuchtungssystems und des mobilen Energieversorgungssystems des Arbeitsplatzsystems
- Bodenlanges, U-förmiges Schutzvorhangsystem aus schwer entflammbarem E-Glasgewebe mit eingearbeitetem Blendschutz-Sichtfenster
- Speziell auf den Karosseriearbeitsplatz abgestimmtes, 4-seitiges Beleuchtungssystem
- Bewegliches, laufschienegebundenes Energieversorgungssystem mit U-förmig um das Fahrzeug verschiebbarem Versorgungswagen (Baureihe ProWoTech CLM / VAS 6673) oder zwei linear auf den Längsseiten verschiebbaren Energieampeln (Baureihe ProWoTech CLE / VAS 892 007)
- Zum Einsatz in Zone 22 staubexplosionsschutz ausgerüstete Absauganlage für Aluminium- und Carbonstäube VAS 6572/2:  
Mobiler Industriestaubsauger Bauform B1C, Staubklasse H, mit zusätzlichem, TÜV-geprüften Sicherheitssystem gegen die Einleitung von externen Zündquellen in Form von Schleiffunken, die beim irrtümlichen Anschleifen von Stahl-Bauteilen oder beim seltenen Fall eines erforderlichen, gleichzeitigen Trennschnittes durch Stahl- und Aluminium-Bauteile (Sandwich-Schnitt) entstehen können.  
Identifikationsfarbe: RAL 3001 kaminrot
- Zum Einsatz in Zone 22 staubexplosionsschutz ausgerüstete Absauganlage für Stahlstäube VAS 6571/1:  
Mobiler Industriestaubsauger Staubklasse M
- Pneumatisch gedämpfter und stufenlos verstellbarer Teleskoparm VAS 6571/1-1 mit Prallplatte zur *punktuellen* Erfassung von Schweißrauch mit den Saugern VAS 6572/2 oder VAS 6571/1 (wahlweise). Die Prallplatte kann ebenfalls eingesetzt werden, wenn Bearbeitungswerkzeuge nicht direkt an den Staubsauger angeschlossen werden können, wie z.B. bei Trennschnitten mit dem Winkelschleifer.
- Container für Ausbauteile VAS 1698 A oder VAS 276 005 zur von den Stahlbauteilen separierten Ablage und Aufbewahrung der demontierten Bauteile aus Aluminium oder Carbon für die Dauer der Reparatur



- Herausnehmbarer und verschließbarer Gefahrstoff-Entsorgungsbehälter im Staubsammelbehälter des Saugers VAS 6572/2



### **2.2.1 Zusatzausstattung (Empfehlung für Stützpunktbetriebe)**

Leistungsstarke Schweißrauchabsauganlage VAS 892 003 mit 2 Erfassungsarmen und hohem Volumenstrom zur großflächigen Erfassung von Schweißrauch.

Die Maschine ist zusätzlich mit einem großen Aktivkohle-Filter (14 kg) ausgestattet, der alternativ eingesetzt werden kann, so dass auch der großflächig auf ganzer Bauteilgröße beim thermischen Lösen entstehende Klebstoffqualm und die Lösemittel-Emission beim anschließenden Neuverkleben von Carbon-Bauteilen mit dieser Maschine sicher zu erfassen sind und ihre gesundheitsschädliche Wirkung eliminiert wird. Außerdem ist die Aktivkohle wirksam gegen Geruchsbelästigungen aller Art.



**Hinweis:** Beim Einsatz des Saugers VAS 892 003 ist dieser aufgrund des wesentlich höheren Volumenstroms für die Schweißraucherfassung dem Teleskoparm VAS 6571/1-1 immer vorzuziehen!

### **2.2.2 Zubehörempfehlung (nur für Stützpunktbetriebe ohne Kunststoffbearbeitung)**

Leistungsstarke Schweißrauchabsauganlage VAS 892 001 mit einem Erfassungsarm und hohem Volumenstrom zur großflächigen Erfassung von Schweißrauch.

**Hinweis:** Beim Einsatz des Saugers VAS 892 001 ist dieser aufgrund des wesentlich höheren Volumenstroms für die Schweißraucherfassung dem Teleskoparm VAS 6571/1-1 immer vorzuziehen.

Diese Maschine ist NICHT geeignet zur Erfassung chemischer Emissionen wie sie bei der Kunststoff-Reparatur anfallen.



### **2.3 Sonstige Vorrichtungen, Werkzeuge und Maschinen auf dem Multi-Material-Mix-Arbeitsplatz VAS 6673, bzw. VAS 892 007 (nicht im Lieferumfang ProWoTech)**

Hinweis: Alle Betriebseinrichtungen, Maschinen und Werkzeuge nach Empfehlung oder Vorgabe des jeweiligen Fahrzeugherstellers!

- Hebebühne mit Karosserie-Aufnahme zum Aufsetzen des Fahrzeugs auf das Richtsystem
- Karosserie-Mess/Richtsystem, Richtrahmen oder Richtbank
- Ausrüstungspaket für die Karosserieinstandsetzung von Stahlbauteilen
- Ausrüstungspaket für die Karosserieinstandsetzung von Aluminiumbauteilen
- Ausrüstungspaket für die Karosserieinstandsetzung von Carbonbauteilen (nur Carbon-Stützpunktbetriebe)
- individuelle Ausrüstungen wie z.B. Ausbeultechnik, Scheibenreparatur, Ausrüstungen für die Kleinschaden-Reparaturen am Interieur / Exterieur und ähnliche, ausschließlich der Karosserieinstandsetzung zugeordneten, Gerätschaften und Werkzeuge.

Hinweis: Alle nicht ausschließlich der Karosserieinstandsetzung zugeordneten Werkzeuge, Vorrichtungen und Maschinen sind auf dem Multi-Material-Mix-Arbeitsplatz nicht zulässig!

### **3 Generelle, sicherheitstechnische Beurteilung eines Karosseriearbeitsplatzes**

Der Karosseriearbeitsplatz gehört zu denjenigen Arbeitsplätzen in der Kfz.-Werkstatt, in denen die meisten Sicherheitsrisiken auftreten: Das Fahrzeug muss angehoben werden, beim Ziehen und Richten wird mit großen Kräften gearbeitet, es bestehen Risiken beim Umgang mit rotierenden Werkzeugen, elektrischen Strom, Pressluft, offenen Flammen, Schweißgeräten, usw..

Eine fundierte Ausbildung der Karosseriebauer bezüglich aller dieser gängigen Arbeitsprozesse und der daraus resultierenden Gefährdungslagen wird vorausgesetzt und ist nicht Gegenstand dieser Ausarbeitung.

### **3.1 Sonderfall Multi-Material-Mix-Instandsetzung**

Bei der Multi-Material-Mix-Instandsetzung kommen zukünftig zu den vorgenannten, allgemeinen Risiken noch zusätzliche Gefahrenmomente durch Reparaturen von Stahl-, Aluminium- und Carbon-Bauteilen zum Tragen, die hier explizit betrachtet werden. Dabei muss unterschieden werden nach Stäuben aus der spanenden Bearbeitung, sowie Schwebstoffen wie Schweißrauch, aber auch den Klebstoffdämpfen und -rauch beim Erwärmen zum Lösen und dem anschließenden Verkleben von Leichtbaumaterialien. Ferner wird die gegenseitige Wechselwirkung aller Reparaturprozesse und ihrer Emissionen untereinander untersucht.

## **4 Stäube**

Vorbemerkung: Stäube erfordern bei der Absaugtechnik grundsätzlich ein anderes Maschinenlayout als Absauganlagen für Schwebstoffe, Rauch und Dämpfe. Staubsauger verfügen über einen hohen Unterdruck bei recht geringem Volumenstrom um die "schweren" Stäube und Späne direkt am Werkzeug oder vom Boden, aus dem Fahrzeug, vom Richtsystem und der Hebebühne aufnehmen und im Luftstrom transportieren zu können. Absauganlagen für Schwebstoffe, Rauch und Dämpfe benötigen hingegen nur einen geringen Unterdruck, dafür aber viel mehr Volumen! Ihr Erfassungsbereich ist das gesamte nähere Arbeitsumfeld und die darin enthaltenen Schwebstoffe in der Umgebungsluft. Das hierfür erforderliche Maschinen-Layout hinsichtlich Volumenstrom und Unterdruck ist vergleichbar mit dem einer Abgas-Absauganlage in der mechanischen Instandsetzung. Eine für Rauchgase vorgesehene Maschine ist darum nicht zur Aufnahme von Stäuben geeignet. Ein Staubsauger nur sehr bedingt auch für Schwebstoffe.

In Kapitel 4 betrachten wir zunächst nur die Stäube der jeweiligen Werkstoffe und ihre sichere Erfassung.

### **4.1 Aluminium-Staub: Unterlagen**

Dem Thema Aluminium-Staub liegen folgende Unterlagen zugrunde:

a) BG-Richtlinie 109: Schleifen und Bürsten von Aluminium

<https://www.bghm.de/arbeitsschuetzer/fachinformationen/maschinen/aluminium-und-magnesium/>







Bild links: untere Zündgrenze bei Materialanhäufung 20 g

Bild rechts: untere Zündgrenze 100 g bei Verteilung auf 1 m<sup>3</sup> Luft

3) Aluminium-Staub und Wasser reagieren chemisch miteinander und bilden explosionsfähige Wasserstoff-Sauerstoff-Mischungen (Knallgas)!

4) Aluminium-Staub und Eisenoxyd (Rost) können unter starker exothermer Hitzeentwicklung miteinander reagieren. Bei passendem Mischungsverhältnis und Vorliegen einer starken Zündquelle (z.B. Lichtbogen aus statischer Entladung) kann sogar eine Thermit-Reaktion mit Temperaturen bis zu 2.400°C erfolgen. Da brennendes Thermit keinen externen Sauerstoff benötigt, kann die Reaktion nicht erstickt werden und in jeder Umgebung – auch unter Sand oder Wasser – gezündet werden und weiterbrennen. Lösversuche mit Wasser oder vorhandene Feuchtigkeit führen zu einer weiteren Redoxreduktion, in der das Wasser von den unedleren Metallen reduziert wird und so Metalloxid und Wasserstoff entstehen. Der dabei entstehende Wasserstoff reagiert bei diesen Temperaturen wieder mit Luftsauerstoff zu Wasser, das wiederum mit Aluminium und Eisen reagiert. Die Anwesenheit von Wasser stellt daher eine große Gefahr bei der Thermitreaktion dar und führt zum explosionsartigen Ausschleudern glutflüssiger Stoffe sowie zu explosionsfähigen Wasserstoff-Sauerstoff-Mischungen (Knallgas). So kann beispielsweise das im Kühlkreislauf enthaltene Glycerin den Oxidationsprozess auslösen oder beschleunigen.



#### 4.1.2 Mögliche Zündquellen bei der Karosserieinstandsetzung

Abseits der gefährlichen chemischen und physikalischen Reaktionen von Aluminiumstaub ist Karosserieinstandsetzung durch die unvermeidbaren Reparaturprozesse wie Schweißen, Schneiden, Schleifen, das Ausbeulen und Entspannen mit der offenen Flamme und dem reichlich erforderlichen Einsatz elektrischer und rotierender Werkzeuge eine ständige Aneinanderreihung möglicher Zündquellen für den Aluminiumstaub durch externe, thermische Einleitung.



Eine weitere Gefahr stellt die Einleitung statisch aufgeladener Partikel dar, die sich ungünstigstenfalls genau in der Staubansammlung mit einem Lichtbogen entladen und als Zündquelle dienen können.

Die Hauptgefahr bei der Multi-Material-Mix-Instandsetzung geht jedoch vom Funkenflug aus, wenn beim Bearbeiten von Aluminiumbauteilen irrtümlich auch ein Stahlteil angeschliffen wird oder gleichzeitig durch Stahl- und Aluminiumteile getrennt werden muss. Bei diesen beiden Situationen wird die unbedingt zu vermeidende Zündquelle für den Aluminiumstaub prozessbedingt automatisch mitproduziert!

Vorsicht: Handelsübliche Staubsauger der so genannten "zündquellenfreien Bauart" sagen nur aus, dass *die Maschine selbst* keine Zündquelle für die Arbeitsumgebung darstellt, aber nicht was damit abgesaugt werden darf! Sie werden aber häufig als Aluminium-Sauger angeboten. Maschinen dieses Typs, ohne eine zusätzliche Sicherheitseinrichtung gegen das Ansaugen von Schleiffunken aus dem Stahl-Anteil, dürfen bei der Multi-Material-Mix-Instandsetzung darum nicht eingesetzt werden und stellen ein unkalkulierbares Risiko dar!

Diese Maschinen stammt häufig noch aus der Zeit als es noch gar keine Fahrzeuge in Multi-Material-Mix-Bauweise gab oder sie sind nur für die Lackiervorbereitung ausgelegt, wo eine ganz andere Staubzusammensetzung und durch die sich unterscheidenden Arbeitsprozesse auch eine andere Gefährdungslage vorliegt.

#### 4.1.3 Einteilung in Zonen

Sobald eine zündfähige Staub-Luft-Atmosphäre im Arbeitsplatz oder im direkten Reparaturbereich vorliegen würde, die eine Zoneneinteilung gemäß den ATEX-Definitionen entspräche, wäre eine Fortsetzung der Reparatur unter Einsatz auch nur einer der o.g. Reparaturprozesse, d.h. Zündquelle, schon gar nicht mehr möglich. Ziel muss also immer sein: KEINE Zone im Arbeitsplatz oder Arbeitsbereich.

**Daraus leitet sich der Handlungsgrundsatz ab, dass alle Bestrebungen darauf gerichtet sein müssen durch konsequente Erfassung der Aluminiumstäube während und nach jedem Arbeitsschritt, in dem solche entstehen, das Entstehen einer zündfähigen Staubkonzentration im Arbeitsplatz und im direkten Reparaturbereich sicher auszuschließen!**

Bei der spanenden Bearbeitung (Trennschnitte, Vorbereitung der Schweißstellen, Einsatz rotierender Schleifwerkzeuge, usw.) kann ohne den Einsatz einer Absauganlage im Arbeitsbereich sehr schnell eine zündfähige Staubkonzentration entstehen. Aber selbst zunächst unverdächtig erscheinende Prozesse wie das Sägen haben in der Analyse des IFA gefährliche Staubgrößen ergeben. Warum? Zunächst produzieren wir beim Sägen relativ unkritische Späne, aber eben auch feinsten Abrieb. Und dieser Abrieb ist in seiner Partikelgröße schon wieder kritisch. Darum ist es zwingend erforderlich bei allen diesen Arbeitsprozessen die Stäube direkt bei der Entstehung und bestenfalls direkt am Werkzeug abzusaugen und jedem dieser Arbeitsgänge eine Reinigung des Arbeitsumfeldes nachzuschalten um auch die noch entgangenen Stäube zu erfassen. Das muss IMMER geschehen bevor ein folgender Arbeitsschritt, der wieder eine Zündquelle darstellen kann, begonnen werden darf!

Die Staubansammlungen und das damit verbundene Risiko werden somit vom Arbeitsplatz und Reparaturbereich in das Innere der Absauganlage verlagert. Filter und Staubsammelbehälter der Absauganlage sind dann der gefährdete Bereich und müssen gegen die Einleitung von Zündquellen durch eine vorgeschaltete Sicherheitseinrichtung geschützt werden.

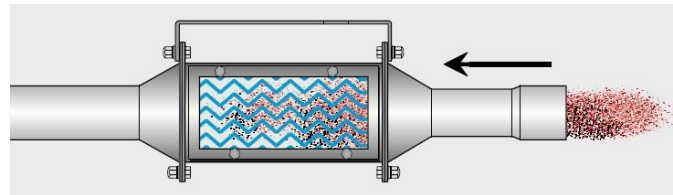
Die Einteilung in welchem Bereich im Inneren der Maschine welche Zone anzunehmen ist sind der Maschinendokumentation und dem TÜV-Gutachten der Funkenfalle des Saugers VAS 6572/2 zu entnehmen (siehe Anhang).

**Für den Karosserie-Arbeitsplatz selbst gilt, dass eine Staubkonzentration am Arbeitsplatz und im direkten Arbeitsbereich, die einer Zone im Sinne der Explosionsschutzrichtlinien entspricht, sofort jeden folgenden Reparaturprozess, der als Zündquelle anzusehen ist, automatisch verbietet! Sauberkeit ist daher oberstes Gebot!**



#### 4.1.4 Funktionsprinzip der Funkenfalle

Die als Funkenfalle bezeichnete Konstruktion ist ein 3-stufiges Sicherheitssystem auf der Saugseite des Staubsaugers VAS 6572/2 um die Wirkung glühender Stahl-Schleiffunken als thermische Zündquelle für den in der Maschine befindlichen Aluminium-Schleifstaub auszuschließen. Wichtig hierbei ist, dass das Gutachten sich nicht auf den relativ unkritischen, weil vergleichsweise kalten, Aluminiumschleifstaub bezieht, sondern auf den deutlich heißeren und länger glühenden Stahlfunken, im Versuch mit ca. 950°C Eingangstemperatur ermittelt.



Das System besteht aus dem antistatisch ausgerüsteten Saugschlauch, der Verzögerungsstrecke (Funkenfalle) mit mäanderförmigen Prallblechen, sowie einer nachgeschalteten Beruhigungsstrecke bis zum Kesseleingang. Ziel ist es in diesem System hohe Differenzgeschwindigkeiten zwischen den heißen Partikeln und der Luft zu erzeugen, damit der Funke ausglüht und auf eine unkritische Temperatur abkühlt, bevor er in die Maschine gelangt.

Die Anfangs-Teilchengeschwindigkeit im Saugschlauch liegt mit 55 m/s (entspricht rund 200 km/h) sehr hoch. In der Funkenfalle werden die Partikel auf rund 2 m/s verzögert. Während die Partikel im Zickzack durch das Labyrinth müssen und größere Partikel beim Auftreffen auf die Prallbleche zerschlagen werden, strömt die Luft vergleichsweise laminar mit 17 m/s weiter, bevor Luft und Partikel in der folgenden Beruhigungsstrecke wieder auf gleiche Geschwindigkeit von 55 m/s beschleunigt werden. Das Prüfungsergebnis des TÜV-Gutachten zeigt, dass trotz sehr "funkenfreundlicher" Bedingungen (Schleifen mit 60er Körnung an Baustahl) nach der Funkenfalle keine Funken mehr sichtbar waren und die Eingangstemperatur von 950°C auf rund 170°C reduziert wurde.

Das System ist somit für Stäube geeignet, deren Zündtemperatur laut Gutachten maximal 320°C betragen darf. Aluminiumpulver hat eine Mindest-Zündtemperatur von ca. 400°C.

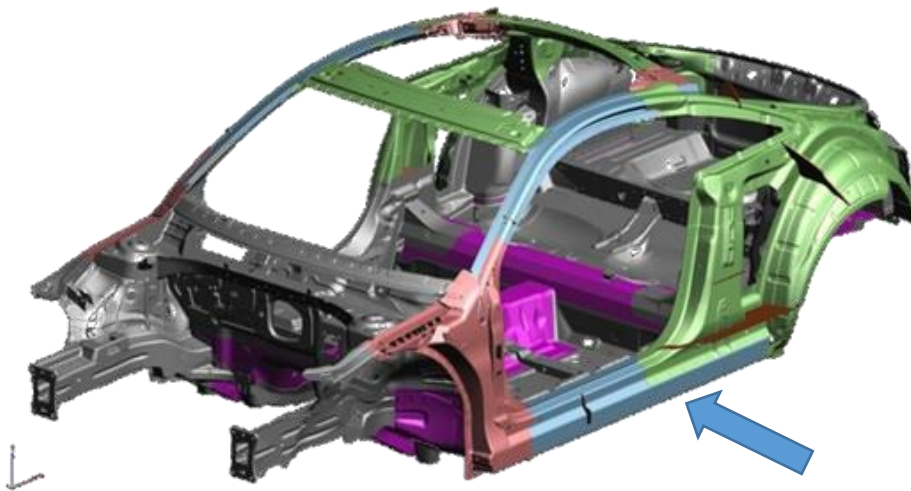
**Achtung:** Ein mechanisches System wie die Funkenfalle kann naturgemäß keinen Schutz gegen das Ansaugen von Flüssigkeiten oder Gasen bieten und beeinflusst auch nicht eine mögliche chemische Reaktion verschiedener Stäube im Inneren der Maschine! Sie ist konstruktiv einzig dazu ausgelegt die in der Multi-Material-Mix-Instandsetzung vorliegende Gefahr der Zündquelle Stahl-Schleiffunken für den Aluminium-Staub zu eliminieren. Aus der Ex-Kennzeichnung darf auch keinesfalls abgeleitet werden, dass die Maschine dadurch auch dazu geeignet wäre Flüssigkeiten oder z.B. ausgelaufenen Kraftstoff abzusaugen. Sie darf ausschließlich für die in der Multi-Material-Mix-Instandsetzung auftretenden, trockenen Metall- und Kunststoffstäube eingesetzt werden!



#### 4.1.5 Kernforderung Prozesstrennung und Sauberkeit

**Konsequente Prozesstrennung der Reparaturverfahren und der Absaugprozesse nach dem zu bearbeiteten Werkstoff, sowie ein hohes Maß an Sauberkeit am Arbeitsplatz und im unmittelbaren Reparaturbereich, sind die elementaren Kernforderungen bei der Unfallinstandsetzung von Fahrzeugen in Multi-Material-Mix-Bauweise!**

#### 4.1.6 Sonderfall Sandwich-Schnitt



Schnitt durch AL und ST gleichzeitig

Vor und nach jedem Sandwich-Schnitt durch Stahl und Aluminium gleichzeitig ist der Filter abzurütteln und der Staubsammelbehälter zu leeren, damit die Bildung eines inhomogenen Stahl-Aluminium-Staubkonglomerats vermieden bzw. deren Menge so klein wie möglich gehalten wird. Andernfalls drohen nicht kalkulierbare chemische Reaktionen der verschiedenen Werkstoffe untereinander, die bis zur Selbstentzündung des Staubgemisches führen können!

Beim Sandwich-Schnitt darf ausschließlich der Funkenfallen-Staubsauger VAS 6572/2 verwendet werden. Das Werkzeug sollte beim Sandwich-Schnitt direkt am Staubsauger VAS 6572/2 angeschlossen sein und der Arbeitsbereich muss nach dem Trennschnitt immer mit diesem Staubsauger gereinigt werden. Im Anschluss ist der Filter abzurütteln und der Staubsammelbehälter auszuleeren.



Fußhebel anheben und Staubwanne absenken.



Sauger nach vorne schieben.



Entsorgungswanne in Staubwanne einsetzen. Deckel sorgfältig aufbewahren. (Achtung, den Klebestreifen nicht entfernen!)



Staubwanne zurückschieben.



Fußhebel nach unten drücken. Staubwanne wird fest und dicht arretiert.



Gerät durch Feststellbremse gegen Wegrollen sichern.

Keinesfalls den Stahl-Staubsauger VAS 6571/1 für diesen Sonderfall verwenden! Diese Maschine ist nicht mit einer Funkenfalle ausgestattet. Somit wären die ebenfalls anfallenden Aluminiumstäube im Filter und Staubsammelbehälter dem späteren Funkenregen aus der Stahlbearbeitung dauerhaft ungeschützt ausgesetzt!

#### **4.1.7 Handlungsgrundsätze bei der Aluminium-Reparatur**

- Arbeiten an Aluminiumkarosserien oder –Bauteilen nur durch unterwiesenes Fachpersonal durchführen lassen!
- Vor Beginn jeder Reparatur die Reparaturleitfäden des Fahrzeugherstellers lesen und sich damit vertraut machen in welchen Bereichen welche Werkstoffe verbaut wurden. Da das Fahrzeug lackiert ist, ist es nicht immer sofort ersichtlich mit welchem Werkstoff man es im Reparaturbereich zu tun hat.
- Nur trockene Fahrzeuge in den Arbeitsplatz einfahren!
- Unfallfahrzeuge, die Flüssigkeiten verlieren (z.B. durch Beschädigung des Kühlsystems, der Klimaanlage oder auch nur des Scheibenwaschwasserbehälters) zunächst außerhalb des Karosseriearbeitsplatzes in der mechanischen Werkstatt trockenlegen!
- Beim versehentlichen Ansaugen von Flüssigkeiten mit dem Sauger VAS 6572/2 den Sauger sofort abschalten! Gerät an einen guten belüfteten Ort ohne externe Zündquellen bringen, Staubsammelbehälter öffnen und Feuchtigkeit komplett abtrocknen lassen. Nicht rauchen!

- Niemals Wasser oder wasserhaltige Reinigungsmittel zur Reinigung des Arbeitsplatzes verwenden!
- Staubproduzierende Aluminiumarbeiten grundsätzlich unter Einsatz des Funkenfallen-Staubsaugers VAS 6572/2 durchführen! Bei spanender Bearbeitung die Schleif- oder Trennwerkzeuge, wenn möglich, immer direkt an den Staubsauger anschließen.
- Niemals die Funkenfalle vorsätzlich „überbrücken“ und funkenreißende Schneid- oder Schleifwerkzeuge direkt an den Sauganschluss des Industriesaugers anschließen!
- Ausschließlich die im Standard-Lieferumfang enthaltenen, antistatisch ausgerüsteten, sogenannten „Ohm-Schläuche“ mit den verwechslungssicheren Storz-C-Anschlüssen verwenden. Nur antistatisch ausgerüstetes Original-Zubehör des Herstellers verwenden!
- Nach jedem staubproduzierenden Arbeitsgang den Arbeitsbereich am Fahrzeug, der Hebebühne und dem Richtsystem mit der Fugendüse des Saugers VAS 6572/2 aufnehmen. Staub auf dem Boden mit dem Bodensauger aufsaugen. Fugendüse und Bodensauger sind im Standard-Lieferumfang enthalten.
- Vor und nach jedem Sandwich-Schnitt durch Stahl und Aluminium gleichzeitig den Filter abreinigen und den Staubsammelbehälter leeren um die Menge eines Stahl-Aluminium-Gemisches und die damit verbundene Gefahr einer exothermen Reaktion möglichst gering zu halten.
- Nach Abschluss der Reparatur den gesamten Arbeitsbereich am und im Fahrzeug absaugen. Nach dem Ausfahren des Fahrzeugs eventuelle Staubablagerungen an der Hebebühne, dem Richtsystem und dem Fußboden absaugen.
- Nach jedem Fahrzeug-Durchgang den Filter abrütteln und den Staubsammelbehälter ausleeren. Andernfalls weiß niemand mehr was am Vortag mit der Maschine abgesaugt wurde. Verschließbare Entsorgungswanne mit Gefahrstoffsymbol ist im Lieferumfang enthalten.
- Aluminium-Arbeiten nur bei geschlossenem Vorhangsystem durchführen um Staubverteilung auf die Nachbararbeitsplätze und Funkenflug von den Nachbararbeitsplätzen in den Multi-Material-Mix-Arbeitsplatz zu vermeiden.
- Sauger VAS 6572/2 nur auf dem Karosseriearbeitsplatz verwenden. Nicht bestimmungsgemäßen Einsatz des Staubsaugers durch nicht eingewiesenes Personal in anderen Werkstattbereichen ausschließen. Staubsauger ggf. "an die Kette legen" und abschließen.

- Für Arbeiten an Stahl-Komponenten immer auf den Stahl-Staubsauger VAS 6571/1 wechseln! Außer beim Sandwichschnitt niemals den Staubsauger VAS 6572/2 für die Erfassung von Stahlstäuben einsetzen!
- Nach Abschluss jedes Absaug-Vorgangs den Staubsauger einige Sekunden nachlaufen lassen um auch die Schläuche staubfrei zu machen.
- Mit Aluminiumstaub verunreinigte Arbeitskleidung nicht mit Pressluft abblasen!
- Dem Druckluftsystem im Multi-Material-Mix-Arbeitsplatz immer eine Wartungseinheit mit Wasserabscheider vorschalten. Wasserabscheider regelmäßig leeren.
- Auf dem Karosseriearbeitsplatz niemals nass schleifen!
- Staubaufwirbelungen vermeiden. Abblasen des Reparaturbereiches mit Pressluft ist nicht zulässig.
- Für gute Belüftung des Arbeitsplatzes (gemäß BGR 121- lufttechnische Maßnahmen) sorgen.  
<http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/bgr121.pdf>
- Für Metallbrände geeigneten Feuerlöscher der Brandklasse D oder Sand vorhalten. Wasser, Trockenlöschpulver, Schaum und Kohlendioxid sind ungeeignet!
- Persönliche Schutzausrüstung gemäß Sicherheitsdatenblatt einsetzen.  
<http://www.dguv.de/ifa/gestis/gestis-stoffdatenbank/index.jsp>
- Aluminium-Feinstäube im verschlossenen und als Gefahrstoff gekennzeichneten Behälter sicher lagern und der Entsorgung zuführen.

**Für Aluminiumstäube und Stahl-Aluminium-Staubgemische gilt, dass Trockenheit und die permanente Kleinhaltung der Staubmenge im Arbeitsbereich und im Staubsauger die einfachste und effektivste Methode ist sich einfach und bestmöglich selbst zu schützen! Wo nichts oder zu wenig ist, kann auch keine heftige Reaktion erfolgen.**

Halten Sie sich immer vor Augen, dass die produzierten Staubmengen in der Unfallinstandsetzung, im Vergleich zu industriellen Prozessen, eher gering sind und das Risiko darum häufig unterschätzt wird. Aluminium-Feinstaub ist aber eine schlummernde Gefahr, denn viele Kleinmengen ergeben irgendwann auch eine große, zündfähige Konzentration. Und die ist dann brandgefährlich und explosiv. Die möglichen Zündquellen in der Unfallinstandsetzung sind durch die dort zum Einsatz kommenden Reparaturprozesse wesentlich vielfältiger als in der Industrie, wo man alle Prozesse und Verfahren zur Risikominimierung klar definieren kann. Arbeiten Sie darum immer möglichst sauber und bleiben Sie sensibilisiert für diese schlummernde Gefahr.

#### **4.2 AL/ST-Kontaktkorrosion**

Aluminium gilt häufig irrtümlich als rostfrei. In Wirklichkeit oxydiert es aber sehr schnell. Der wesentliche Unterschied ist aber die Tatsache, dass die Oberflächen-Oxydschicht sehr schnell so dicht ist, dass weiteres Eindringen von Luftsauerstoff vermieden und so das Grundmaterial geschützt ist.



Bild: Kontaktkorrosion AL/ST

Das Problem der Kontaktkorrosion hat nur eine geringe sicherheitstechnische Relevanz für den ausführenden Mitarbeiter, aber eine hohe Bedeutung für die Reparaturqualität. Beim Vorliegen eines galvanischen Elements wie der Luftfeuchtigkeit wird das unedlere der beiden Metalle zerfressen oder korrodiert. Bei der Werkstoffpaarung Stahl-Aluminium ist das unedlere Metall im chemischen Sinne das Aluminium! Der Fahrzeughersteller betreibt mit Oberflächenbeschichtung und Isolationselementen einen großen Aufwand bei der Korrosions-Vorsorge. Achten Sie während der Reparatur ebenso darauf Kontaktkorrosion auszuschließen, zum Beispiel durch separiertes Lagern der ausgebauten Teile und Einhaltung der vom Fahrzeughersteller geforderten Reparaturprozesse, sowie der Versiegelung oder Isolierung der Kontaktflächen.

Wir empfehlen die Teilnahme an den Schulungsangeboten der Fahrzeughersteller zur Aluminium-Instandsetzung, in denen auch die Problematik der Kontaktkorrosion ausführlich behandelt wird.

### **4.3 Aluminium-Metallbrand-Bekämpfung**

Trotz aller Vorsichtsmaßnahmen kann es immer vorkommen, dass Aluminiumstaub und -späne sich entzünden, zum Beispiel durch externe Zündquellen wie Funkenflug. Wird die geforderte Werkstofftrennung zwischen dem Stahl- und dem Aluminiumstaub nicht beachtet und kommen die Oxydation begünstigende Faktoren hinzu, wie z.B. hohe Luftfeuchtigkeit, besteht sogar die Gefahr einer Selbstentzündung dieser Staubbmischung. Diese Selbstentzündung kann mit deutlicher zeitlicher Verzögerung, auch weit nach Arbeitsende, eintreten.

Durch seine hohe Affinität zum Sauerstoff hat brennendes Aluminium die Eigenschaft Wasser blitzartig in seine Bestandteile Sauerstoff und Wasserstoff zu zerlegen. Ein Löschversuch mit Wasser wirkt wegen des dabei entstehenden Wasserstoffs wie ein heftiger Brandbeschleuniger! Darum darf Wasser oder ein wasserhaltiges Löschmittel bei Aluminium-Bränden keinesfalls verwendet werden!

Um einen Aluminium-Metallbrand zu bekämpfen, verbleiben nur 2 Möglichkeiten:

- a) Das Abdecken des Brandes mit Sand, um dem Feuer die weitere Zufuhr von Sauerstoff zu entziehen. So brennt das Aluminium unter dem Sand noch kurz weiter, bis kein externer Sauerstoff mehr zur Verfügung steht. Aber die Anwesenheit von Löschsand und Staub in einer Werkstatt, möglichst noch in der Nähe der Lackiererei oder der mechanischen Instandsetzung, ist absolut unerwünscht. Darum ist Löschsand in einer Autowerkstatt keine Option.
  
- b) Verwendung eines speziellen Metallbrandlöschers der Brandklasse D mit Metallbrandpulver, wie z.B. der Gloria P 12 M. Hierbei handelt es sich um einen tragbaren Pulverlöscher, der mit einer auf Metallbrände abgestimmten Salzlake gefüllt ist. Diese Salzlake deckt den Brandherd ab und härtet unter der Hitzewirkung des Feuers schnell luftdicht aus, so dass das brennende Metall vom Luftsauerstoff abgeschirmt ist und erlischt.



### **4.4 Stahl-Staub: Vorbemerkung**

Der Umgang mit Stahl und seinem Staub war für die Karosseriebauer seit Jahrzehnten gängig und vertraut. Er gilt als harmlos und ist es, für sich alleine betrachtet, auch. Darum wird ihm allgemein wenig Beachtung geschenkt.

#### 4.4.1 Stahl-Staub bei der Multi-Material-Mix-Instandsetzung

Bei der Multi-Material-Mix-Instandsetzung ist der Stahlstaub jedoch völlig anders zu betrachten als bei der Instandsetzung einer Stahlkarosserie, denn:

- Der beim Schleifen und Schneiden obligatorische Funkenflug des Stahls stellt eine effektive und gefährliche Zündquelle für den Aluminium-Feinstaub dar. Beim Sandwich-Schnitt durch Stahl und Aluminium gleichzeitig wird der Aluminium-Feinstaub sogar im gleichen Arbeitsprozess produziert wie die thermische Zündquelle der Schleiffunken aus dem Stahl-Anteil!
- Aluminium-Staub und oxydierter Stahl-Staub können unter starker Hitzentwicklung miteinander reagieren. (Exotherme Reaktion).
- Eisenoxyd (Rost) und Aluminium-Staub sind die beiden Grundbausteine der in Kapitel 4.1.1 beschriebenen Thermit-Reaktion, wobei das Eisenoxyd der Sauerstoffträger ist und kein externer Luftsauerstoff zum Brennen mehr benötigt wird.
- Stahl ist magnetisch und Stahlpartikel können sich statisch aufladen und dadurch auch kalt als elektrische Zündquelle für den Aluminiumstaub in Frage kommen.
- Beim Bohren oder Gewindeschneiden von Stahl werden auch wasserhaltige Kühlschmierstoffe verwendet. Aluminiumstaub darf aber mit solchen nicht in Berührung kommen und diese Kühlschmierstoffe können auch die Oxydation des Stahlstaubes bewirken, was wiederum den Stahlstaub zum Sauerstoffträger für eine exotherme Reaktion bei der Werkstoffvermischung macht.

Sortenreiner Stahl-Staub erfordert keinen Explosionsschutz und fällt nicht unter die ATEX-Bestimmungen oder die Gefahrstoffverordnung. Bei der Multimaterial-Mix-Instandsetzung wird der Stahl-Staubsauger jedoch in einem Arbeitsumfeld eingesetzt, in dem durch Aluminium-Staub eine kritische Atmosphäre vorhanden sein könnte. Der Staubsauger darf darum nicht als Zündquelle für die Umgebung in Frage kommen und ist darum ebenfalls explosionsgeschützt ausgerüstet. Primär geht es dabei aber um den nach außen gerichteten Explosionsschutz durch konstruktive Maßnahmen, nämlich die „zündquellenfreie Bauart“.





Der staubexplosionsgeschützte Industriesauger für Stahlstäube VAS 6571/1 wird gefertigt und in den Verkehr gebracht unter Berücksichtigung der EN 60335-2-69 Anhang CC (Verhinderung von Reib- und Schlagfunken sowie statischen Aufladungen). Da es sich bei dem Sauggut um brennbare und leitfähige Stäube handelt, ist nach dem Stand der Technik zu fertigen und der Industriesauger muss die Schutzart IP65 haben.

#### **4.4.2 Kernforderung Prozesstrennung und Sauberkeit**

Die o.g. Sachzusammenhänge machen deutlich, dass auch beim Umgang mit Stahlstaub die Kernforderung der Prozesstrennung und der Sauberkeit bei der Multi-Material-Mix-Instandsetzung extrem wichtig ist!

Wichtig: Aus der Tatsache, dass der Staubsauger für die Leichtbauwerkstoffe VAS 6572/2 eine TÜV-geprüfte Funkenfalle gegen das Einleiten glühender Stahl-Funken hat, darf keineswegs abgeleitet werden, dass dieser Staubsauger generell für beide Werkstoffe ausreicht. Diese zusätzliche Sicherheitseinrichtung dient ausschließlich dazu beim irrtümlichen Kontakt des Schleif- oder Trennwerkzeuges mit Stahl oder beim Sandwich-Schnitt die akute Gefahr der Einleitung einer thermischen Zündquelle in den Aluminiumstaub zu vermeiden. Die möglichen chemischen und thermischen Reaktionen eines inhomogenen Staubkonglomerats oder die Bildung von Wasserstoffgas durch Aluminium und Feuchtigkeit kann eine Funkenfalle aber keinesfalls verhindern, darum ist für Arbeiten an Stahl-Karosserien oder -Komponenten grundsätzlich immer und ausschließlich der Stahl-Staubsauger VAS 6571/1 einzusetzen!

#### **4.4.3 Handlungsgrundsätze bei der Stahl-Reparatur**

- Bei Arbeiten an Stahlkarosserien oder -bauteilen immer und ausschließlich den Stahl-Staubsauger VAS 6571/1 einsetzen. Den Staubsauger für die Leichtbauwerkstoffe VAS 6572/2 und auch die Werkzeuge und Maschinen für Aluminium bei der Instandsetzung reiner Stahlkarosserien außerhalb des Reparaturbereiches abstellen.
- Bei Arbeiten an Fahrzeugen in Multimaterial-Mix-Bauweise vor jedem Arbeitsgang darauf achten, dass für jeden Werkstoff der richtige Sauger verwendet wird. Beide Staubsauger je nach Werkstoff im Wechsel einsetzen.
- Den Stahl-Staubsauger VAS 6571/1 niemals bei Arbeiten an Aluminium-Karosserien und -Bauteilen einsetzen und ihn außerhalb des Reparaturbereiches abstellen. Gleiches gilt für die Arbeit an Carbon-Bauteilen. Für Carbon-Stäube reicht auch die Filterklasse des Stahl-Staubsaugers nicht aus.



Die Basismaschine des Stahl-Staubsaugers VAS 6571/1 entspricht bis auf die Filterklasse und der zusätzlichen Funkenfalle dem VAS 6572/2, der gerätetechnische Explosionsschutz bezieht sich aber primär auf die Wirkung der Maschine als Zündquelle auf die Umgebung, damit die Maschine auch in dem Arbeitsbereich eingesetzt werden darf, wo auch Aluminium- und Carbonstäube nicht sicher ausgeschlossen werden können.

- Serviceliteratur des Fahrzeugherstellers beachten! Nur so kann im Vorfeld klar beurteilt werden in welchem Bereich welcher Werkstoff verbaut wurde und welcher Staubsauger hier einzusetzen ist.
- Nach jedem Arbeitsgang an Stahl-Bauteilen mit anschließendem Werkstoffwechsel den Reparaturbereich am Fahrzeug, dem Richtsystem und der Hebebühne mit der Fugendüse absaugen um Werkstoffvermischung in den Saugern auszuschließen. Gleiches gilt für die Reinigung des Werkstattbodens mit dem Bodensauger, sonst findet die Werkstoffvermischung bei der abschließenden Endreinigung des Arbeitsplatzes automatisch statt.
- Auch wenn nur minimale Mengen AL-Staub mit dem Stahl-Staubsauger aufgenommen wurden stets den Filter abrütteln und den Sammelbehälter leeren um die Entstehung einer größeren inhomogenen Staubbmischung zu vermeiden.
- Da nicht sicher ausgeschlossen werden kann, dass unbemerkt AL-Stäube mit aufgenommen wurden darf auch der Stahl-Staubsauger nicht in anderen Werkstattbereichen benutzt werden und muss immer dem Karosseriearbeitsplatz zugeordnet bleiben.
- Persönliche Schutzausrüstung auch bei der Stahlbearbeitung tragen.
- Nach Abschluss der Arbeiten die Maschine einige Augenblicke nachlaufen lassen um auch die Saugschläuche staubfrei zu machen.
- Nach jedem Fahrzeugdurchgang auch mit einer Stahl-Karosserie den Arbeitsplatz reinigen und verbliebene Stahlstaub-Restmengen absaugen, damit eine Werkstoffmischung auch dann vermieden wird, wenn das folgende Fahrzeug wieder Aluminium-Karosserie oder -Komponenten hat.

#### 4.5 Carbon-Staub: Vorbemerkung

Zum jetzigen Zeitpunkt (Stand Januar 2016) gibt es noch keine Reparaturprozesse bei den VW-Konzernmarken bei denen Carbon-Bauteile geschliffen oder spanend bearbeitet werden müssen. Die Bauteile werden bisher ausschließlich komplett getauscht und sind geklebt. Trotzdem herrscht Konsens, dass der Werkstoff Carbon in naher Zukunft bei den neuen Modellen zunehmende Bedeutung und größeren Umfang erlangen wird und dann auch bei der Unfallinstandsetzung Carbon-Staub produzierende Reparaturverfahren erforderlich werden.

Bei der Grundsatzentscheidung den Staubsauger für die Leichtbauwerkstoffe VAS 6572/2 schon heute mit der höchsten Filterklasse "H" auszurüsten liegt die wirtschaftliche Überlegung zugrunde den Leichtbau-Reparaturstützpunkten die Investition in einem separaten Carbon-Staubsauger schon im Vorfeld zu ersparen, wenn diese Reparaturverfahren und die dann erforderlichen Schutzmaßnahmen in Kürze in der Service-Organisation erforderlich werden.

Es gibt derzeit auch noch keine Langzeit-Felderfahrungen über die möglichen gesundheitsschädigenden Auswirkungen von Carbon-Stäuben in der PKW-Unfallinstandsetzung, weil der Umgang mit diesem Material in der Branche gerade erst beginnt und noch keine qualitative und quantitative Aussage über die dabei entstehenden Stäube möglich ist. Wir gehen aber derzeit davon aus, dass Reparaturverfahren kommen werden, bei denen auch Carbon-Stäube in atembarer Form und relevanter Menge entstehen werden.

Carbon-Stäube, eine Mischung aus Kohlenstoff-Fasern und einer Matrix aus Harz, können, je nach Partikelgröße, lungengängig sein und dort irreversible Lungenschäden auslösen. Carbon-Staub wird darum der Gefahrstoffgruppe zugeordnet, die "...gesundheitsschädigend oder krebserregend ist, oder im Verdacht steht dies zu sein..." und müssen auch im Reparaturfall als solche betrachtet und sicherheitstechnisch behandelt werden. Dem Atemschutz kommt also hohe Bedeutung zu.



Mikroskopaufnahme von CFK Splittern

Außerdem ist auch mit Carbon-Staub die Bildung eines explosiven Staub-Luft-Gemisches möglich! Der Umgang mit Carbon-Staub erfordert vom Karosseriebauer noch eine höhere Aufmerksamkeit wie der Umgang mit explosiven oder brennbaren Metallstäuben.

Eine gefährliche chemische Wechselwirkung von Carbon-Stäuben mit den Metallstäuben aus der Stahl- oder Aluminiumbearbeitung ist nicht bekannt.

Zur Staubproblematik gesellen sich noch der beim thermischen Lösen der Verklebungen entstehende Klebstoffqualm und die Lösemittel-Emissionen beim anschließenden Neuverkleben. Diese Problematiken werden im folgenden Kapitel separat betrachtet.

#### **4.5.1 Carbon-Staub bei der Multi-Material-Mix-Instandsetzung**

Bei der Multi-Material-Mix-Karosserieinstandsetzung ist der Carbon-Staub ein neuer, aber mit hohem Gefährdungspotential versehener Gefahrstoff, denn:

- Der beim Schleifen und Schneiden entstehende Staub kann lungengängig sein und ist gesundheitsgefährdend und / oder krebserregend.
- Carbon-Staub bildet explosionsfähige Staub-Luft-Gemische und ist brennbar.
- Carbon-Staub ist ebenfalls elektrisch leitend und kann sich statisch aufladen.

#### **4.5.2 Kernforderung Prozesstrennung und Sauberkeit**

Die o.g. Sachzusammenhänge machen deutlich, dass auch beim Umgang mit Carbon-Staub die Kernforderung der Prozesstrennung und der Sauberkeit bei der Multi-Material-Mix-Instandsetzung besteht und äußerst wichtig ist!

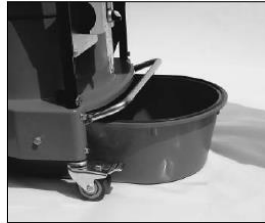
#### **4.5.3 Handlungsgrundsätze bei der Carbon-Reparatur**

- Arbeiten an Carbon-Bauteilen nur durch unterwiesenes Fachpersonal durchführen lassen!
- Vor Beginn jeder Reparatur die Reparaturleitfäden des Fahrzeugherstellers lesen und sich damit vertraut machen in welchen Bereichen Carbon verbaut wurde, welche Reparaturmethode erforderlich wird und welche Emissionen (Staub, Rauch, Dämpfe) dabei entstehen werden.

- Umgebungsluft-unabhängiges Atemschutzgerät tragen!
- Vor Beginn und nach Abschluss der Carbon-Arbeiten den Filter abrütteln und die Entsorgungswanne des Staubsaugers VAS 6572/2 ausleeren, sonst ist hinterher keine sortenreine Entsorgung der Gefahrstoffe mehr möglich.



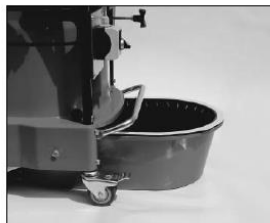
Fußhebel anheben und Staubwanne absenken.



Sauger nach vorne schieben.



Entsorgungswanne in Staubwanne einsetzen. Deckel sorgfältig aufbewahren. (Achtung, den Klebestreifen nicht entfernen!)



Staubwanne zurückschieben.



Fußhebel nach unten drücken. Staubwanne wird fest und dicht arretiert.



Gerät durch Feststellbremse gegen Wegrollen sichern.

- Staubproduzierende Carbon-Arbeiten grundsätzlich unter Einsatz des Funkenfallen-Staubsaugers VAS 6572/2 durchführen! Bei spanender Bearbeitung die Schleif- oder Trennwerkzeuge, wenn möglich, immer direkt an den Sauger anschließen.
- Niemals den Stahl-Staubsauger VAS 6571/1 für Carbon-Stäube einsetzen! Die Schutzklasse des Filters ist zu gering und die Maschine bietet keinen Schutz gegen das Ansaugen von thermischen Zündquellen wie Funkenflug!
- Auch bei harmlos erscheinenden Arbeitsgängen wie dem Bohren oder Schneiden alle anfallenden Carbonspäne und -Stäube sofort absaugen.
- Niemals die Funkenfalle vorsätzlich „überbrücken“ und funkenreißende Schneid- oder Schleifwerkzeuge direkt an den Kesseleingang anschließen!
- Ausschließlich die im Standard-Lieferumfang enthaltenen, antistatisch ausgerüsteten, sogenannten „Ohm-Schläuche“ mit den verwechslungssicheren Storz-C-Anschlüssen verwenden. Nur antistatisch ausgerüstetes Original-Zubehör des Herstellers verwenden!

- Nach jedem Arbeitsgang, bei dem Carbon-Staub produziert wurde, den Arbeitsbereich am Fahrzeug, der Hebebühne und dem Richtsystem mit der Fugendüse des Staubsaugers VAS 6572/2 aufnehmen. Staub auf dem Boden mit dem Bodensauger aufsaugen. Fugendüse und Bodensauger sind im Standard-Lieferumfang enthalten.
- Nach Abschluss der Carbon-Reparatur den gesamten Arbeitsbereich am und im Fahrzeug absaugen. Nach dem Ausfahren des Fahrzeugs eventuell vorhandene Staubablagerungen an der Hebebühne, dem Richtsystem und dem Fußboden absaugen.
- Nach jedem Fahrzeug-Durchgang den Filter abrütteln und den Staubsammelbehälter ausleeren. Verschließbare Entsorgungswanne mit Gefahrstoffsymbol ist im Lieferumfang enthalten.
- Carbon-Arbeiten nur bei geschlossenem Vorhangsystem durchführen um Staubverteilung vom Arbeitsplatz auf die Nachbararbeitsplätze und Funkenflug oder Materialeintrag von den Nachbararbeitsplätzen in den Multi-Material-Mix-Arbeitsplatz zu vermeiden.
- Staubsauger VAS 6572/2 nur auf dem Karosseriearbeitsplatz verwenden. Nicht bestimmungsgemäßen Einsatz des Staubsaugers durch nicht eingewiesenes Personal in anderen Werkstattbereichen ausschließen.
- Nach Abschluss der Carbon-Arbeiten die Maschine einige Augenblicke nachlaufen lassen um auch die Saugschläuche staubfrei zu machen.
- Mit Carbon-Staub verunreinigte Arbeitskleidung nicht mit Pressluft abblasen!
- Staubaufwirbelungen vermeiden. Abblasen des Reparaturbereiches, des Fahrzeuges oder der Werkzeuge mit Pressluft ist generell unzulässig.
- Für gute Belüftung des Arbeitsplatzes sorgen.  
<http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/bgr121.pdf>
- Geeigneten Feuerlöscher (Löschpulver oder CO<sub>2</sub>) vorhalten! Wegen der im Karosseriearbeitsplatz ebenfalls möglichen Aluminium-Stäube keine Löschmittel einsetzen die Wasser enthalten!
- Persönliche Schutzausrüstung gemäß Sicherheitsdatenblatt einsetzen.  
<http://www.dguv.de/ifa/gestis/gestis-stoffdatenbank/index.jsp>
- Carbon-Feinstäube im verschlossenen und als Gefahrstoff gekennzeichneten Behälter sicher lagern und der fachgerechten Entsorgung zuführen.

**Fazit: Auch für Carbon-Stäube gilt, dass Sauberkeit und die permanente Kleinhaltung der Staubmenge im Arbeitsbereich und deren Separierung von der Metallbearbeitung, sowie der Atemschutz die einfachsten und effektivsten Methoden sind sich bestmöglich selbst zu schützen!**

Seien sie sich stets bewusst, dass die produzierten Carbon-Staubmengen in der Unfallinstandsetzung im Vergleich zu industriellen Prozessen gering sind und das Risiko darum häufig unterschätzt wird. Die Gesundheitsrisiken sind aber auch bei Kleinmengen real und existent. Die möglichen Zündquellen in der Unfallinstandsetzung sind ebenfalls sehr vielfältig. Arbeiten Sie darum immer möglichst sauber, schützen Sie sich selbst und bleiben Sie sensibilisiert für die Gefahren im Umgang mit den Stäuben dieses neuen Werkstoffs!

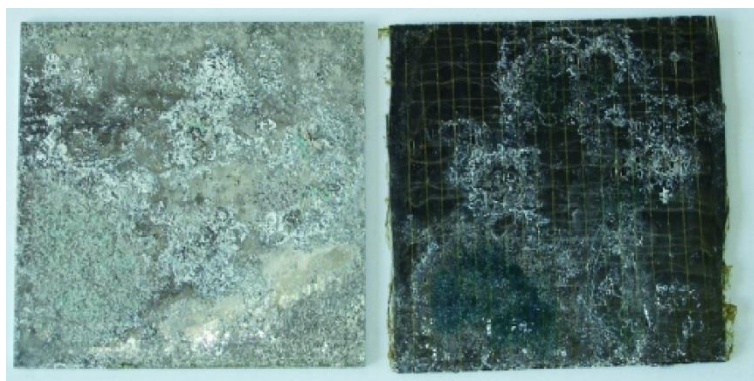
#### **4.6 Carbonstaub und Elektronik**

Es ist kaum bekannt, dass Carbon-Feinstaub aufgrund seiner guten elektrischen Leitfähigkeit für die Platinen aller elektrischen das blanke Gift ist. Schon geringe Mengen Staub in einem PC, einem Diagnosegerät oder dem Smartphone bewirken mit ziemlicher Sicherheit einen Kurzschluss und zerstören das Gerät. Auch hinsichtlich der vielen elektronischen Bauteile im Fahrzeug ist Sauberkeit bei der Arbeit ein wichtiger Faktor um Kollateralschäden an der Elektronik zu vermeiden!

Werden größere Mengen Carbon-Staub emittiert, möchten wir empfehlen elektronische Geräte vorher in staubdichte Plastiksäcke zu packen und so vom Staub abzuschirmen.

#### **4.7 Kontaktkorrosion Carbon - Aluminium**

Aluminium oxidiert extrem schnell und überzieht sich dadurch mit einer Schutzschicht, die dann ein weiteres Vordringen des Luftsauerstoffes in den Grundwerkstoff ausschließt. Kommt Aluminium jedoch mit Carbon in Kontakt, hat der hohe Kohlenstoffanteil des Carbon die Fähigkeit diese natürliche Aluminiumoxyd-Schutzschicht zu durchdringen und bewirkt anschließend Lochfraß im Aluminium-Bauteil und zerstört dieses!



**Bild: Kontaktkorrosion Carbon - Aluminium**

Der Fahrzeughersteller betreibt umfangreiche, konstruktive Isolierungsmaßnahmen um diese Form der Kontaktkorrosion zu verhindern. Wir raten dazu die Lehrgänge des Fahrzeugherstellers zu besuchen und auch während der Reparatur darauf zu achten, dass die vorgesehene Isolationsschicht intakt ist. Häufig nimmt der Klebstoff, der die beiden Teile miteinander verbindet, diese Aufgabe wahr.

## **5 Stäube: Sonstiges**

### **5.1 Abluftführung**

Die Staubsauger VAS 6571/1 und VAS 6572/2 liegen beim Abscheidegrad so hoch, dass die Rückführung der Abluft in den Arbeitsbereich zulässig ist. Abluftkanäle und die damit verbundenen Baumaßnahmen werden darum nicht erforderlich. Es ist aber trotzdem für gute Belüftung des Arbeitsplatzes zu sorgen.

Es gibt Arbeitsplatzkonzepte bei denen die anfallenden Stäube mit stationären Saugern erfasst und nach dem Motto "Wo kein Kläger, da kein Richter" ungefiltert nach draußen geblasen werden. Stäube, die Kontaktkorrosion verursachen, oder Gefahrstoffe wie den gesundheitsschädlichen Carbon-Feinstaub, ungefiltert auf die Autos oder in die Lungen seiner Kunden, oder ganz generell in die Umwelt, zu blasen, verbietet sich aber eigentlich von selbst.

Bedenken Sie, dass die expliziten Regeln für die Multimaterial-Mix-Instandsetzung gerade erst entstehen und teure Um- oder Nachrüstaktionen drohen, wenn Ihre heutige Lösung diesen zukünftigen Anforderungen dann nicht entspricht.

### **5.2 Staubsauger anderer Hersteller ohne Freigabe der Fahrzeughersteller**

Für Werkstätten, in deren Fundus sich Aluminium-Staubsauger anderer Hersteller mit oder ohne "Ex"-Kennzeichnung befinden, die bei der Multimaterial-Mix-Instandsetzung eingesetzt werden sollen, empfehlen wir dringend sich vom Hersteller verbindlich und schriftlich bestätigen zu lassen, dass die Maschine auch bei Arbeitsgängen eingesetzt werden darf, bei denen metallisch reine Aluminium-Schleifstäube anfallen und gleichzeitig Schleiffunken aus dem Stahl-Anteil möglich sind. Setzen sie eine solche Maschine ohne diese Herstellerfreigabe ein, verbleibt die juristische Haftung im Falle eines Unfalls komplett bei Ihnen, denn dann handelt es sich juristisch um "nicht bestimmungsgemäße Verwendung" und der Hersteller ist aus der Haftung!

Die handelsüblichen, mobilen Aluminium-Staubsauger mit "Ex"-Kennzeichnung sind zwar generell Maschinen der "zündquellenfreien Bauart", aber ohne zusätzliche Sicherheitseinrichtung auf der Saugseite. Sie dürfen bei der Multimaterial-Mix-Instandsetzung nicht eingesetzt werden!

Ferner gibt es ein großes Marktangebot von Staubsaugern für die Lackiervorbereitung, die auch für Fahrzeuge mit Aluminium- oder Carbon-Karosserien zulässig sein sollen. Das gilt meistens aber nur für den Einsatzfall Lackiervorbereitung (Lackaufbau), nicht für die Karosserieinstandsetzung (Blechbearbeitung)!

In der Lackiervorbereitung wird in der Regel gar nicht oder nur sehr gering in den Grundwerkstoff geschliffen, dadurch sind die wenigen Metall- oder Carbonstäube "eingebettet" in große Mengen Spachtel, Füller und Lack und vergleichsweise geschützt. Reine Metall- oder Kunststoffstäube kommen in der Oberflächenbearbeitung der Lackiervorbereitung nicht vor, das Gros sind die Stäube aus dem Lackaufbau. Es liegt also eine andere Gefährdungslage vor.

Auch hier gilt: Lassen sie sich vom Hersteller der Maschine verbindlich schriftlich bestätigen, dass die Maschine für den Einsatzfall Multimaterial-Mix-Karosserieinstandsetzung geeignet ist und vergleichen Sie die Gefährdungsanalyse oder die Beschreibung des Einsatzspektrums des jeweiligen Geräteherstellers mit Ihren eigenen Unterlagen!

Wir möchten anregen generell nur Werkzeuge und Maschinen einzusetzen, die die Freigabe oder Empfehlung des Fahrzeugherstellers haben, denn die Fahrzeughersteller binden Ihre Lieferanten in der Regel frühzeitig in die Entwicklung neuer Technologien ein und entwickeln und erproben diese Werkstattausrüstung schon vor der Markteinführung des neuen Modells während der Erstellung der Reparaturleitfäden in der Praxis. Die Fachabteilung Arbeitssicherheit eines Fahrzeugherstellers, die in der Produktion des Fahrzeugs mit ähnlichen Aufgabenstellungen konfrontiert ist, ist viel tiefer im Thema und mit der äußerst komplexen Vorschriften- und Gesetzeslage besser vertraut als eine Werkstatt, die erstmalig damit konfrontiert wird und Neuland betritt.

### **5.3 Umrüstung alter Audi-Aluminium-Arbeitsplätze VAS 2010 oder VAS 2010 A**

Die zwischen 1994 (Markteinführung Audi A8 D2) und Ende 2008 (Wechsel auf Arbeitsplatzkonzept VAS 6572 mit mobilem Aluminium-Staubsauger plus zusätzlicher Funkenfalle) in die Serviceorganisation gelieferten Audi-Aluminium-Reparaturplätze waren mit stationären Aluminium-Absauganlagen der Fabrikate Nederman oder Aeroweld (Dansk Klimablock) ausgestattet. Dem damaligen Konzept der strikten räumlichen Separierung von Stahl- und Aluminiuminstandsetzung entsprechend sind auch diese stationären Anlagen zwar Staubsauger der "zündquellenfreien Bauart", verfügen aber über keine Funkenfalle auf der Saugseite und sind darum für den Einsatz bei der Multimaterial-Mix-Instandsetzung und der Gefahr des Funkenfluges aus dem Stahl-Anteil nicht mehr für Aluminiumstäube einsetzbar!



Im Konzept der strikten Prozesstrennung bei der Multi-Material-Mix-Instandsetzung können diese alten Anlagen aber für die Erfassung der Stahlstäube weitergenutzt werden und machen so die Beschaffung des Stahl-Staubsaugers VAS 6571/1 überflüssig. Dazu muss die Filterpatrone ausgetauscht und alle staubführenden Bauteile innerhalb der Anlage gereinigt werden. Zur Vermeidung von irrtümlicher Nutzung für Aluminium- oder Carbonstaub sind die Explosionsschutz-Aufkleber zu entfernen.

Um diese alten Aluminium-Arbeitsplätze auf den derzeitigen Stand der Absaugtechnik im Multi-Material-Mix-Arbeitsplatzes VAS 6673 (oder VAS 892007) aufzurüsten, muss außerdem der mobile Funkenfallen-Staubsauger VAS 6572/2 für Aluminium- und Carbonstäube beschafft werden.

Ganz frühe Versionen der Arbeitsplätze VAS 2010 ab Baujahr 1994 verfügen noch über Plastikvorhänge ohne Sichtfenster. Mit diesen fensterlosen Vorhängen ist die heute zwingend vorgeschriebene *unmittelbare Entdeckbarkeit* eines Verunglückten nicht gegeben! Sie müssen darum gegen die aktuellen Vorhänge aus dem Multi-Material-Mix-Arbeitsplatz VAS 6673 (oder VAS 892007) ausgetauscht werden.

Spätere Anlagen des Typs VAS 2010 A verfügen zwar über das geforderte Sichtfenster im Vorhang, die zwischen 1994 und 2008 gebräuchlichen Plastikvorhänge sind aber nur *schwerentflammbar* ausgerüstet. Ist diese Schwelle aber überwunden und sind sie einmal entflammt, können sie brennen und sind auch nicht selbstverlöschend. Für die seinerzeit ausschließliche und vergleichsweise kalte Aluminiuminstandsetzung war das ausreichend und es ist weltweit kein Fall bekannt, wo jemals einer dieser Vorhänge Feuer gefangen hat. Mit dem Generationswechsel von Aluminium auf Multimaterial-Mix kommen nun aber heißere Bedrohungen durch den Stahl-Anteil (z.B. Funkenflug) hinzu und es liegt auch eine weitaus höhere Nutzungsfrequenz vor. Wir empfehlen darum auch diese Plastikvorhänge gegen die aktuellen Glasgewebivorhänge zu tauschen.

Detaillierte Information zu dieser Umrüstaktion können bei der Audi AG oder der ProWoTech GmbH angefordert werden.

## **5.4 Maschinen mit Nassabscheidung**

Eine technische Option zum Funkenfallen-Sauger sind Aluminium-Staubsauger mit Nassabscheidung, wie sie zum Beispiel in der USA für Aluminiumstaub zwingend vorgeschrieben sind. Diese Maschinen bieten aber in der Unfallinstandsetzung gravierende Nachteile: Sie sind teurer, vor allem aber deutlich größer und sperriger und benötigen auch selbst schon einen hohen Wartungsaufwand. Die Praxis lehrt, dass Arbeitsschutzeinrichtungen nur dann auch wirklich genutzt werden, wenn sie sofort griffbereit sind und die eigentliche Arbeit nicht behindern. Karosseriereparatur ist aber eine Aneinanderreihung vieler unterschiedlicher Arbeitsprozesse und es wird nur allzu gerne "...nur für den kleinen Schnitt..." lieber ganz ohne Absaugtechnik gearbeitet, wenn der Staubsauger erst durch die Vielzahl des im Arbeitsbereich befindlichen Equipment bugsiert werden muss, den ohnehin schon engen Arbeitsbereich noch weiter einschränkt und vielleicht sogar selbst noch Zeit und Vorbereitung vor dem Einschalten erfordert.



Ein weiteres Manko ist, dass sich die verschiedenen Gefahrstoffe, die sich bei Multi-Material-Mix-Reparaturen im Nassabscheider ansammeln können, sich auch im Nachhinein nicht mehr trennen und sortenrein entsorgen lassen. Für einen nur wenige Augenblicke dauernden Arbeitsgang geht ja niemand hin und tauscht im Vorfeld jedes Werkstoffwechsels am Fahrzeug die Flüssigkeit im Abscheider und den Schlamm im Sammelbehälter aus, um es wenige Minuten später direkt noch einmal zu tun, wenn der nächste Werkstoffwechsel anliegt. So bliebe nur die Option für wirklich jeden einzelnen Werkstoff auch einen separaten Sauger einzusetzen, was finanziell und räumlich kaum realisierbar ist.

## **6 Schweißrauch, Klebstoffqualm, Lösemitteldämpfe und andere Schwebstoffe**

### **6.1 Vorbetrachtung**

Bei der Multi-Material-Mix-Karosserieinstandsetzung entstehen vielfältige, atembare und gesundheitsgefährdende Schwebstoffe, Rauch und Dämpfe im Arbeitsbereich, die durch geeignete Absaugtechnik zu erfassen und ihre schädliche Wirkung für den Mitarbeiter und die Kollegen in seiner Umgebung zu eliminieren ist.

Die Anforderungen an die Absaugtechnik sind auch hier noch komplexer als bei immer wiederkehrenden und sortenreinen Arbeitsprozessen in der Industrie, denn die Karosserien sind heute z.T. geklebt und generell mit Korrosionsschutz und Lack versehen, der beim Schweißen automatisch mit erhitzt wird oder verbrennt und es

kommen verzinkte Bleche zum Einsatz. Durch die neuen Werkstoffe und Füge-techniken wie Aluminium-Schweißen oder das Thermische Lösen und Neuverkleben von Carbon-Bauteilen entstehen zusätzliche gesundheitsschädliche Emissionen, die bisher in der Unfallinstandsetzung gar nicht oder nur selten vorkamen. Zukünftig gehören sie aber mehr und mehr zum Normalfall.

Wie eingangs erwähnt, benötigen diese in der Umgebungsluft befindlichen Emissionen zur Erfassung ein gänzlich anderes Maschinen-Layout mit deutlich höherem Luftvolumen, aber geringerem Unterdruck, als die Stäube. Die Staubsauger auf dem Multi-Material-Mix-Arbeitsplatz können diesen Anforderungen darum nicht oder nur sehr bedingt wahrnehmen.

Rauchgassauger sind hingegen nicht für die Erfassung der "schweren" Stäube und ihres Transports im Luftstrom oder ihrer punktuellen Erfassung am Werkzeug geeignet. Erschwerend kommt hinzu: Ein Staubfilter der Staubklasse "H" ist extrem fein und würde sich sofort zusetzen wenn er z.B. mit Klebstoffqualm beaufschlagt wird.

Eine Lösung für beide Aufgabenstellungen, also für Schwebstoffe und Stäube kann es also aufgrund der völlig unterschiedlichen Anforderungsprofile nicht geben.

## **6.2 Definition Schweißrauch**

Schweißrauch ist immer eine Mischung aus gas- und partikelförmigen Schadstoffen.

- Die chemische Zusammensetzung der gas- und partikelförmigen Schadstoffe ist verfahrens- und werkstoffabhängig.
- Die Schadstoffe treten nie als einzelne Komponenten, sondern immer als Gemisch mehrerer Komponenten auf. Dabei spielen auch die Schweißzusatzwerkstoffe und die verwendeten Schutzgase eine Rolle.
- Eine, zwei oder sogar drei Schadstoffkomponenten (Gase und Partikel) können - verfahrens- und werkstoffabhängig - hinsichtlich Konzentration und Wirkungsstärke dominieren (d.h., die entsprechenden Grenzwerte werden als erste überschritten).

Bei der großen Anzahl eingesetzter Verfahren und Werkstoffe in der Unfallinstandsetzung gilt es also die Hauptgefahren zu identifizieren und gerätetechnisch anzugreifen und die selten auftretenden oder niedrigeren Gefahren gleichzeitig mit abzudecken.

### **6.3 Atembare Emissionen der Werkstoffe bei der Unfall-Instandsetzung**

Für die Arbeitssicherheit sind die alveolengängigen (Alveolen = Lungenbläschen) Bestandteile von Bedeutung. Bei der Multimaterial-Mix-Instandsetzung kommen folgende Werkstoffe mit den jeweiligen Emissionen zum Einsatz:

- Stahlblech: Schweißrauch
- Verzinktes Stahlblech: Schweißrauch mit Zink-Anteil
- Aluminium: Schweißrauch und ggf. Ozonbildung bei langen Nähten

Wichtig: Bei allen diesen Schweißrauch-Arten ist bei der Unfallinstandsetzung durch die Wärmeleitung in die Randzonen mit Beimischungen von erhitztem oder verbranntem Unterbodenschutz, Lack und Grundierung, Karosseriekitt und -kleber, Dichtmasse etc. zu rechnen, die auch in kleiner Menge bereits als gesundheitsschädlich anzusehen sind! Ferner werden bei allen Schweiß- und Lötverfahren Legierungsbestandteile der Zusatzwerkstoffe und Schutzgase mit frei.

### **6.4 Emissionsvergleich der eingesetzten Fügeverfahren bei der Instandsetzung**

- Widerstands-Punktschweißen: geringer Wärmeeintrag, geringe Rauchbildung
- Schutzgasschweißen Stahl: beim Punkten geringe, bei Nähten hoher Wärmeeintrag mit starker Rauchbildung
- Schutzgasschweißen verzinkter Stahl: wie Stahl, jedoch zusätzlich auch mit Zinkoxid im Schweißrauch
- Schutzgasschweißen Aluminium: hoher Wärmeeintrag, starke Rauchbildung bei gleichzeitig möglicher Ozonbildung bei langen Nähten

Hinweis: Anders als der Schleifstaub fällt der beim Aluminiumschweißen auftretende Schweißrauch NICHT unter die ATEX-Regeln. Begründung: Die Partikel im Schweißrauch bestehen aus Aluminiumoxid, sind bereits verbrannt und können dadurch kein zweites Mal brennen oder explodieren.

- MIG-Löten: Hoher Wärmeeintrag mit Rauchbildung in den Randzonen, jedoch ist die Löttemperatur geringer als beim Schweißen. Bei der Bearbeitung verzinkter Stähle enthalten die Rauche hohe Anteile von Zinkoxid, die aus der Beschichtung der Karosserie-Bleche durch Verdampfen und Oxidation entstehen. Darüber hinaus entstehen aus dem Zusatzwerkstoff des Lotes hohe Mengen an Kupferoxid. Beim MIG-Löten können daher sehr hohe Emissionsraten angenommen werden!

- Erwärmen von Stahl-Bauteilen mit dem Autogenbrenner zur Rückverformung oder Entspannung: Kein Schweißrauch, aber starke Bildung von Stickstoffoxiden (Stickstoffdioxid). Hoher Wärmeeintrag in die Randzonen mit entsprechend starker Rauchbildung aus Unterbodenschutz, Lack, etc.

Hinweis: Hoch- und höchstfeste Stähle dürfen nicht mit der Flamme gerichtet oder rückverformt werden, da sie durch die dabei eintretenden Gefügeveränderungen ihre Festigkeitseigenschaften verlieren! Diese Bauteile dürfen bei Beschädigung nur komplett getauscht werden.

- Erwärmen von Aluminium-Bauteilen mit dem Autogenbrenner beim Ausbeulen: Kein Schweißrauch, aber weil Aluminium ein guter Wärmeleiter ist, muss starker Wärmeeintrag in die Randzonen mit entsprechend starker Rauchbildung aus Unterbodenschutz, Lack, etc. vorausgesetzt werden.

### **6.5 Fazit: Schweißrauch in der Multi-Material-Mix-Unfallinstandsetzung**

Bei allen thermischen Fügeverfahren in der Unfallinstandsetzung entsteht Schweißrauch, der mit verschiedensten, vom jeweiligen Reparaturfall abhängigen, Beimischungen aus der Karosseriestruktur versehen ist. Der gefährlichste und komplexeste Teil ist dabei der Schweißrauch der verzinkten Stahlteile, der zusätzlich zu dem Zinkanteil auch die o.g. Beimischungen hat. Da alle modernen Karosserien teil- oder vollverzinkt sind, ist der Anwendungsfall "Schweißen verzinktes Stahlblech" in der Unfallinstandsetzung auch quantitativ der größte und häufigste und sollte für die arbeitssicherheitstechnische Betrachtung Leitfunktion haben.

Die Emissionen beim MIG-Löten sind durch den zusätzlichen Kupferoxyd-Anteil des Flussmittels ebenfalls als kritisch anzusehen, das Verfahren kommt in der Unfallinstandsetzung aber noch vergleichsweise selten vor.

Die Ozonbildung beim Aluminiumschweißen entsteht durch UV-Strahlung und den hohen Reflektionsgrad der Aluminiumbauteile. Bei den AL-Karosserien oder AL-Bauteilen nimmt das Schweißen aber nur einen geringen Umfang ein und wird zunehmend durch andere Fügeverfahren wie Kleben und Nieten weiter reduziert. Wenn Aluminium zu Reparaturzwecken geschweißt wird, sind es in der Regel auch nur kurze Nähte. In der Regel sind die Ersatzteile mit einem dunklen Korrosionsschutz beschichtet und reflektieren nicht so wie blanke Aluminiumbauteile. Es gibt nur sehr wenige und in der Unfallinstandsetzung sehr selten geforderte Aluminium-Schweißarbeiten mit längeren Nähten (z.B. Austausch des Einstiegsschwellers Audi A8), so dass die Gefahr der Ozonbildung als seltene Ausnahmerecheinung einzustufen ist, der in diesen seltenen Fällen durch gute Raumlüftung begegnet werden kann.

Die Leitgefährdung in der Multi-Material-Mix-Instandsetzung ist also das Schweißen und, bei häufigerem Einsatz, das MIG-Löten verzinkter Stahlbleche, den dabei im Schweißrauch enthaltenen Zink- und Kupferoxiden mit den nicht näher zu spezifizierenden Beimischungen aus erhitztem oder verbranntem Unterbodenschutz, Lack und Grundierung, Karosseriekitt und -kleber, Dichtmasse etc. der Karosserie im Schweißrauch. Aufgrund der breiten Vielfalt aller Emissionen führt kein Weg an einer effektiven Absaugung und Abscheidung vorbei.

## 6.6 Rauchgaserfassung: Gerätetechnische Lösungen

Zur Erfassung des Schweißrauchs gibt es verschiedene, gerätetechnische Lösungen, die im Folgenden betrachtet werden sollen.

### 6.6.1 Rauchgas-Absaugbrenner



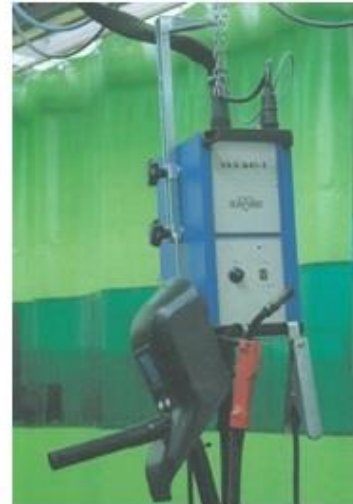
Bild: Stahl-Karosseriearbeitsplatz VAG 1647 R, Stand 1989

In den frühen Modellen des "Arbeitsplatz 2000" (VAG 1647 R) kamen bis Anfang der 90er Jahre Rauchgas-Absaugbrenner zum Einsatz, mit denen der Schweißrauch direkt am Entstehungsort und direkt am Brenner erfasst werden sollte. Es stellte sich aber schnell heraus, dass die Schweißstellen an den Karosserien sehr verwinkelt sind und mit dem dicken Mundstück des Rauchgas-Absaugbrenners stellenweise gar nicht mehr erreicht werden konnten. In engen Ecken wurde durch Verwirbelungen auch häufig Schutzgas mit abgesaugt und machte die Schweißung unbrauchbar. Wenn man am Fahrzeug von unten schweißt und durch die Wärmeleitung die obere Seite raucht, ist der Rauchgas-Absaugbrenner auch wirkungslos. Die Karosseriebauer ersetzten sie seinerzeit darum häufig gegen normale, schlankere Brenner ohne Absaugfunktion.

Rauchgas-Absaugbrenner sind normalerweise eine gute Sache, haben sich aber beim Anwendungsfall Karosserieinstandsetzung als nicht oder nur sehr bedingt geeignet dargestellt.

### **6.6.2 Rauchgaserfassung am Handspiegel**

Nachdem sich die Rauchgas-Absaugbrenner als wenig geeignet dargestellt hatten, wanderte die Schweißrauchfassung des "Arbeitsplatz 2000" in den Handspiegel. Nicht zuletzt verband man damit auch die Hoffnung, dass die Absaugung dann auch wirklich benutzt wird, wenn man den Handspiegel beim Schweißen ohnehin in der Hand hat. In der Praxis stellte sich aber heraus, dass auch diese Lösung nicht praxisgerecht war, denn im verwinkelten Fahrzeug mit der einen Hand den Brenner richtig zu führen und mit der anderen Hand, passend dazu, auch den Handspiegel (und den Kopf und Oberkörper) so exakt nachzuführen, dass möglichst viel Rauch aber möglichst kein Schutzgas abgesaugt wurde, funktionierte nur in den wenigsten Fällen. So verschwand auch diese Lösung schnell wieder.



### **6.6.3 Rauchgaserfassung mit stationären Anlagen**

Eine Karosserie ist ein verwinkeltes Gebilde und die Arbeitspositionen vielfältig. Mal ist das Fahrzeug angehoben, mal nicht. Es wird auch im Inneren oder unter dem Fahrzeug gearbeitet. Die beweglichen Erfassungselemente stationärer Absauganlagen mit ortsfesten Ringleitungen oder Saugschlitzkanälen verfügen häufig nicht über die Beweglichkeit und Freiheitsgrade der Erfassungselemente um allen diesen Einsatzfällen gerecht werden zu können. Nur im großen Abstand positioniert ist der Erfassungsgrad gering. Diesem Problem kann mit sehr großen Erfassungshauben begegnet werden, die stellen sich im ohnehin beengten Arbeitsplatz aber als sehr störend dar und werden ungern genutzt. Da im Arbeitsbereich viele Geräte, Maschinen und Werkzeuge stehen, müssen diese häufig erst beiseite geräumt werden um die Erfassungshaube in den Arbeitsbereich bewegen zu können. Das Risiko, dass bei kleinen Schweißaufgaben die Absaugtechnik darum einfach ungenutzt bleibt, ist darum sehr hoch.

Stationäre Anlagen und die für die Abluftführung nötigen Baumaßnahmen sind wesentlich teurer als mobile, bieten aber die Möglichkeit mehrere Arbeitsplätze anzuschließen. Anzahl und Anordnung der Arbeitsplätze sind dabei entscheidend. Wir regen an sich bei Interesse an einer stationären Lösung mit Karosserie-Betrieben, die ein solches System bereits nutzen und eine ähnliche Arbeitsplatzanordnung wie sie selbst haben, Kontakt aufzunehmen und die Lösung in der Praxis zu beurteilen.



#### 6.6.4 Schweißrauchfassung mit dem Teleskoparm VAS 6571/1-1 der Staubsauger

Das Konzept mit dem Teleskoparm VAS 6571/1-1 zu arbeiten stammt aus dem Jahr 2008, also aus der Zeit des „sortenreinen“ Aluminium-Reparaturplatzes und dessen räumlicher Separierung von der Stahl-Instandsetzung. Schon damals reduzierte sich der Anteil der Schweißarbeiten an Aluminium durch andere Fügetechniken wie Kleben und Nieten immer mehr. Für diese geringe Nutzung auf dem ohnehin nur selten ausgenutzten Aluminium-Arbeitsplatz den Betrieben auch noch die Anschaffung eines zusätzlichen Rauchgassaugers vorzuschreiben, sollte aus wirtschaftlichen Überlegungen vermieden werden. Es wurde 2008 auch angenommen, dass der Ausrüstungsgrad der Karosserie-Werkstätten mit Schweißrauch-Absauganlagen ohnehin sehr hoch ist und der Teleskoparm nur sehr geringe Verbreitung finden wird. Dem ist aber nicht so.



Technisch kam hinzu, dass ein Staubsauger mit einem hohen Unterdruck und nur geringem Volumenstrom arbeitet, für Schweißrauch aber viel Volumen mit nur wenig Unterdruck erforderlich ist. Man hat mit dem Staubsauger also nur einen sehr punktuellen Arbeitsbereich und muss viel Sorgfalt darauf verwenden den richtigen Abstand zu finden in dem zwar noch der Schweißrauch erfasst wird, aber noch kein Schutzgas mit abgesaugt wird. So wurde diese technische Kompromiss-Lösung in der Praxis erprobt und für die geringe Nutzung auf dem reinen Aluminium-Arbeitsplatz als ausreichend beurteilt. In den vergangenen Jahren kam auch keine negative Rückmeldung zu dieser Kompromiss-Lösung aus den Betrieben. Vielmehr bewirkte der Umstand, dass vor und nach Aluminium-Schweißarbeiten auch immer geschliffen wird und der Aluminium-Staubsauger darum ohnehin im Reparaturbereich stand, dass auch seine Nutzung zur Schweißrauchfassung hoch war. Dieser Umstand der sofortigen Griffbereitschaft ist sicher der Gesichtspunkt warum auch heute noch viele der Staubsauger mit diesem Teleskoparm ausgerüstet wurden.

Mit dem Generationswechsel vom selten benutzten Aluminium-Arbeitsplatz, auf dem nur selten, nur im geringen Umfang und ausschließlich Aluminium geschweißt wurde, hin zum Multimaterial-Mix-Arbeitsplatz, der das ganze Tagesgeschäft und die ganze Modellpalette abdeckt, wandelt sich die Situation grundlegend. Schweißrauch wird nun zum Regelfall, die Menge steigt deutlich an und auch die Anforderungen durch die vielen unterschiedlichen Werkstoffe und Legierungen erhöhen sich. An einer leistungsstarken und vollwertigen Schweißrauchabsaugung führt bei der Multi-Material-Mix-Instandsetzung kein Weg mehr vorbei.



Der Teleskoparm VAS 6571/1-1 wird an einen explosionsgeschützten Staubsauger montiert und muss darum den gleichen Konstruktionskriterien entsprechen. Er ist darum komplett aus Edelstahl, antistatisch, antimagnetisch, schlagfunkenfrei, usw. und dadurch recht teuer. Der Verzicht auf diesen Teleskoparm würde darum schon einen guten Teil der Beschaffungskosten für eine professionelle, mobile Schweißrauchabsaugung abdecken. Da der Teleskoparm aber im Multimaterial-Mix-Arbeitsplatz primär zur Erfassung von Stäuben dient, wenn das Werkzeug nicht direkt an den Staubsauger angeschlossen werden kann, ist er weiterhin unverzichtbar. Der Trennschnitt mit dem Winkelschleifer ist ja ein typischer und regelmäßiger Standardarbeitsgang.



Bild: Teleskoparm mit Prallplatte

#### **6.6.5 Mobile Schweißraucherfassungen**

Auch wenn es "...schon wieder die nächste Maschine ist, die den ohnehin prall gefüllten Arbeitsplatz noch weiter beengt...", halten wir mobile Absauganlagen für die kostengünstigste und praxisgerechteste Lösung auf einem Reparaturarbeitsplatz, sofern der Arbeitsplatz nicht einfach an eine bereits vorhandene, stationäre Lösung angekoppelt werden kann. Wird sie nicht gebraucht, kann sie einfach beiseitegeschoben werden und behindert den Karosseriebauer nicht, aber sie ist auch mit wenigen Handgriffen sofort wieder einsatzbereit. Sie kann unmittelbar in den Reparaturbereich gebracht werden und erreicht mit den flexiblen Erfassungsarmen auch schwierige Stellen am, unter oder im Fahrzeug.

Es gibt Varianten mit Patronen- und Kassettenfilter. Maschinen mit Patronenfilter haben den Vorteil, dass der Hauptfilter einfach durch eine Wartungsklappe mit Pressluft gereinigt werden kann und der Staub dabei im Inneren der Maschine verbleibt. Die Standzeiten der Filter sind dadurch enorm hoch. Maschinen mit Kassettenfilter bieten diesen Vorteil nicht und arbeiten mit Tauschfiltern, haben dadurch aber die Möglichkeit materialspezifische Filterkassetten einzusetzen, was z.B. bei Carbon-Klebearbeiten erforderlich wird.

Für die Anwendung im Multimaterial-Mix-Arbeitsplatz wurden 3 mobile Geräte entwickelt, deren Auswahl sich nach dem Anforderungsprofil (Carbon-Stützpunkt ja/nein, häufige oder geringe Nutzung, etc.) des jeweiligen Betriebes richtet.

### **6.6.5.1 VAS 892 001: Mobile Schweißrauchabsaugung mit Patronenfilter, groß**

Dies ist die klassische, preiswerte, mobile Schweißrauchabsaugung wie sie aus der Industrie, dem metallverarbeitenden Handwerk und auch vielen Karosseriebetrieben bekannt ist. Sie hat einen einzelnen Erfassungsarm, Patronenfilter und liegt beim Abscheidegrad so hoch, dass die Abluft in den Arbeitsraum zurückgeführt werden darf, also keine Baumaßnahmen für eine Abluftführung nach draußen erforderlich werden.

Sie ist unsere Empfehlung für Betriebe, die zwar klassische Unfallinstandsetzung an Stahlkarosserien oder Multi-Material-Mix-Instandsetzung machen, aber keine Kunststoffreparaturen ausführen.

Die Maschine erfüllt die Kriterien der höchsten Schweißrauchklasse W3.



### **6.6.5.2 VAS 892 005: Mobile Schweißrauchabsaugung mit Patronenfilter, klein**

Bei dieser Maschine handelt es sich um eine mobile, aufgrund des Gewichts von ca. 30 kg aber auch tragbare, kleine Schweißrauchabsaugung, die zum Beispiel bei Transporter-Innenausbauten auch ins Fahrzeuginnere oder in eine Grube mitgenommen werden kann. Die Schweißraucherfassung erfolgt durch eine Trichterdüse mit Stativständer.

Der Luftdurchsatz ist aufgrund der kleinen Baugröße deutlich geringer und die Umfelderrfassung des Stativständers auch kleiner als bei den Maschinen VAS 892 001 und VAS 892 003. Die Maschine ermöglicht primär punktuelle Erfassung und richtet sich daher an Betriebe, die nur selten Karosseriearbeiten machen oder ein spezielles Anforderungsprofil bezüglich des Einsatzortes der Maschine (z.B. Transporter-Innenausbau) haben.



Die Maschine erfüllt die Kriterien der höchsten Schweißrauchklasse W3.

### **6.6.6 Sonderfall: Austausch geklebter Carbon-Bauteile**

Zunehmend halten Carbon-Bauteile Einzug in die Karosseriestruktur. Um diese im Schadensfall austauschen zu können, muss die Verklebung auf ca. 160-170°C Objekttemperatur erhitzt werden um sie so weit anzulösen, dass man einen Keil zwischen die beiden verklebten Teile treiben kann um sie voneinander trennen zu können. Das Problem dabei ist, dass die darunter liegenden Bauteile (z.B. AL-Gussteile) gute Wärmeleiter sind und so die insgesamt eingebrachte Wärmemenge sehr groß sein muss, ebenso ist die Erwärmung der Randzonen hoch. Bei diesem hohen Wärmeeintrag entsteht massiv übel riechender Qualm des organischen CFK-Klebers, dessen Zusammensetzung nicht genau zu spezifizieren ist, aber als "atemberer Chemie-Cocktail" und damit als extrem ungesund angenommen werden muss.

Ein weiteres, prozessbedingtes Problem ist, dass dieser Klebstoffqualm gleichzeitig auf großer Fläche (gesamte Bauteilgröße!) entsteht und nicht nur punktuell wie der Schweißrauch beim Schweißen. Die nötige Erfassung auf ganzer Bauteilgröße schließt eine Erfassung mit nur einem Erfassungsbereich aus. Optimal wäre eine exakt auf das Bauteil angepasste Erfassungshaube, aber da die Geometrie dieser Bauteile bei zukünftigen Modellen heute noch gar nicht bekannt ist, ist das nicht realisierbar.

Beim anschließenden Verkleben der Neuteile entstehen, wieder auf gesamter Bauteilgröße gleichzeitig, Lösemittel-Emissionen des organischen CFK-Klebstoffes. Deren Zusammensetzung hängt maßgeblich vom verwendeten Klebstoff ab, kann aber als mindestens genauso gesundheitsgefährdend angesehen werden wie der Qualm.

Alle diese chemischen Emissionen aus der Reparatur geklebter Carbon-Bauteile lassen keine andere Lösung zu als den großzügigen Einsatz von Aktivkohle um die gasförmigen Gefahrstoffe zu binden. Gerätetechnisch ist außerdem eine deutlich größere Erfassungsfläche nötig als beim Schweißen.

Die Spezialwerkzeuge, Vorrichtungen und Maschinen für die Carbon-Reparatur stellen einen großen Kostenfaktor dar und werden zum Teil gerade erst entwickelt. Da die Verbreitung dieser Technologie gerade erst beginnt und die Anwendung in der Unfallinstandsetzung heute noch eine seltene Ausnahme darstellt, müssen die Kosten möglichst gering sein. Eine spezielle Absauganlage ausschließlich für die Carbon-Klebstoff-Emissionen scheidet darum schon im Vorfeld aus, denn dann ist anzunehmen dass die Werkstätten das nicht akzeptieren und bei den seltenen Reparaturaufgaben einfach gänzlich ohne Absaugtechnik arbeiten.

Zusammen mit einem Fahrzeughersteller wurde darum schon während der Erstellung der Reparaturleitfäden auch eine Lösung für die Absaugtechnik entwickelt, bei der die Mehrkosten für die Carbon-Klebstoff-Problematik sehr gering sind: die Schweißrauch-Absauganlage VAS 892 003.

#### **6.6.6.1 VAS 892 003, die mobile Schweißrauch-Absauganlage mit zwei Erfassungsarmen, erhöhter Turbinenleistung und zusätzlichem Aktivkohle-Filter**

Bei dieser Maschine handelt es sich um eine mobile Absauganlage für Schweißrauch mit Kassetten-Filtersystem, die zusätzlich mit einem zweiten Erfassungsarm, der dafür nötigen, gesteigerten Turbinenleistung und einer, alternativ zur normalen Schweißrauch-Filterkassette einsetzbaren, 14 kg schweren Aktivkohle-Filterkassette ausgestattet ist.

Die Maschine stellt, ähnlich wie der Staubsauger VAS 6572/2, eine 2-in-1-Lösung dar: Im Werkstatt-Alltag kommt nur die 2-stufige, aus Vor- und Hauptfilter bestehende, Schweißrauch-Filterkassette zum Einsatz. Beim Schweißen kann wahlweise mit einem oder beiden Erfassungsarmen gearbeitet werden, je nach Aufgabenstellung am Fahrzeug. Für den Einsatz bei Carbon-Klebe-Reparaturen wird nur die Schweißrauch-Filterkassette gegen das Aktivkohle-Paket getauscht. Auch dem Aktivkohlepaket bleibt immer der (gleiche) Vorfilter für Stäube vorgeschaltet, damit eventuell miteingesaugte Stäube das Aktivkohlepaket nicht zusetzen können. Gerätetechnisch ist darum vorgegeben dass weder Schweißrauchfilter noch Aktivkohlepaket ohne Vorfilter betrieben werden. Erst beides zusammen passt in die dafür vorgesehene Öffnung.



Schon nur mit dem Schweißrauchfilter bestückt erfüllt die Maschine die Anforderungen der höchsten Schweißrauchklasse W3.

**Bitte beachten: Aktivkohle altert auch schon allein durch den Luftsaauerstoff! Wir empfehlen darum die Aktivkohle-Kassette bei Nichtverwendung in einem luftdichten Plastikbeutel aufzubewahren, sonst könnte es sein dass sie wirkungslos ist, wenn ihr Einsatz irgendwann erforderlich wird!**

Die Wirksamkeit eines gealterten Aktivkohle-Paketes zu prüfen ist schwierig. Dazu wäre Gasspür-Technik erforderlich wie sie Spezialanbieter im Programm haben. Diese Analysetechnik ist aber schon teurer als das Aktivkohle-Paket selbst, darum empfehlen wir die Aktivkohle einfach im jährlichen Turnus auszutauschen.

Die zu erfassenden Emissionen der Klebstoffe haben riechbare und nicht riechbare Bestandteile. Spätestens wenn riechbare Stoffe in der Abluft wahrgenommen werden sollte die Aktivkohle-Kassette auch schon vor Erreichen des turnusmäßigen Wechseltermins ausgetauscht werden.

Diese Maschine ist somit unsere Empfehlung für Betriebe, die Multimaterial-Mix-Instandsetzung machen und dabei auch Carbon-Klebereparaturen oder andere Kunststoff-Reparaturen durchführen.

Wer den geringen Mehrpreis gegenüber der Basismaschine VAS 892 001 verschmerzen kann, sollte diese Version auch dann in Betracht ziehen wenn er noch keine Carbon-Klebearbeiten macht, denn wir wissen heute noch nicht welche Werkstoffe und Absaugaufgaben in Zukunft auf uns warten, wenn die Leichtbautechnologie weiter fortschreitet. Mit der Kassetten-Lösung bestehen gute Chancen auch zukünftige Aufgaben mit dieser Maschine erfüllen zu können. Ferner hat sie durch den zweiten Erfassungsarm eine größere Erfassungsfläche und kann mit der Aktivkohle-Kassette auch bei anderen Aufgaben eingesetzt werden, wo Aktivkohle-Filterung erforderlich ist oder eine starke Geruchsbelästigung auftritt.

## **6.7 Wartung und Ersatzteile der Schweißrauch-Absauganlagen**

Alle 3 Maschinen basieren auf Maschinen für die Industrie und die dort geforderten Standzeiten bei Dauereinsatz in der Schweißerei. Die Patronen der Maschinen mit Patronen-Filterssystem lassen sich durch eine spezielle Wartungsklappe zudem mittels Druckluftpistole abblasen. Der Staub verbleibt dabei komplett in der Maschine und fällt in den Staubsammelbehälter. Eine Einsatzhäufigkeit wie in der Industrie werden wir in der Unfallinstandsetzung nie erreichen, die Filter-Standzeiten sind dadurch enorm hoch, Ersatzfilter beim Hersteller vorrätig, kurzfristig lieferbar und eine Bevorratung in der Werkstatt macht keinen Sinn. Das betrifft die Hauptfilter. Die Vorfilter in der Grobabscheidung sind einfache Filtermatten, die preiswert in 10er-Packs und ebenfalls kurzfristig verfügbar sind.

## **6.8 Explosionsschutz der Schweißrauchsauger**

Das Sicherheitskonzept für die Stäube im Multi-Material-Mix-Arbeitsplatzes sieht vor, dass die kritischen Aluminium- und Carbon-Feinstäube sofort während und nach Ihrer Entstehung mit dem Staubsauger VAS 6572/2 erfasst werden, so dass im Reparaturbereich keine Staubansammlungen mehr vorhanden sind bevor z.B. die Zündquelle Schweißgerät eingesetzt werden darf. Die Verwendung der Schweißrauch-Absaugtechnik ist wiederum an den Einsatz der Schweißtechnik gekoppelt und kommt somit auch erst zum Einsatz nachdem die Stäube aus der Schweißnahtvorbereitung erfasst wurden. Da der Multi-Material-Mix-Arbeitsplatz ein Ein-Mann-Arbeitsplatz ist, ist auch sicher ausgeschlossen dass gleichzeitig geschliffen und geschweißt wird. Beide Prozesse sind immer zeitlich voneinander getrennt. Darum kann als sicher vorausgesetzt werden, dass innerhalb der Schweißrauchabsaugung keine brennbaren oder explosiven Stäube vorhanden sind.

Die aus der Schweißrauchfassung beim Aluminiumschweißen in der Maschine eventuell noch enthaltenen Aluminiumoxid-Partikel sind nicht mehr reaktiv.

Beim Kleben von Carbon-Bauteilen könnten auch brennbare Partikel oder Gase emittiert werden, jedoch wird der dann verwendete Aktivkohle-Filter ausschließlich beim Kleben eingesetzt, danach sofort wieder gegen den Schweißrauch-Filter getauscht. Während der Kunststoff-Klebearbeiten wird naturgemäß nicht geschweißt oder Metall geschliffen. Die Prozesstemperaturen beim thermischen Lösen und während der Neuverklebung von Carbon-Bauteilen sind viel zu gering um als Zündquelle in Frage zu kommen.

Aufgrund aller dieser verfahrensbedingten Gesetzmäßigkeiten ist für das Innere der Schweißrauchabsaugungen kein Explosionsschutz erforderlich, aber die Maschinen werden auf dem Multimaterial-Mix-Arbeitsplatz eingesetzt und sind darum ebenfalls Maschinen der zündquellenfreien Bauart.

### **6.9 Ist-Zustand / Alternative Geräte ohne VAS-Nummer**

Die Verbreitung von Schweißrauch-Absaugtechnik ist bisher in den Karosserie-Werkstätten erschreckend gering. Die Quantität dieser Arbeiten ist zwar geringer als in industriellen Schweißerei-Betrieben, die Einsatzfälle durch die Vielzahl der verschiedenen Verfahren, ihrer unterschiedlichen Emissionen und all der Beimischungen aus dem "Werkstück Auto" aber wesentlich komplexer. Eine "Fenster auf-Fenster zu"-Lösung oder das ungefilterte Ausblasen all dieser Stoffe nach draußen verbietet sich von selbst.

Bereits vorhandene Schweißrauch-Absauganlagen können auch im Multimaterial-Mix-Arbeitsplatz weiterverwendet werden, wenn sie den technischen Daten der vorgenannten Maschinen entsprechen oder höherwertig sind. Es spricht auch nichts dagegen den Multimaterial-Mix-Arbeitsplatz an eine vorhandene, zentrale Schweißrauchabsauganlage anzuschließen, wenn die dazu nötigen Maßnahmen wirtschaftlich vertretbar und die stationären Erfassungselemente den Reparaturverlauf nicht behindern.

Bei Neubeschaffung empfehlen wir jedoch die Verwendung von Maschinen mit Hersteller-Freigabe, denn nur hier ist sichergestellt dass die Maschinen im Vorfeld auch in der Praxis erprobt wurden und der Lieferant frühzeitig in die Entwicklung neuer Fahrzeug-Modelle und eventuell hier zu berücksichtigender, neuer Anforderungen an die Absaugtechnik involviert ist. Der Fahrzeughersteller ist auch immer bestrebt die Werkstattausrüstung update-fähig zu gestalten. Wie bei der flächendeckenden Verwendung der H-Filter im Staubsauger VAS 6572/2, die derzeit noch in die Zukunft gerichtet ist und den Markenbetrieben nur die Beschaffung einer separaten Maschine oder den komplexen Umbau ersparen soll, wenn neue Reparaturmethoden diese Filterklasse in absehbarer Zeit erforderlich machen.

Wir erleben im Zuge der Umrüstung der alten Aluminium-Arbeitsplätze auf Multimaterial-Mix derzeit weltweit, dass örtliche Lösungen mit nicht freigegebenen Produkten oder Lieferanten entstanden waren, mit denen der Anwender damals vielleicht etwas Geld gespart hat, die nun aber gar nicht mehr oder nur mit hohem Kostenaufwand auf aktuellen Stand zu bringen sind. Der damalige Einspar-Gedanke verdreht sich dann heute in das genaue Gegenteil.

## **6.10 Ein Unding aus der Praxis beim Austausch geklebter Carbon-Bauteile**

Professionelle Werkstattausrüstung für Carbon-Reparaturen ist teuer und das Reparaturaufkommen noch sehr gering. Es kommt darum vor, dass eine brutale und von keinem Fahrzeughersteller abgesegnete Hauruck-Reparaturmethode zum Einsatz kommt: Dazu werden zunächst alle nicht verklebten Bereiche mit der Trennscheibe herausgeschnitten, anschließend die verklebten Bereiche bis auf die Klebestellen heruntergeschliffen und das Alteil dabei quasi "zerstäubt". Es ist unvermeidlich, dass dabei auch die Oberflächen und die Klebeflächen des Träger-Bauteils beschädigt werden. Die spätere Neuverklebung erfüllt dann ohne die

Oberflächenbeschaffenheit des Träger-Bauteils nicht mehr die konstruktiv vorgesehenen und z.T. sicherheitsrelevanten Festigkeitseigenschaften des Bauteils und/oder der Verklebung. Auch der Wärmeeintrag ist enorm und mögliche Beschädigungen darunter liegender Bauteile nicht einschätzbar. Wenn das Neuteil wieder ordentlich verklebt ist sieht es aber gut aus und die darunter liegenden Beschädigungen sind optisch kaschiert.

Das, was dabei an Staub, Spänen, Hitze und Rauch entsteht und durch die Werkstatt geschleudert wird, ist auch aus Sicht der Arbeitssicherheit unbeherrschbar. Eine solche Operation und alle ihre möglichen Folgen sollten sie ihren Mitarbeitern, dem Kunden und auch sich selbst ersparen. Wir raten deshalb dringend dazu solche Reparatur-Aufträge an Carbon-Bauteilen an Partner-Werkstätten zu vergeben, die über das nötige Equipment und die Kompetenz verfügen um sie fachgerecht und sicher auszuführen.

## **7 Arbeitsplatzgestaltung**

### **7.1 Historischer Rückblick**

Der Ur-Typ des Karosserie-Arbeitsplatzes (VAG 1647 R) wurde 1988 entwickelt und das Konzept von der Volkswagen AG für 5 Jahre patentiert. Er stammt also noch aus einer Zeit, als niemand über Aluminium- oder Multimaterial-Mix-Instandsetzung nachdenken musste. Besondere werkstoffspezifische Fragestellungen lagen damals noch gar nicht vor, Autos hatten generell Stahlkarosserien. Die Zielsetzung der Entwicklung war damals eine andere und vielfältig:



Bild: Stahl-Karosseriearbeitsplatz VAG 1647 R, Stand 1989

- Zeit ist Geld: Schon damals herrschte in der Unfallinstandsetzung hoher Kostendruck z.B. seitens der Versicherer. Unfallinstandsetzung ist eine schnelle Aneinanderreihung der verschiedensten Reparaturverfahren. Jedes dieser Verfahren hat einen großen Rüstzeiten-Anteil, der manchmal sogar die eigentliche Arbeitszeit überschreitet. Beispiel: Einen Schweißpunkt zu setzen dauert wenige Sekunden, aber die Maschine heranzufahren, Strom und Druckluft anschließen und alles vorbereiten dauert ein Vielfaches. Bei genau diesen Rüstzeiten sollte angesetzt werden Zeit zu sparen. Erreicht wurde das dadurch, dass industrielle Gestaltungsgrundsätze auf die Bedürfnisse des Handwerks modifiziert wurden. Ein Mitarbeiter des Fahrzeugherstellers hat es damals so formuliert: "Bei der Produktion des Autos ist jeder einzelne Arbeitsgang bestmöglich optimiert und ergonomisch gestaltet. Sobald das Auto aber die Werkshallen verlässt wird daran wieder geschafft wie nach dem Krieg...".

Der bewegliche Energieversorgungswagen ist so ein, von industriellen Lösungen abgeleiteter, Rüstzeiten-Killer. Hier hat der Karosseriebauer Strom, Druckluft und seine Werkzeuge sofort griffbereit im Arbeitsbereich. Die Handmaschinen wie der Schweißpunktfräser, die Bohrmaschine oder der Winkelschleifer bleiben an der Energieversorgung angeschlossen und haben spezielle Halteelemente am Wagen.

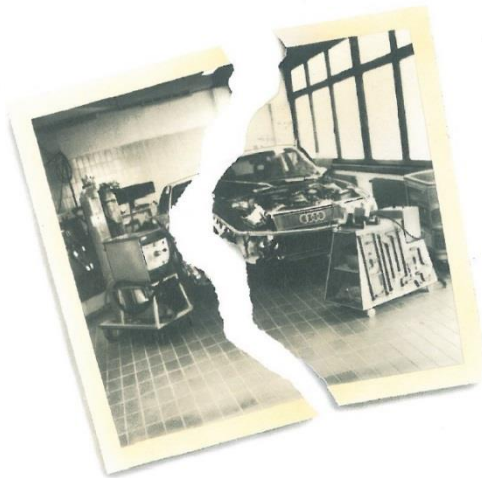
- Arbeitssicherheit: Alle Maschinen und Geräte brauchen Strom oder Druckluft. Der Werkstattboden ist darum häufig übersät mit allerlei Kabeln, Verlängerungen und Schläuchen. Das Kabelschleppsystem verlagert diesen Kabelsalat unter die Decke und vermeidet so die damit verbundenen Stolperfallen und spart die Zeit dieses Knäuel später wieder zu entwirren.

- Blendschutz: Hier wird geschweißt und Blendschutz ist Pflicht. Mobile Schweißerschutzwände werden "nur für die 3 Punkte" häufig erst gar nicht herangeholt. So wurde das Vorhangsystem entwickelt, das sofort und immer griffbereit ist.

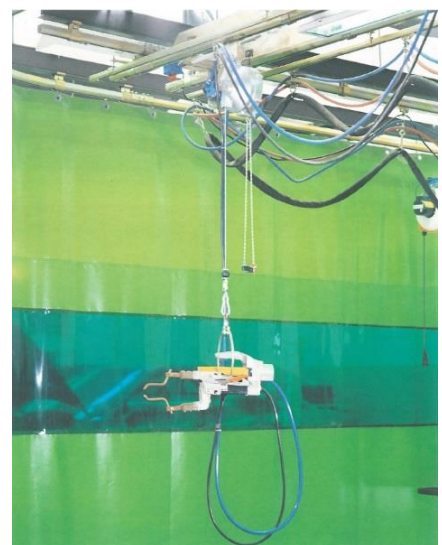


- Abschirmung: Hier wird getrennt und geschliffen und es herrscht Funkenflug. Diese Funken hinterlassen auf den Scheiben des Autos auf dem Nachbararbeitsplatz hässlichen, irreparablen Einbrand, von der möglichen Wirkung auf den Kollegen ganz zu schweigen. Auch zur sicheren Abschirmung wurde ein Vorhangssystem erforderlich.

- "Raus aus der Schmutzecke": Damals fand Unfallinstandsetzung vielfach in der hintersten, dunklen Ecke statt. Mit einem hochwertigen Beleuchtungssystem auf einem aufgeräumten, modernen Arbeitsplatz sollte das geändert werden, der Reparaturqualität zugutekommen und das Image eines professionellen Fachbetriebes an den Kunden vermittelt werden.



- Gewichtsreduzierung und Ergonomie: Damals waren auch noch die schwere Punktschweißzange gewichtsfrei in einem Balancer aufgehängt, ebenso hing die Schutzgasschweißanlage, der Autogenbrenner und die Schweißrauchabsaugung im Schienensystem. Die dramatisch schnelle Entwicklung bei den im Karosseriebau verwendeten Bleche und die ebenso schnelle Entwicklung der dazu erforderlichen Schweißtechnik - man denke nur an die flächendeckende Einführung der Inverter-Schweißgeräte für die hochfesten Stähle - ließen diese Entwicklung enden. Entweder stießen wir gerätetechnisch an die Grenzen des Machbaren, oder bei den Kosten, wenn von den ohnehin teuren Maschinen noch teurere Sonderversionen zum Aufhängen benötigt wurden. Mitte der 90er Jahre verschwand darum das so genannte "innere Schienensystem" und es kamen zukünftig die handelsüblichen, mobilen Geräte zum Einsatz.



Der damalige "Arbeitsplatz 2000" war ein Novum. Doch lag schon 1988 der Schwerpunkt auf dem Menschen, der auf diesem Arbeitsplatz arbeitet. Darum wurde von Anfang an die Berufsgenossenschaft in alle Überlegungen bei der Neukonstruktion dieses Arbeitsplatz-Konzeptes beratend mit eingebunden. Heute, mehr als ein Vierteljahrhundert später, bestehen diese grundsätzlichen Forderungen und das dahinter stehende Konzept noch immer, ihre konstruktive Ausführung unterlag aber einer ständigen Anpassung und Weiterentwicklung.

## **7.2 Arbeitsplatzgestaltung beim Multimaterial-Mix-Arbeitsplatz (ab**

### **Baujahr 2009)**

#### **7.2.1 Vorbetrachtung: Vorhanglösung oder separater Raum?**

Industrielle Aluminium-Schleifplätze unterliegen sehr strengen Konstruktions-Richtlinien. Bei den hohen Staubmengen industrieller Bearbeitung müssen sogar die Lichtschalter und die Lampen explosionsgeschützt ausgeführt werden um sie als mögliche Zündquellen auszuschließen. Dafür lassen sich die Zündquellen aus den dort stattfindenden Arbeitsprozessen sehr exakt definieren und das Risiko z.B. durch Korngrößenbegrenzung der verwendeten Schleifmittel oder dem generellen Einsatz ausschließlich von Druckluft-Werkzeugen gut eingrenzen. Auf einem industriellen Aluminium-Schleifplatz käme aber auch niemand auf die Idee hier gleichzeitig Stahl zu schleifen, zu schweißen oder andere artfremde Arbeiten durchzuführen, die perfekte Zündquellen für den Aluminiumstaub darstellen.

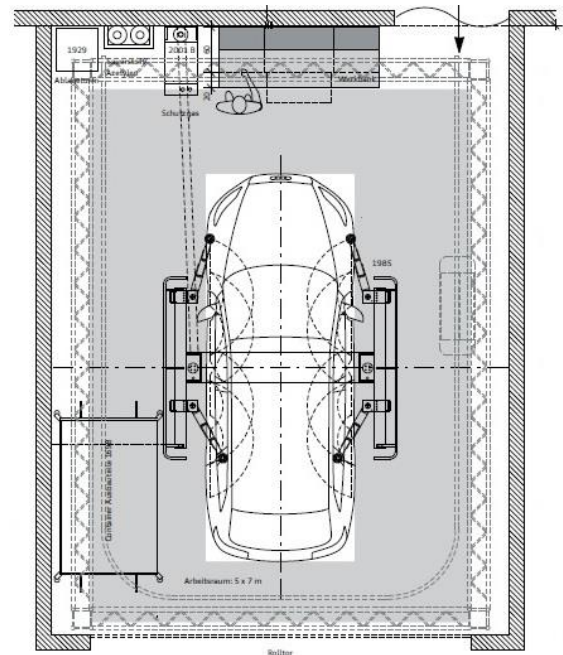
In der Unfallinstandsetzung haben wir eine ganz andere Situation: Schweißen und Stahlschleifen gehören hier zu den permanenten und unvermeidlichen Reparaturprozessen. Die produzierten Staubmengen sind wesentlich geringer, aber die prozessbedingten, möglichen Zündquellen sind in der Unfallinstandsetzung zahlreich und massiv, ein Arbeiten bei einer mit der Industrie vergleichbaren Staubkonzentration in der Luft wäre schon grundsätzlich nicht mehr machbar. Anders ausgedrückt: Welchen Zweck machen auf einem Reparaturarbeitsplatz explosionsgeschützt ausgelegte Lampen in 3 m Höhe und ebensolche Lichtschalter, wenn ich gleichzeitig im unmittelbaren Arbeitsbereich, also am Entstehungsort der Aluminiumstäube, mit dem Schweißgerät oder dem Winkelschleifer arbeite?

**Auch unter diesen konstruktiven Gesichtspunkten ist auf einem Reparatur-Arbeitsplatz das Verfahren, alle Stäube während und nach jedem Arbeitsgang sofort zu erfassen und erst gar keine gefährliche Staubkonzentration im Arbeitsbereich entstehen zu lassen, der einzig gangbare Weg und grundsätzliche Voraussetzung für ein sicheres Arbeiten!**

Und es erspart nebenbei kostspielige und für die Karosserie-Instandsetzung unsinnige Explosionsschutz-Maßnahmen am Gebäude.

Beim Umgang mit Aluminium-Stäuben bleibt aber immer ein Restrisiko. Und wenn es zu einer Feinstaub-Verpuffung oder gar einer Explosion kommt, geschieht das immer ohne Vorankündigung, mit brutaler Wucht und verbunden mit einem schlagartigen Druckanstieg für den der menschliche Organismus nicht ausgelegt ist!

Dieses generelle Restrisiko und die Vielzahl der unvermeidbaren, prozessbedingten Zündquellen in der Unfallinstandsetzung, während der Staubsauger mit seinem gefährlichen Inhalt immer direkt im Arbeitsbereich neben dem Mitarbeiter steht, sind der entscheidende Punkt warum separate, abgemauerte Räume oder geschlossene Boxen ähnlich Lackierkabinen als Aluminium- oder gar als Multimaterial-Mix-Arbeitsplatz von den Arbeitssicherheits-Experten sehr kritisch betrachtet oder schlichtweg verboten werden. Wir raten darum dringend dazu schon VOR einer solchen Baumaßnahme mit den für sie zuständigen Aufsichtsbeamten zu sprechen um späteres Ungemach zu vermeiden, wenn sie ohne Rücksprache bauliche Fakten geschaffen haben!



Einer Vorhanglösung "geht der Rock hoch", der Vorhang bläht sich auf, die Druckwelle kann sich aber im gesamten Werkstattvolumen ausbreiten und so auf ein ungefährliches Maß abschwächen.

Den in manchen älteren Unterlagen diverser Fahrzeughersteller noch herumgeisternden Bauempfehlungen für abgemauerte Aluminium-Arbeitsplätze lagen die bekannten Gestaltungsgrundsätze der industriellen Aluminium-Schleifplätze, der Korrosionsschutz-Gedanke und die Vermeidung von Kontaktkorrosion durch Materialeintrag von und hin zu den Nachbararbeitsplätzen mit Stahlbearbeitung zugrunde. Multimaterial-Mix-Instandsetzung und die dort vorherrschende, deutlich schärfere Gefährdungslage war für diese Räume aber seinerzeit niemals vorgesehen! Eine Mauer kann auch ein Problem bei der Reparatur von Seitenschäden sein, wenn der Dotzer seitlich angesetzt werden muss und nicht genug Platz verfügbar ist. Ein Vorhang kann einfach beiseitegeschoben werden.

Wir vertreten hinsichtlich der Vermeidung möglicher Kontakt-Korrosion auch die Ansicht, dass schon im Reparaturprozess etwas massiv falsch gelaufen sein muss, wenn der bei einer Reparatur entstehende Staub das 3 m hohe Vorhangsystem überwinden und auf dem Nachbararbeitsplatz Korrosionsschäden verursachen kann. Oder wenn Staub und Funken von den Nachbararbeitsplätzen den Vorhang überwinden und sich auf dem Multi-Material-Mix-Arbeitsplatz qualitativ negativ auswirken.

**Bedenken Sie: Der Schutz von Leben und Gesundheit ihrer Mitarbeiter geht immer über irgendwelche Qualitätsüberlegungen am Produkt!**

Der Stress, den sie mit dem Kunden oder dem Fahrzeughersteller wegen irgendwelcher Korrosionsproblematiken bekommen können steht in keinem Verhältnis zu dem Stress, den sie mit dem Gesetz bekommen können, wenn jemand mit einer ungeeigneten technischen Lösung gesundheitlich zu Schaden kommt!

Eine klare räumliche Eingrenzung ist beim Multi-Material-Mix-Arbeitsplatz aber gesetzliche Pflicht und auch unvermeidlich, denn sonst gelten die strikten Regeln für den Umgang mit allen dort auftretenden Gefahrstoffen automatisch auch für die gesamte Arbeitsplatzumgebung. Und wir brauchen wegen Schleif- und Schweißarbeiten die Abschirmung und den Blendschutz zum Nachbararbeitsplatz auch auf dem Multimaterial-Mix-Arbeitsplatz grundsätzlich.

### **7.3 Die Baugruppen des ProWoTech-Arbeitsplatzsystems**

Der heutige Stand aller Baugruppen ist das Ergebnis ständiger Weiterentwicklung. Auch wenn die Kernziele die gleichen sind wie 1988, werden sie heute kaum noch ein identisches Bauteil entdecken.

#### **7.3.1 Das Vorhangsystem**

Das Vorhangsystem wurde speziell für seinen Einsatzzweck in der Unfallinstandsetzung entwickelt und besteht aus so genanntem E-Glasgewebe, einem schwer entflammaren Material, das aus der Hitzeschutz-Technik kommt und z.B. in der Industrie auch für Schweißerschutzdecken oder die Abschirmung der Gleitflächen von Schweißrobotern benutzt wird. Das im VAS 6673 und VAS 892007 verwendete Material erfüllt als derzeit einziges am Markt die gesteigerten Brandschutz-Anforderungen des Germanischen Lloyd für Schweißarbeiten auf Seeschiffen. Das technische Datenblatt zum Trägergewebe finden Sie im Anhang.



Bei der Konstruktion des Vorhangsystems gab es Zielkonflikte: Der Einsatzfall Karosseriearbeitsplatz machte einen bodenlangen Vorhang erforderlich, außerdem war Blendschutz gegen den Lichtbogen des Schweißens gefordert. Der Karosseriearbeitsplatz ist aber ein 1-Personen-Arbeitsplatz mit sehr vielfältigen Gefahrenmomenten. Die unmittelbare Entdeckbarkeit eines verunglückten Mitarbeiters war darum die wichtigste Forderung der Berufsgenossenschaft, der sich alle anderen Forderungen unterzuordnen hatten!

Also musste ein Sichtfenster her. Wenn das Sichtfenster aber vor Blendung schützen soll, ist es so dunkel eingefärbt, dass man nicht mehr durchsehen kann wenn nicht geschweißt wird. Und ein Verunglückter schweißt nicht mehr. Machte man es wiederum so hell, dass man auch ohne die Lichtquelle Schweißen den Arbeitsplatz einsehen konnte, war kein Blendschutz beim Schweißen mehr gegeben. Ein Blendschutzmaterial, das beide Forderungen erfülle, gab es damals nicht. So wurde 1988 der bestmögliche Kompromiss gewählt: Da die Luftstrecke zwischen dem Lichtbogen am Fahrzeug und dem Vorhang systembedingt immer mindestens 2 Meter beträgt, kamen in den frühen Ausführungen des Vorhangsystems Sichtfenster für Autogen-Schweißen zum Einsatz. So war wenigstens die Hauptforderung der unmittelbaren Entdeckbarkeit erfüllt, auch wenn der Blendschutz nicht optimal war.

Die heutige Lösung mit dem roten Sichtfenster gibt es erst seit etwa 10 Jahren. Dieses Material erfüllt einerseits die Forderung nach dem Blendschutz beim Lichtbogen-Schweißen und ist trotzdem hell genug, dass man den Arbeitsplatz einsehen kann auch wenn nicht geschweißt wird. Das Fenster-Material ist so effektiv, dass sie damit sehr dicht an einen Lichtbogen herangehen können ohne negative Auswirkungen an den Augen zu spüren.

Das Beleuchtungssystem und das Vorhangsystem wirken zusammen. Die helle Innenseite des Vorhangs ist als Reflektor ausgelegt um möglichst viel Licht auf die vertikalen Flächen am Fahrzeug zu spiegeln. Die Systemabstände zwischen Beleuchtung und Vorhangsystem sind konstruktiv so gestaltet, dass sich direktes und indirektes Licht überschneiden und so kaum ein Schattenwurf z.B. durch die eigenen Hände im Arbeitsbereich oder auf der Fahrzeugoberfläche möglich ist.

Der Vorhang ist zur Verbesserung seiner Reißfestigkeit allseits gesäumt und hat zum Öffnen und Schließen robuste Aramid-Griffleisten. Die Vorhangrollen sind kugelgelagert und haben eine Lebensdauer-Fettfüllung. Das Schienensystem ist in der Höhe einstellbar so dass ein möglichst geringer Abstand zum Boden realisierbar ist und der Vorhang möglichst dicht abschließt.

### **7.3.2 Alternativlösung elektrischer Rollvorhang**

Sporadisch wurden Kundenwünsche an uns herangetragen den Vorhang doch, ähnlich wie in der Lackiervorbereitung, als elektrischen Rollvorhang zu gestalten. Die Versuche damit haben aber ergeben, dass das rote Sichtfenster beim Auf- und Abwickeln auf dem engen Radius der Rohrwelle zum Brechen neigt, besonders bei niedrigen Temperaturen. Da das Sichtfenster aber unentbehrlich ist wurde diese Lösung danach nicht mehr weiter verfolgt.

### **7.3.3 Reinigung des Vorhangs**

Grundsätzlich wäre es möglich das E-Glasgewebe mit einer milden Seifenlauge zu waschen. Wegen der Gefahr der Knallgas-Bildung beim Kontakt von Wasser mit Aluminiumstaub müsste er dazu aber ausgebaut werden und es dürfte erst wieder gearbeitet werden wenn er vollständig abgetrocknet und wieder eingebaut ist. Diesen Aufwand macht keiner. Wir schlagen deshalb vor Staubanhaftungen mit den passenden Saugdüsen des Staubsaugers abzusaugen und ansonsten darauf zu achten die Griffleisten zu benutzen wenn man schmutzige, ölige oder fettige Hände hat.

## **7.4 Das Beleuchtungssystem**

Gutes Licht und „sehen was man tut“ ist ein wichtiger Baustein für qualitativ hochwertige, aber auch für sichere Arbeit! Darum kommt dem Beleuchtungssystem im Multi-Material-Mix-Arbeitsplatz ein hoher Stellenwert zu, denn man kann Stäube nur dann sicher absaugen, wenn man sie überhaupt sieht!



Das seit 2008 verwendete, 4-seitige Beleuchtungssystem, war kein Zufallsprodukt. Wir arbeiteten bei einem Projekt eines Fahrzeugherstellers mit einer Spezialfirma für Lichttechnik im Produktionsprozess und der Qualitätskontrolle zusammen und sprachen mit denen auch über unsere Anwendung in der Unfallinstandsetzung. Wir verwenden es bis heute, es erfreut sich bei den Anwendern großer Beliebtheit und wird häufig auch einzeln für Einsatzfälle verkauft, die mit Unfallinstandsetzung gar nichts zu tun haben.



Lichtrichtung: Bei der Unfallinstandsetzung arbeiten wir überwiegend im Bereich der seitlichen Mantelflächen des Fahrzeugs. Wir brauchen das Licht also nicht von oben auf dem Dach oder den Hauben des Fahrzeugs, sondern einen möglichst hohen vertikalen Anteil auf die Seitenflächen. Erreicht wird das durch den Einsatz sogenannter Evolventen-Reflektoren. Diese Reflektoren haben 2 unterschiedliche Radien und liefern 2 unterschiedliche Lichtkegel. So wird ein Lichtkegel direkt schräg auf das Fahrzeug gerichtet, der andere strahlt zuerst gegen die Reflexionsfläche des Vorhangs und wird von dort auf die vertikalen Flächen am Fahrzeug gespiegelt. In den Ecken überschneiden sich beide Wirkungsweisen auch noch in X- und Y-Richtung. Auch für die optimale Ausleuchtung sollte darum immer nur bei geschlossenem Vorhang gearbeitet werden, damit er als Reflektor zur Verfügung steht.



Lichtleistung: Es kommen 20 Leuchtstoffröhren mit je 80 Watt, also zusammen 1,6 kW Leistung zum Einsatz.

Der Gesetzgeber schreibt für Werkstattarbeitsplätze 500 lx vor, empfiehlt aber 750 lx. Bei den engen Spaltmaßen moderner Fahrzeuge und der Tatsache, dass man die feinen Staubpartikel der Gefahrstoffe ja sehen können muss um sie mit den Staubsaugern erfassen zu können, halten wir das für die Anwendung Multi-Material-Mix-Karosserieinstandsetzung für bei weitem nicht ausreichend.

Das Beleuchtungssystem liefert deshalb, gemessen in 1 m Höhe bei geschlossenem Vorhang, rund 1.500 bis 1.800 lx vertikal, vor allem aber rund 1.000 lx horizontal!

Lichtfarbe: Damit das Fahrzeug in der Werkstatt genauso aussieht wie später unter freiem Himmel, wenn der Kunde es wieder in Empfang nimmt, ist die von uns verwendete Lichtfarbe nahe an der Tageslichtqualität. Verwenden Sie auch beim Austausch defekter Leuchtmittel immer die Original-Lichtfarbe. Neben den technischen Vorteilen hat diese Lichtfarbe auch einen Wohlfühl-Effekt und wirkt Ermüdung entgegen.

Entblendung: Bei angehobenem Fahrzeug haben wir oft die Blickrichtung von unten nach oben, darum müssen die Lampen bestmöglich entblendet sein. Wir verwenden dazu sogenannte Prismenscheiben, die das ermöglichen und gleichzeitig einen hohen diffusen Lichtanteil schaffen.

Energiesparen: Da nicht bei allen Arbeitsaufgaben die volle Lichtleistung erforderlich ist, ist das Beleuchtungssystem intern so geschaltet, dass man 40%, 60% oder 100% der Leuchten aktivieren kann. (Hinweis: Serien-Lichtschalter erforderlich)

#### **7.4.1 Option LED-Beleuchtung**

LED-Beleuchtung ist „in“. Der Hersteller dieses Lichtsystems ist auch stark bei LED-Beleuchtung und sporadisch werden neue LED-Leuchtmittel in unserem Arbeitsplatzkonzept im direkten Vergleich getestet. Jedoch haben alle Versuche neuer LED-Leuchten bisher zu dem gleichen Ergebnis geführt und LED ist darum bis auf weiteres keine Option, denn:

- LED ist gerichtetes Licht, das können wir wegen der Hell-Dunkel-Felder aber absolut nicht gebrauchen bei der Oberflächenbearbeitung.
- Die LED-Lichtquelle selbst ist extrem hell, der Output unten am Fahrzeug aber eher bescheiden. Wenn das Fahrzeug angehoben ist, muss man gegen diese gerichtete, helle Lichtquelle gucken und ist geblendet.
- Um auch nur nahe an unsere Lichtstärke heranzukommen, wären so leistungsstarke LED nötig, dass die Stromaufnahme annähernd gleich ist mit konventioneller Technik, dafür sind die Leuchtmittel selbst aber dramatisch teurer.
- Die Lichtfarbe von LED hat einen hohen Blau-Anteil und verfälscht die Farben.

Hinzu kommt ein ganz anderes Problem: Die Hersteller-Performance! Viele LED und ihre Komponenten bescheren den Leuchtenherstellern derzeit ein gewaltiges Problem: Viele Komponenten kommen aus China oder anderen Billiglohn-Ländern. Es entstehen Firmen die mit minderwertigen LED oder Komponenten billig den Markt überschwemmen und danach sofort wieder in der Versenkung verschwinden.



Die angegebene Lebensdauer ist meistens gigantisch. Die Leuchten-Hersteller, die diese Komponenten dann in Ihren hochwertigen Leuchten verbaut haben und schnell merken, dass die Lebensdauer deutlich geringer ist als versprochen, können dann Reklamationen ihrer Kunden nicht mehr bearbeiten, weil es den Hersteller dieser Komponenten plötzlich schon gar nicht mehr gibt. Reklamationsbearbeitung war bei diesen "temporären" Herstellern nie vorgesehen und die Lebensdauer-Garantie ein reines Verkaufsargument.



#### **7.4.2 Option Unterboden-Beleuchtung**

Wir arbeiten auch am Unterboden des angehobenen Fahrzeugs. Dort herrscht normalerweise Finsternis. Um mit der Arbeitsplatzbeleuchtung auch hier brauchbare Bedingungen vorzufinden, schlagen wir die Verwendung heller Bodenfliesen vor, die das von oben kommende Licht reflektieren. Optimal sind jedoch in den Boden eingelassene, befahrbare Leuchten, die gezielt den Unterboden am Fahrzeug ausleuchten. Diese Lösung ist wegen der erforderlichen Zuleitung aber meistens nur dann wirtschaftlich praktikabel, wenn neu gebaut wird und die Zuleitungen und die Aussparungen für die Leuchten schon erstellt werden können bevor der Fliesenleger anrückt.



## **7.5 Das Energiezuführungssystem**

Wie eingangs erwähnt dient das schienengeführte Energiezuführungssystem schon seit der Grundkonzeption primär dazu den Arbeitsplatz aufzuräumen, Rüstzeiten zu sparen und Stolperfallen zu vermeiden. Auf dem Multi-Material-Mix-Arbeitsplatz hat es aber noch eine andere, sicherheitsrelevante Funktion, denn das Einstecken und Herausziehen von Steckern in und aus der Steckdose kann einen Abriss-Lichtbogen erzeugen, der wiederum eine sehr gute Zündquelle darstellt und darum nicht im unmittelbaren Arbeitsbereich stattfinden sollte. Mit dem beweglichen Energiesystem wird dieses Risiko aus den direkten Arbeitsbereich hinaus verlagert und ist durch den Schienenverlauf immer nahe des Vorhangs definiert.

### **7.5.1 Energieversorgungssystem im Arbeitsplatz ProWoTech CLM**

#### **(VAS 6673)**

U-förmig um das Fahrzeug herum kann ein Medienversorgungswagen in den Reparaturbereich geschoben werden. Dieser Wagen ist ausgestattet mit:

- 2 Lochblechtafeln zur Befestigung von Handwerkzeug,
- 2 Kabeltrommeln 230 V, 16 A, mit Rastung,
- 2 Druckluft-Schlauchaufroller 3/8", mit Rastung,
- 1 Druckluft-Wartungseinheit mit Manometer, Regler, Öler und Wasserabscheider,
- 1 Y-Verteiler für Druckluft am unteren Rahmenholm,
- Energiebox mit 3 Steckdosen 230 V - 16 A und 2 Steckdosen 400 V - 16 A, mit interner Absicherung,
- 4 Gummiköcher zur Aufnahme von Schweißpunktfräser, Bohrmaschine, etc.,
- Werkzeug-Ablagefläche mit Gummimatte,
- umlaufender Stoßring in Hüfthöhe,
- staubdicht gekapselte Fahrwerke mit Lebensdauer-Fettfüllung,
- Kabelschleppsystem,
- Druckluft-Kreislauf für gewartete und ungewartete Luft.



**Wenn mit den Kabeltrommeln gearbeitet wird, sollte zuerst das Werkzeug angeschlossen und danach das Kabel abgerollt werden. Beim Entkuppeln sollte erst das Kabel aufgerollt werden und danach die Steckverbindung gelöst werden. So werden eventuelle Abriss-Lichtbögen im direkten Arbeitsbereich vermieden.**

Achtung: Vor dem Einschalten starker Maschinen mit hoher Stromaufnahme sollten die Kabeltrommeln immer abgerollt werden, sonst drohen aufgrund des Magnetfeldes starke Wärmeentwicklungen an der Kabeltrommel.

Der Wagen ist intern komplett verdrahtet. Sofern technisch möglich sind alle Kabel im Inneren des Rahmens verlegt um den Kontakt mit stromführenden Teilen z.B. mit rotierenden Werkzeugen bestmöglich auszuschließen.

### **7.5.2 Energieversorgungssystem im Arbeitsplatz ProWoTech CLE**

#### **(VAS 892007)**

Rechts und links sind über die ganze Fahrzeuglänge linear verschiebbare Energieampeln angebracht. Jede dieser beiden Energieampeln ist ausgestattet mit:

- Federnde Aufhängung,
- Kabelschleppsystem,
- 4 Steckdosen 230 V - 16 A,
- 2 Steckdosen 400 V - 16 A,
- gepolsterter Haltebügel,
- 2 Aufhängedorne für z.B. Druckluftpistole



### **7.5.3 Steckdose für das Inverter-Schweißgerät**

Inverter-Schweißgeräte und manch andere Maschinen benötigen Steckdosen mit 32 A oder mehr. Die Zuleitungen für diese Stromstärken sind zu dick und zu steif um sie in einem Kabelschleppsystem mitführen zu können. Es sind also an der Rückwand immer noch Kraftstrom-Steckdosen passend zu ihren Maschinen mit mehr als 16 A vorzusehen.

## **7.6 Wirtschaftliche Überlegungen**

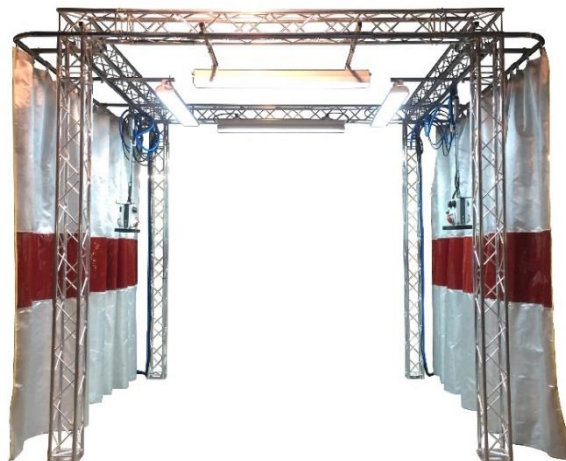
Der teuerste Faktor bei der Unfallinstandsetzung ist die menschliche Arbeit. Bei der Multimaterial-Mix-Karosserieinstandsetzung sind zukünftig während und nach vielen Arbeitsschritten Absaug-Vorgänge erforderlich. Vielen Werkstätten stellt sich darum die Frage ob man durch diese sicherheitsrelevanten Schritte nicht zu viel Zeit verliert um noch in den Vorgabezeiten zu bleiben?

Eine pauschale Antwort zur möglichen Zeitersparnis durch ein gestaltetes Arbeitsplatz-System kann es aufgrund des individuellen Schadensbildes jedes Unfallfahrzeugs und dessen Reparaturverlauf natürlich nicht geben. Es gibt aber eine betriebswirtschaftliche Langzeit-Untersuchung eines Fahrzeugherstellers in einem K&L-Zentrum, in dem 6 gestaltete Arbeitsplätze der gleichen Anzahl "nackter", d.h. nur mit einer Hebebühne versehenen, Arbeitsplätze gegenüberstehen. Der wirtschaftliche Nutzen wurde über einen Zeitraum von anderthalb Jahren ausgewertet und ergab eine Arbeitszeit-Ersparnis von rund 19% und eine Halbierung der Zweidurchläufe. Da es sich um eine interne Analyse eines Fahrzeugherstellers handelte, liegt sie natürlich nicht zur Veröffentlichung vor. Diese Größenordnung macht aber deutlich, dass die zusätzlichen, auf die Sicherheit gerichteten, Arbeitsschritte den wirtschaftlichen Vorteil vielleicht etwas schmälern, aber sicher nicht aufwiegen können.

Auch bei der früheren, „sortenreinen“ AL-Instandsetzung musste schon permanent abgesaugt werden. Der Unterschied zur heutigen Multimaterial-Mix-Instandsetzung ist, dass beim Werkstoffwechsel ein Staubsauger ab-, der andere angeschaltet werden muss. Von einem signifikanten Mehraufwand kann also keine Rede sein. Und der Arbeitsplatz wurde ja 1988, also lange vor den Werkstoffproblematiken, vor allem als Rationalisierungs-Instrument entwickelt.

## **7.7 Reparaturkabine AL-BOP für demontierte Anbauteile aus Aluminium**

In Entwicklungs- und Schwellenländern haben wir in der Unfallinstandsetzung ein gänzlich anderes Preisgefüge als in Europa. Dort ist nicht die menschliche Arbeit der bestimmende Kostenfaktor, sondern die Ersatzteile. Darum werden dort auch noch beschädigte Karosserie-Anbauteile mit hohem Arbeitsaufwand repariert, die hier oft einfach nur ausgetauscht werden: Hauben, Kotflügel, Türblätter, Stoßfänger...



Diese Lösung bietet sich aber auch für Betriebe an, die keine Strukturschäden reparieren und nicht in einen kompletten Arbeitsplatz für ein Fahrzeug investieren wollen, aber trotzdem Kleinschaden-Reparaturen an der zunehmenden Menge von Aluminium-Anbauteilen im eigenen Hause durchführen wollen.

### **7.7.1 Bauweise und Konzept ProWoTech AL-BOP**

Die Reparaturkabine AL-BOP ist eine auf 3,50 x 3,50 m verkleinerte Version des Arbeitsplatzsystems CLE (VAS 6777 oder VAS 892 007, Standardgröße 6 x 8 m) und verfügt über die gleichen Baugruppen. Das bietet den wirtschaftlichen Vorteil, dass alle Komponenten weiterverwendet werden können, wenn die Reparaturkabine später einmal zu einem vollwertigen Arbeitsplatz für ein komplettes Fahrzeug ausgebaut werden soll. Die Investition ist also zukunftssicher.

Bearbeitet werden in dieser Kabine ausschließlich demontierte Aluminium-Blechteile. Aufgrund der reduzierten Baugröße kann kein Fahrzeug eingefahren werden. Dadurch sind alle Risiken, die in der Interaktion der verschiedenen Werkstoffe untereinander begründet sind, hier ausgeschlossen. Die Gefährdungsanalyse ist dadurch deutlich einfacher als für Multimaterial-Mix-Reparaturen und betrifft nur den Werkstoff Aluminium und seinen Emissionen alleine. Alle Angaben aus Kapitel 3 zum Thema Aluminium-Feinstäube können darum sinngemäß übernommen und angewendet werden.

Da es sich aber um einen Aluminium-Arbeitsplatz handelt, sind auch hier alle gesetzlichen Forderungen hinsichtlich Gefährdungsanalyse, Unterweisungen, Betriebsanweisungen, Feuerlöscher, Reinigungsintervalle, usw. einzuhalten und sinngemäß anzuwenden.

### **7.7.2 Aluminium-Absaugtechnik in der AL-BOP-Kabine**

Da hier ausschließlich Aluminium bearbeitet wird und primär Stäube aus der spanenden Bearbeitung anfallen, reicht der Staubsauger VAS 6572/2 alleine aus. Sollten an den demontierten Blechen auch Schweißarbeiten durchgeführt werden, ist für eine entsprechende Schweißraucherfassung zu sorgen (siehe Kapitel 6). Bei geringen Mengen Schweißrauch und nur seltenen Schweißarbeiten kann aber auch der Teleskoparm VAS 6571/1-1 eingesetzt werden. Da zum Beispiel Türen aus Aluminium Verstärkungen aus Stahl für den Seitenaufprallschutz haben, ist die gerätetechnische Sicherung gegen Zündquellen auf der Saugseite auch hier wichtig.

### **7.7.3 CFK-Reparaturen in der AL-BOP-Kabine**

Zum derzeitigen Zeitpunkt gibt es noch keine Reparaturprozesse an CFK-Bauteilen, bei denen Schleifstäube entstehen. Sollte das aber irgendwann der Fall sein, kann die AL-BOP-Kabine auch dafür genutzt werden. Der Staubsauger VAS 6572/2 verfügt auch bereits über die dafür notwendige Konfiguration für CFK-Schleifstäube.

Wir empfehlen vor und nach CFK-Schleifarbeiten eine Reinigung von Kabine und Staubsauger. Außerdem muss dem Thema Atemschutz größte Aufmerksamkeit geschenkt werden! Alle relevanten Informationen finden Sie in Kapitel 5.

Alle Angaben beziehen sich auf seltene CFK-Reparaturaufgaben bei der Unfallinstandsetzung. Für industriellen Einsatz als Schleifarbeitsplatz nur für CFK ist die AL-BOP-Kabine nicht geeignet, denn bei höheren Expositionskategorien wird eine dicht geschlossene Kabine erforderlich, ein Vorhangsystem reicht dann nicht mehr aus.

## **8 Unternehmerpflichten**

Beim Umgang mit allen neuen Werkstoffen und ihren Emissionen aus der Multi-Materialmix-Instandsetzung handelt es sich um Gefahrstoffe, für die umfangreiche Gesetze und Verordnungen gelten. Diese Unternehmerpflichten leiten sich grundsätzlich aus dem Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) und der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) ab.

*<http://www.arbeitssicherheit.de/de/html/library/document/2930426,1>*

*<http://www.arbeitssicherheit.de/de/html/library/document/4180486,1>*

Grundsätzliche Kernforderung ist die Erstellung einer individuellen Gefährdungsanalyse des jeweiligen Betriebes für den Umgang mit allen diesen Gefahrstoffen in der Werkstatt. Diese Gefährdungsanalyse und die daraus abgeleiteten technischen Lösungen zur Risikovermeidung bzw. -minimierung müssen vorliegen BEVOR die Arbeit aufgenommen werden darf!

### **8.1 Gefährdungsanalyse für die Multi-Material-Mix-Karosserie-instandsetzung**

Eine Gefährdungsanalyse umfasst eine Menge Faktoren, die weder ein Fahrzeughersteller, noch ein Lieferant im Vorfeld oder aus der Ferne definieren kann. Dazu gehören z.B. landesspezifische Sonderregeln, der Bildungsgrad der ausführenden Mitarbeiter, die Lüftungsverhältnisse in der Werkstatt, die regionalen Entsorgungsbestimmungen, die Erstellung von Betriebsanweisungen, Wartungs- und Reinigungsplänen und vieles mehr. Ein Beispiel einer individuellen Gefährdungsanalyse findet sich in der BG-Richtlinie 109 für Aluminium im Anhang.

Alle diese individuellen Faktoren erklären auch warum die Verantwortung und die Umsetzung aller Gesetze und Regeln immer beim ausführenden Unternehmer verbleiben muss. Alle diese individuellen Faktoren kann ein Fahrzeughersteller oder Lieferant gar nicht kennen, nicht beeinflussen und somit auch keine Muster-Gefährdungsanalyse erstellen. Die Werksvorgaben der Fahrzeughersteller beziehen sich primär auf das Arbeitsergebnis und die Reparaturqualität, nicht auf die generellen Arbeitssicherheitsregeln. Es reicht also nicht aus nur die vorgeschriebene Werkstattausrüstung zu beschaffen, vielmehr muss man genau wissen was man damit tut, wie und warum. Und das muss dokumentiert sein!

Gleichzeitig öffnet die äußerst komplexe Gefährdungslage in der Multimaterial-Mix-Karosserieinstandsetzung und die damit verbundene Verantwortlichkeit unseriösen oder unwissenden Lieferanten Tür und Tor, denn ohne Vorlage einer schlüssigen und fachlich richtigen Gefährdungsanalyse kann man im Prinzip und mit einer großen juristischen Sicherheit den Betrieben alles verkaufen. Kommt es zu einem Unfall mit Personenschaden wird als Grundlage zunächst immer die zwingend vorgeschriebene Gefährdungsanalyse herangezogen. Fehlt die oder ist sie fachlich falsch oder hat der Lieferant sie gar nicht gekannt, kann er einfach bedauernd die Hände heben und der ausführende Unternehmer verbleibt allein in der juristischen Haftung.

Nicht nur der unmittelbare und real gelebte Arbeiterschut muss darum im Fokus der Betriebe stehen, auch die juristische Absicherung des eigenen Unternehmens durch Einhaltung der einschlägigen gesetzlichen Regelungen und Vorschriften ist von hoher Wichtigkeit! Wir empfehlen darum dringend die Erstellung dieser individuellen Gefährdungsanalyse mit aller gebotenen Sorgfalt! Bei Unklarheiten ziehen Sie kompetente Fachleute hinzu, wie z.B. den Außendienst der für ihren Betrieb zuständigen Berufsgenossenschaft.

## **8.2 Gliederungs-Empfehlung für eine Gefährdungsanalyse**

Eine Gefährdungsanalyse für die Multi-Material-Mix-Instandsetzung sollte mindestens enthalten:

### Durch den ANWENDER zu erbringen:

- Lageplan des Arbeitsplatzes in der Werkstatt.
- Umgebungsbedingungen, räumliche Begrenzung und Raumlüftung.
- Liste der verwendeten Werkzeuge, Maschinen und Verfahren.
- Darstellung der Qualifikation des oder der ausführenden Mitarbeiter/s (Berufsausbildung, erhaltene Unterweisungen, besuchte Lehrgänge beim Fahrzeughersteller, usw.)

Dieser Broschüre, bzw. den Internetquellen zu entnehmen:

- Physikalische und chemische Eigenschaften aller anfallenden Gefahrstoff-Emissionen und deren Risikopotential.
- Gefahrstoff-Datenblätter.
- Eingesetzte geräte- und verfahrenstechnischen Sicherheitsmaßnahmen zur Risikovermeidung oder -minimierung inkl. Dokumentationen dieser Geräte und Verfahren.
- Betriebsanweisungen für alle Gefahrstoffe und ihre Bearbeitungsverfahren.
- Reinigungsplan.
- Wartungsplan.
- Verwendete Feuerlöscher.
- Sonstige verwendete Arbeitsschutzausrüstung.
- Beschilderung des Arbeitsplatzes entsprechend der Gefahrstoff-Verordnung.
- Notfallplan
- Terminplan und Prüfliste der wiederkehrenden Prüfungen nach BGVA 3.

Individuell zu betrachten:

- Berücksichtigte und ggf. abweichende regionale oder nationale Sonderregeln.
- Entsorgungskonzept.

Unsere Hinweise hier beziehen sich nur auf den Umgang mit den neuen Gefahrstoffen, nicht auf die ebenso gültigen, allgemeinen Pflichten wie Rettungswege, Ersthelfer, usw.. Wertvolle Hinweise finden Sie auch in den Paragraphen 6,7 und 8 der Gefahrstoff-Verordnung.

<http://www.arbeitssicherheit.de/de/html/library/document/4180486,1>

Wir stellen Ihnen ausdrücklich frei alle unsere Unterlagen aus dem beigefügten Anhang zur Erstellung ihrer individuellen Gefährdungsanalyse zu verwenden. Sie zusammenzutragen war viel Arbeit und soll Ihnen zugutekommen. Es handelt sich ja überwiegend um frei zugängliche, gesetzliche oder behördliche Dokumente, die keinem Copyright unterliegen.



## **9 Beispielunfall**

Der folgende Unfall soll dazu dienen, eine bessere Vorstellung der Risiken für die Mitarbeiter und das Unternehmen beim Umgang mit Gefahrstoffen zu vermitteln. Er stammt aus dem persönlichen Erleben des Autors.

### **9.1 Explosionsunfall bei der Aluminium-Karosserieinstandsetzung**

Wir hatten in einem Karosserie-Trainingszentrum einen Multi-Material-Mix-Arbeitsplatz eingebaut und nun schulte ich die Trainer umfassend, schließlich sollten sie dieses Wissen an die späteren Anwender weitergeben können. Ich erntete aber Skepsis, das Konzept mit den 2 Staubsaugern und der geforderten Material- und Prozesstrennung erschien ihnen als <Zitat> „Audi-Luxus-Lösung mit Hosenträger und Gürtel“, meine langatmigen Erklärungen wurden als „das übliche Marketing-Blabla“ angesehen, man arbeite schließlich selbst schon seit Jahr und Tag mit nur einem und dazu noch viel billigeren Sauger, der auch für Aluminium geeignet sei.

Ich ließ mir die Maschine zeigen. Es war die weitverbreitete Version einer Maschine für die Lackiervorbereitung in zündquellenfreier Bauart, aber ohne jede Sicherheitseinrichtung auf der Saugseite. Ich warnte die Leute vor dem Einsatz dieser Maschine in der Karosserie, erklärte die unterschiedlichen Gefährdungslagen in beiden Bereichen, wurde aber nicht richtig ernst genommen und als Theoretiker abgetan.

Ein paar Wochen später hörte ich, dass dem Trainer in seinem eigenen Betrieb exakt diese Maschine um die Ohren geflogen war und er sich dabei schwer verletzt hatte. Ich kannte ihn ja persönlich, also fuhr ich hin und ließ mir alle Details direkt vom Betroffenen selbst schildern.

Er hatte an diesem Tag 2 Audi TT gemacht und behob nun an einem Ferrari F 550 Maranello einen leichten Heckschaden, bei dem nur das Abschlussblech getauscht werden musste. Nach dem Schweißen sollten die kurzen Nähte noch etwas optisch verblendet werden. Er arbeitete dazu mit einem Schleifer und hatte den Staubsauger auch direkt vorne am Werkzeug angeschlossen. Alles so, wie es sein soll. Er arbeitete aber in beengter Position. Nach Abschluss der Arbeiten schaltete er den Schleifer ab und wollte ihn aus der beengten Position herausziehen, als er mit dem auslaufenden Schleifer einen kleinen Haltewinkel touchierte. Obwohl der Ferrari als echte Aluminiumkarosserie gehandelt wird, ist dieser kleine Haltewinkel aus Stahlblech. Das Werkzeug produzierte einen Funken, die ebenfalls noch eingeschaltete Absauganlage saugte ihn an und explodierte im gleichen Augenblick mit einem lauten Knall. Es traf ihn „wie der Blitz aus heiterem Himmel“, er war halbseitig taub und die Splitter des Staubsaugergehäuses steckten in seinem Fleisch.

Was vorher damit alles abgesaugt wurde, welche Staubkonzentration und welche Materialien im Inneren der Maschine vorhanden waren, ließ sich nicht mehr rekonstruieren. Das Corpus Delicti lag ja in Fetzen. Um eine solch heftige Reaktion zu erzeugen bedarf es bei Aluminiumstaub schon vieler Rahmenbedingungen. Offensichtlich waren sie hier einmal alle erfüllt, die Bombe schon scharf und wartete nur noch auf die Zündquelle. Dieser kleine Stahlwinkel in der Aluminiumkarosserie hat sie geliefert.

Halbwegs genesen versuchte er den Hersteller juristisch in die Pflicht zu nehmen, schließlich hatte er eine explosionsgeschützte Maschine gekauft. Der Hersteller legte aber einfach seine Betriebsanleitung auf den Tisch in der klipp und klar steht, dass die Maschine keinen gerätetechnischen Schutz gegen das Ansaugen mechanisch erzeugter Schleiffunken hat und der Betreiber das darum sicher ausschließen muss. Juristisch lag mit dem Anschleifen des Stahlwinkels also „nicht bestimmungsgemäße Verwendung“ vor und die Verantwortung verblieb darum bei ihm selbst.

Dann bekam er noch tüchtig Ärger mit dem Kostenträger seiner Heilbehandlung wegen „Herbeiführung eines Unfalls mit Personenschaden beim Umgang mit explosiven Stäuben ohne geeignete gerätetechnische Sicherungsmaßnahmen“.

Neben seinen körperlichen Schäden blieb er also auch auf den wirtschaftlichen Schäden sitzen und war selbst der Schuldige, obwohl er sich vorher in Sicherheit und auch im Recht fühlte. Trotzdem kann man es als Glück im Unglück betrachten dass er als Inhaber und Chef ganz alleine betroffen war, nicht irgendwelche Mitarbeiter oder Kunden oder gar eine Gruppe Schüler bei einem seiner Karosserie-Trainings, die dann um die Maschine herum gestanden hätten.

Mittlerweile ist er glücklicherweise auch wieder vollkommen genesen. Wir haben seinen eigenen Betrieb gerade mit der „Audi-Luxus-Lösung mit Hosenträger und Gürtel“ ausgestattet, denn er ist nun „hinreichend sensibilisiert“. Auch von „Marketing-Blabla“ ist seit dieser schmerzhaften Erfahrung keine Rede mehr. Und er kann es seinen Schülern nun auch vermitteln.

Der Unfall zeigt aber auch auf, dass selbst echte Aluminiumkarosserien irgendwo Stahlteile haben können und man sie in der Reparatur einfach nicht als „sortenreines Aluminium“ betrachten darf! Wir sind hier in der Instandsetzung mit individuellen Schadensbildern, nicht in der Industrie mit immer wiederkehrenden Arbeitsschritten und abgesicherten Prozessen. Es hätte aber auch schon gereicht wenn er den noch rotierenden Schleifer auf einer Palette abgelegt hätte in der noch ein Nagel steckt. Oder wenn er eines seiner Handwerkzeuge gestreift hätte.

## **9.2 Schlusswort**

Mit der Multimaterial-Mix-Karosserieinstandsetzung betritt die Branche Neuland. Wir hoffen, mit dieser Ausarbeitung alle physikalischen, chemischen und anwendungstechnischen Sachlagen klar und verständlich dargestellt zu haben. Bei Unklarheiten stehen Ihnen die Fachberater der Volkswagen Serviceorganisation, der Berufgenossenschaft Holz und Metall, sowie die ProWoTech GmbH jederzeit gerne beratend zur Verfügung.