

Dr. Hartwig Lohse

Kleben von Verbundwerkstoffen in der Fahrzeugtechnik –

Eine Möglichkeit zur Verringerung
von CO₂-Emissionen



Inhalt

- **Einleitung**
- **Zukunftstechnologie Kleben**
- **Klebstoffsysteme für Faserverbundwerkstoffe**
- **Konstruktive Auslegung von Klebverbindungen**
- **Klebstoffverarbeitung und -härtung in der Serienfertigung**
- **Neuere Anwendungen, Entwicklungen und Trends - Ausblick**



Verbundwerkstoffe in der Automobilfertigung

- ➊ 1946: Stout '46 Studie von Owens Corning bzgl. einer GFK Karosserie
- ➋ 1972: Renault 5 Erster SMC Stossfänger
- ➌ 1980: Audi Ur-Quattro geklebter SMC Heckdeckel
- ➍ 1984: Renault Espace Beplankung der feuerverzinkten Rohkarosse mit Composite-Pressteilen
- ➎ 1982: Citroen BX Erstes Großserienfahrzeug mit SMC-Fronthaube und BMC Heckklappe
- ➏ 1989: Volvo Truck geklebter SMC Dachspoiler
- ➐ 2002: PSA/FIAT Individualisierung durch SMC Heckklappe (SMC, zweischalig, geklebt)



Verbundwerkstoffe in der Automobilfertigung

- ≡ Designfreiheit
- ≡ Individualisierung
- ≡ Kosten, insbesondere bei geringen Stückzahlen
- ≡ Durchlässig für elektromagnetische Strahlung
- ≡ Geräuschdämpfung
- ≡ Korrosionsbeständigkeit
- ≡ Gewichtsersparnis



Die Verordnung EU 443/2009 legt für den Flottendurchschnitt ab 2020 zugelassener Neuwagen eine Reduzierung der CO₂-Emissionen auf 95 g/km fest.

Maßnahmen der Automobilhersteller:

- ⇒ Optimierungen des Antriebsstranges (Motor, Getriebe)
Verkleinerung der Zylinderbrennräume unter Beibehaltung der Leistung**
- ⇒ Hybridantrieb – Elektroauto**
- ⇒ Reduktion des Luft- und Rollwiderstands**
- ⇒ Gewichtsreduktion (100 kg → 8,5 g CO₂/km = 0,3 l/100 km)**
- ⇒ ...**



An Assessment of Mass Reduction Opportunities for a 2017 – 2020 Model Year Vehicle Program

Prepared by: Lotus Engineering Inc.

Submitted to: The International Council on Clean
Transportation (ICCT)

March 2010

Basierend auf dem Toyota Verza 2009 werden Möglichkeiten zur
Gewichtsreduktion durch die Verwendung alternativer Werkstoffe aufgezeigt

Weitere Informationen ICCT: www.theicct.org

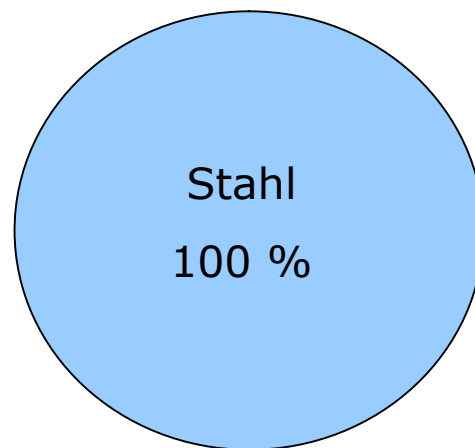
Beispiel: Karosserie

An Assessment of Mass Reduction Opportunities for a 2017 – 2020 Model Year Vehicle Program

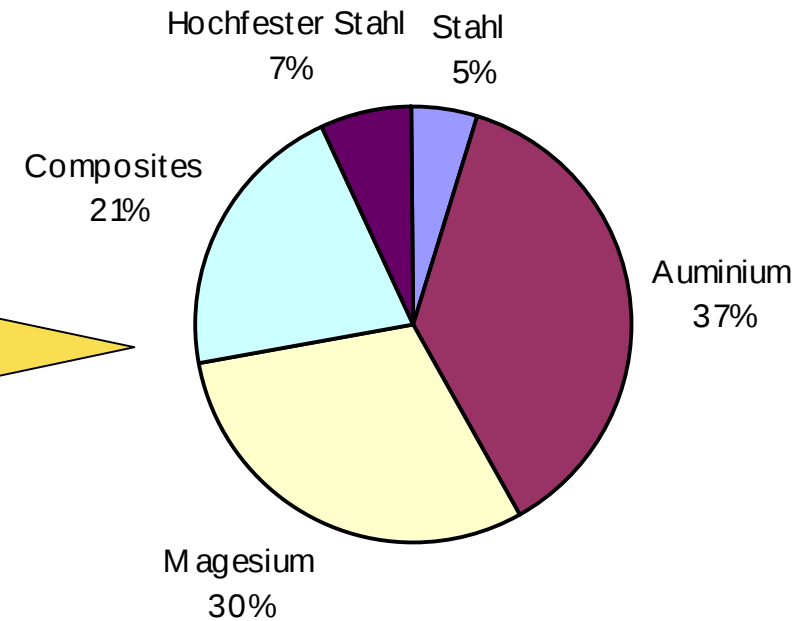
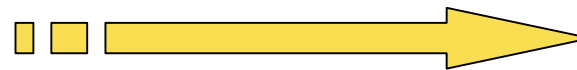
Prepared by: Lotus Engineering Inc.

Submitted to: The International Council on Clean
Transportation

March 2010

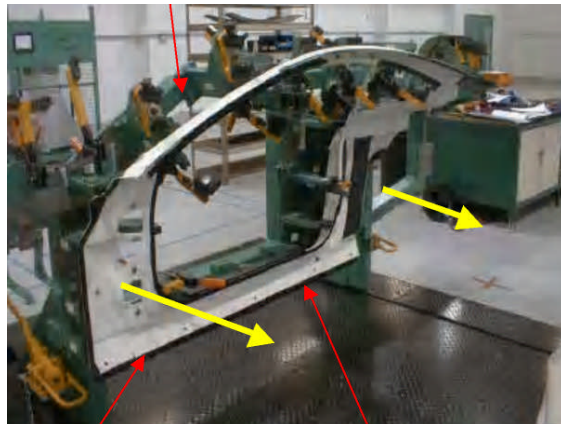


> 400 Einzelteile/ 382 kg



211 Einzelteile/221 kg

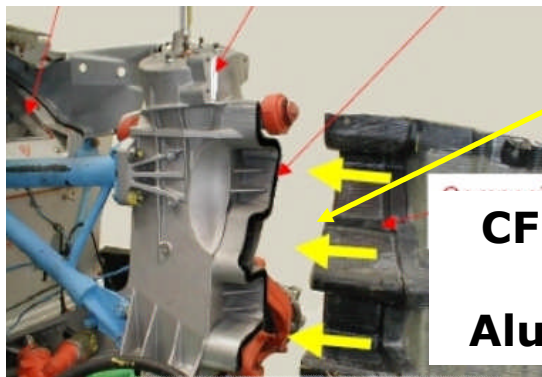
2002: Aston Martin Vanquish ~ 15 Liter Klebstoff



SMC-Seitenwand



CFK-Getriebetunnel
verklebt mit der
Aluminium-
Karosserie

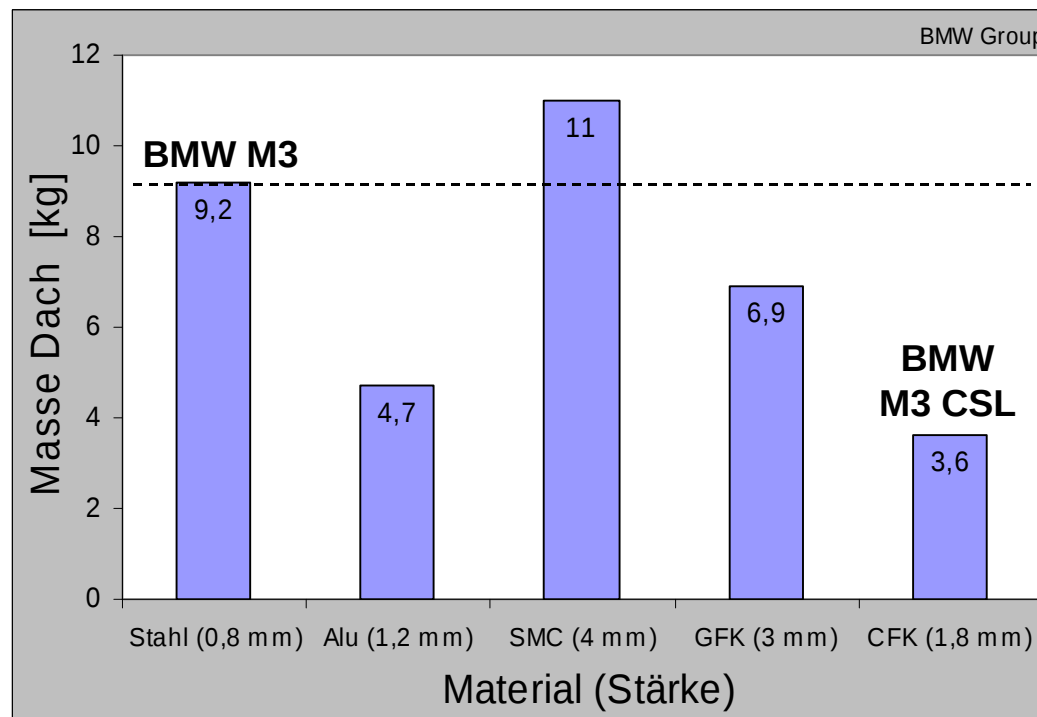


CFK-Aggregateträger
verklebt mit der
Aluminium-Karosserie



Quelle: J. Hill, Automotive Circle
International Bad Nauheim 2002

**2004: BMW M3 CSL – Kohlefaserdach,
mit der Karosserie verklebt**
Heute: Serie bei allen BMW M-Modellen



Quelle: R. Haider, H. Lohse -
Adäsion 12/2004



$$\Delta m = 5,6 \text{ kg}$$

Gewichtsreduzierung
und Verlagerung
Fahrzeugschwerpunkt
nach unten



Werkstoff:

Kombinationen
verschiedener Werkstoffe
(z.B. Duroplast/Thermoplast,
Kunststoff/Metall, ...)

Integration zusätzlicher Funktionen:

z.B. Dichtigkeit, therm/elektr.
Leitfähigkeit, Dämpfung, ...)

Zukunftstechnologie Kleben

Verarbeitung:

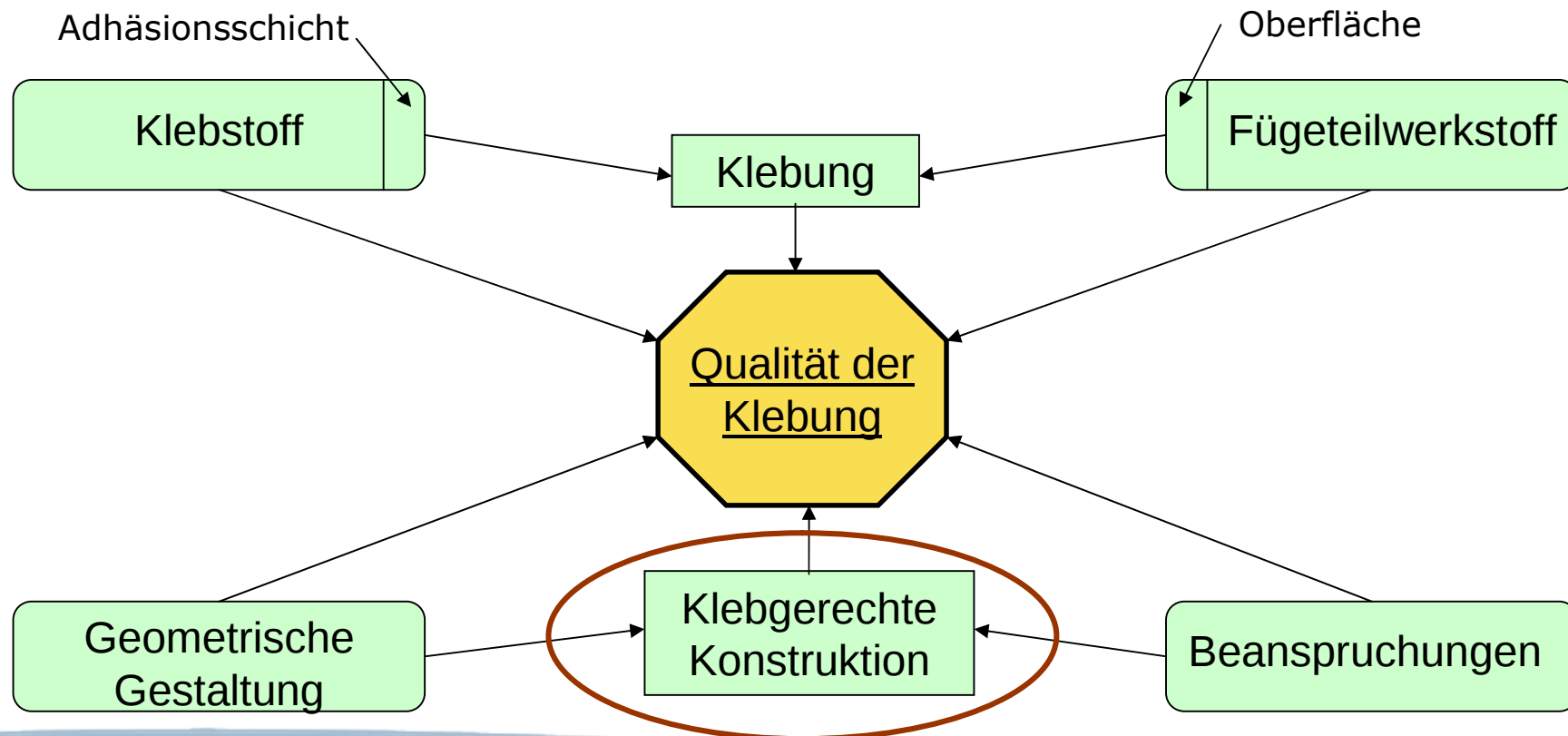
Erhalt der Werkstoffeigen-
schaften
(z.B. Oberfläche, Vermeidung
therm. Schädigung, flächige Kraft-
einleitung ...)

Konstruktion:

Verbesserte Bauteileigen-
schaften
(z.B. Leichtbau, Steifigkeit,
Design, ...)

Einflußgrößen auf die Festigkeit einer Klebung

nach: G. Habenicht, Kleben – Grundlagen, Technologien, Anwendungen, Springer Verlag, 4.Aufl.

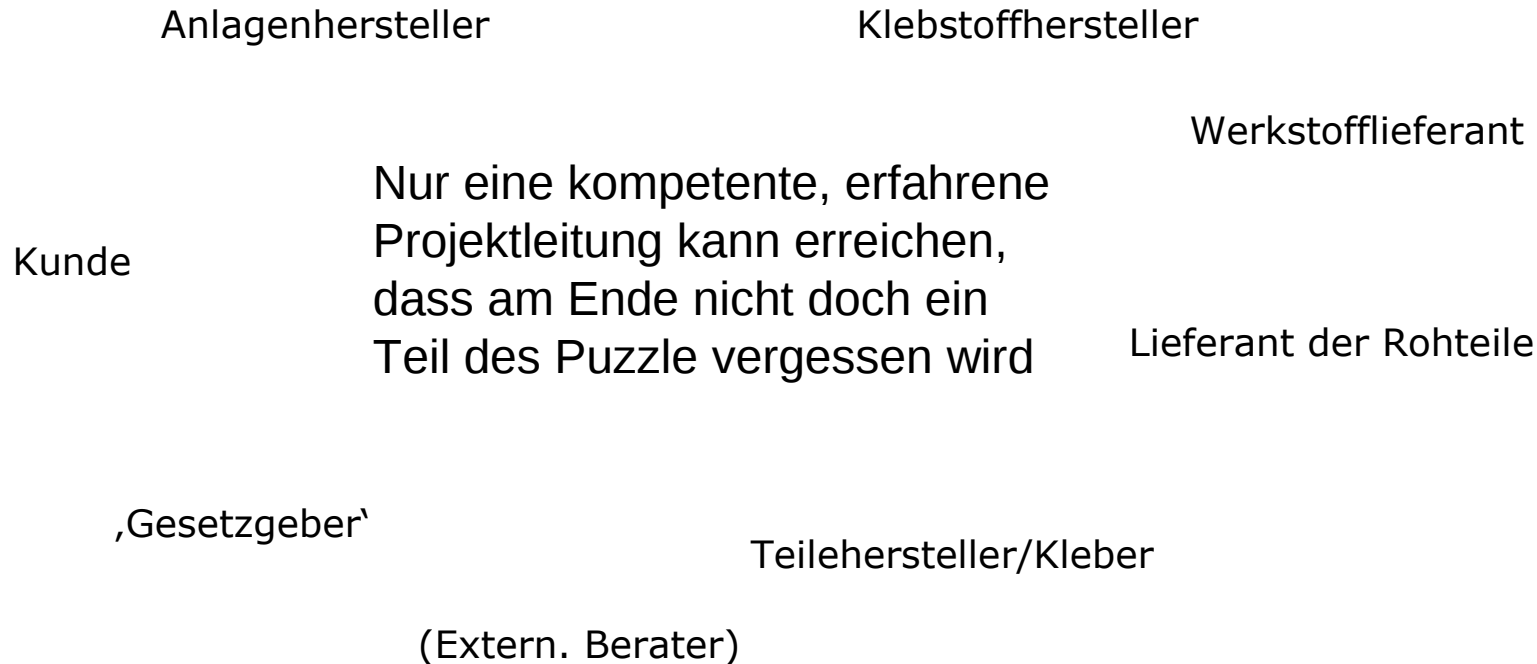




Eine erfolgreiche Einführung der Klebtechnik erfordert aufgrund ihres interdisziplinären Charakters eine frühzeitige Abstimmung und einen ständigen Kontakt zwischen allen, an dem Projekt beteiligten Unternehmen sowie eine kompetente Projektleitung.

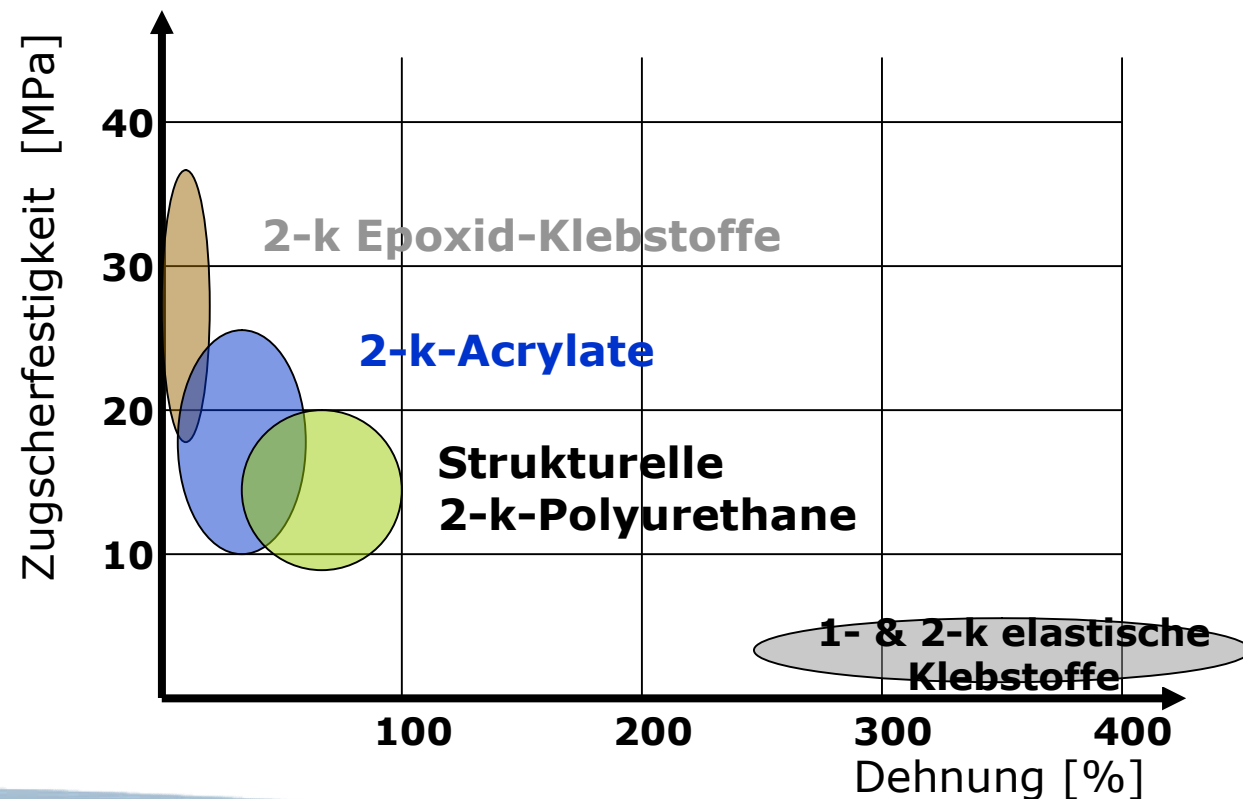
Nur so kann gewährleistet werden, dass alle für eine erfolgreiche Realisierung wichtigen Parameter zusammenpassen:

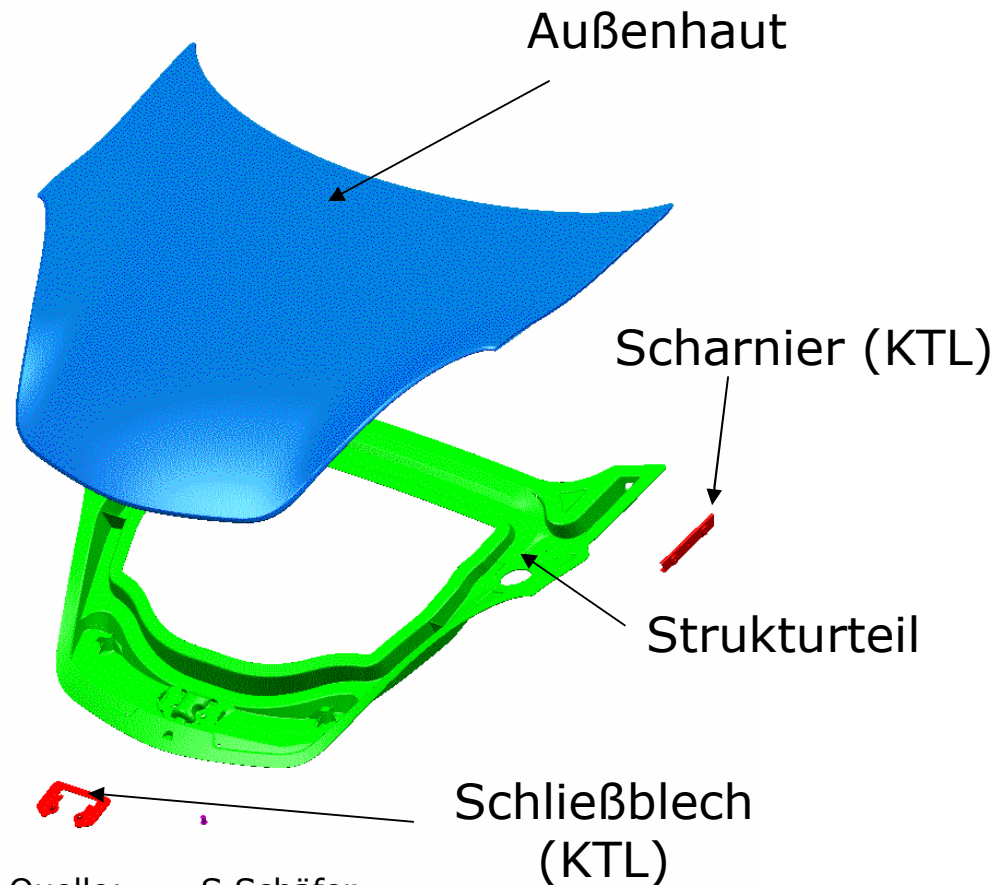
- ⊖ **Eigenschaften der Fügeteilwerkstoffe**
- ⊖ **Oberflächenvorbehandlung**
- ⊖ **Teile-Handling**
- ⊖ **Taktzeiten**
- ⊖ **Toleranzen**
- ⊖ **Losgröße**
- ⊖ **Applikationstechnik**
- ⊖ **Klebstoffhärtung**
- ⊖ **Adhäsion**
- ⊖ **Klebstoffform**
- ⊖ **mechanische Klebstoffeigenschaften**
- ⊖ **Beständigkeit des Klebstoffe**
- ⊖ **Produktsicherheit**
- ⊖ **Arbeits- und Umweltschutz**
- ⊖ **Qualitätssicherung**
- ⊖ **Kosten**
- ⊖ **etc.**





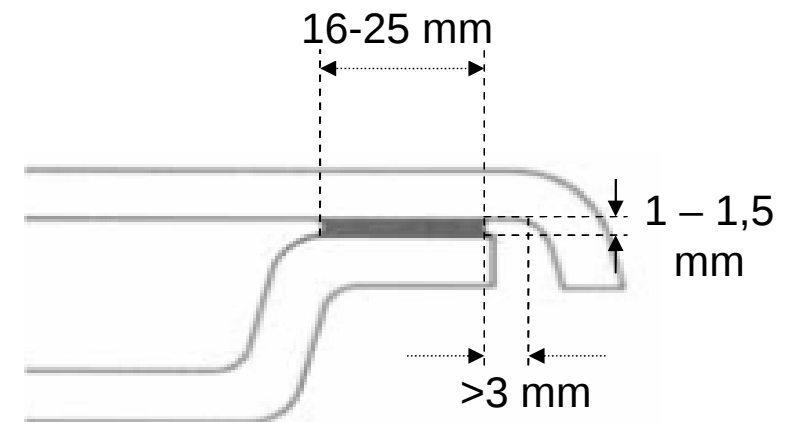
**Aufgrund der Anforderungen an den Prozess werden
derzeit die folgenden Klebstoffsysteme verwendet:**





Quelle: S.Schäfer -
European Alliance for SMC, Bremen 2004

Beispiel: Fronthaube

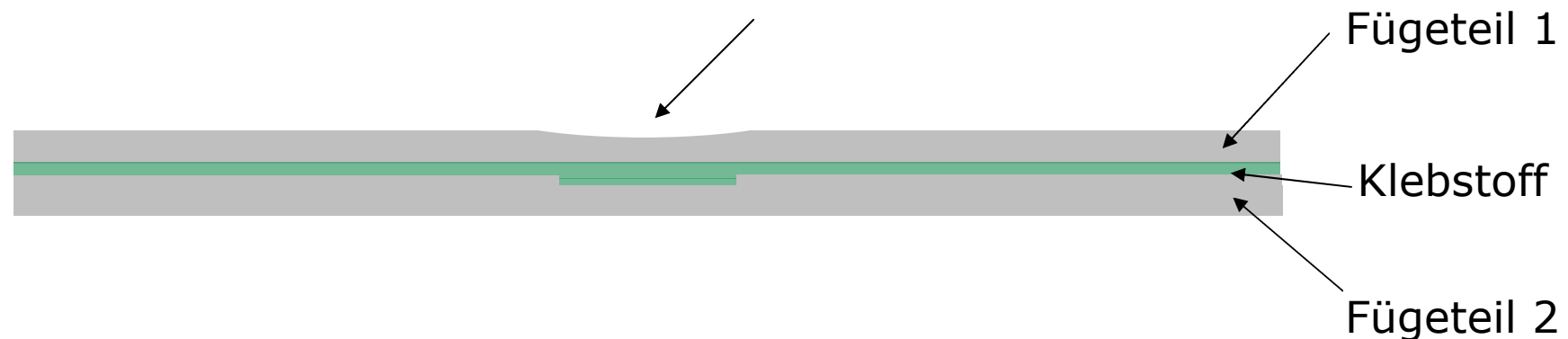




Vermeiden von Abzeichnungen

Neben den mechanischen Eigenschaften der zu verklebenden Bauteile sind folgende Parameter von Bedeutung

- Verwendung von ‚schrumpfarmen‘ Klebstoffen
- Vermeidung von sprungartigen Unterschieden in der Klebschichtdicke

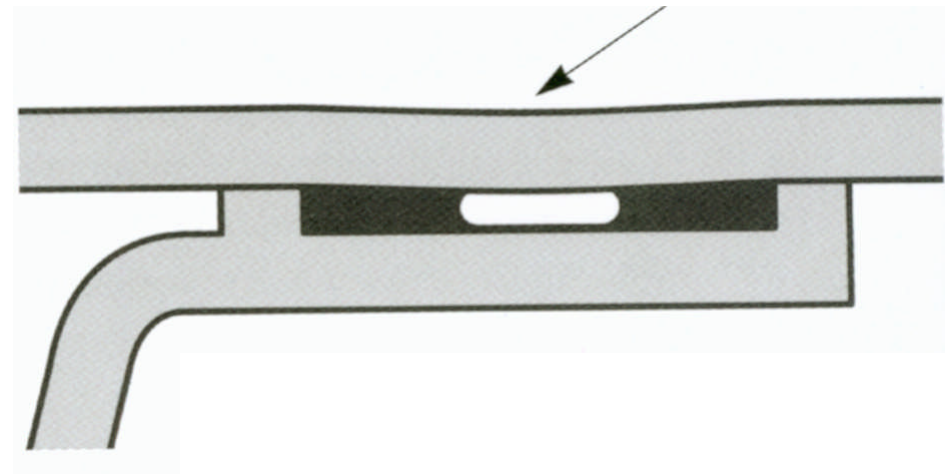




Vermeiden von Abzeichnungen

Neben den mechanischen Eigenschaften der zu verklebenden Bauteile sind folgende Parameter von Bedeutung

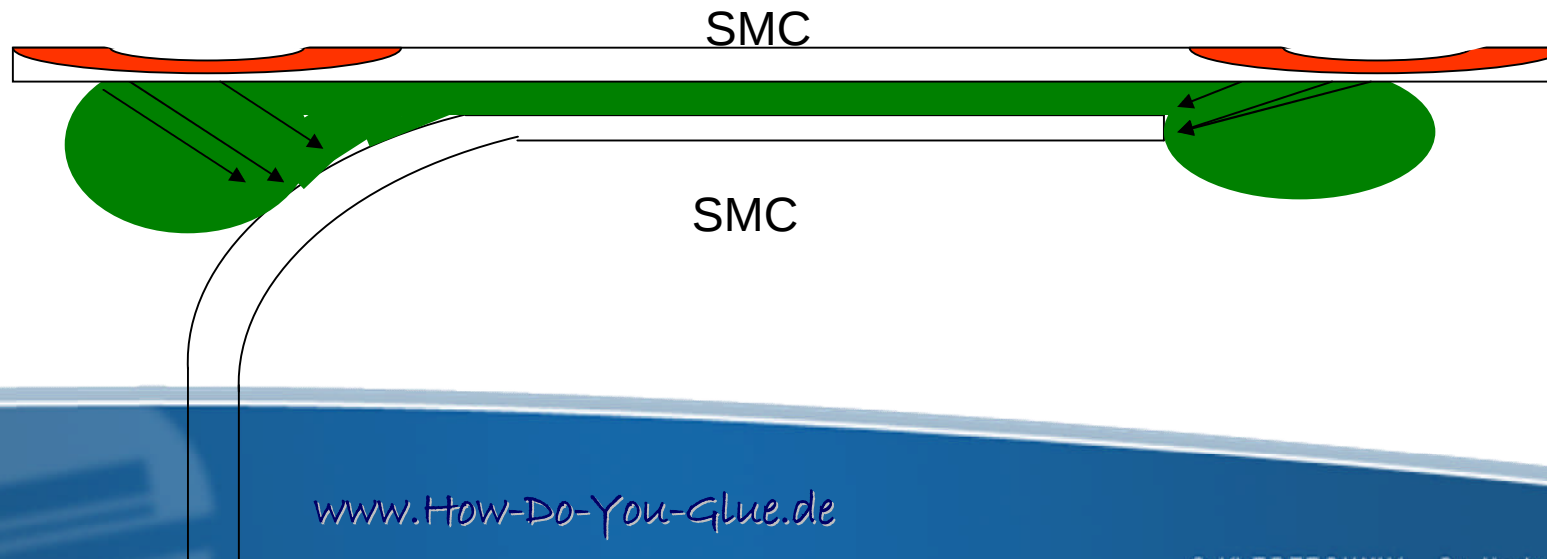
- Verwendung von ‚schrumpfarmen‘ Klebstoffen
- Vermeidung von sprungartigen Unterschieden in der Klebschichtdicke
- keine ins Pressteil integrierte Abstandshalter



Vermeiden von Abzeichnungen

Neben den mechanischen Eigenschaften der zu verklebenden Bauteile sind folgende Parameter von Bedeutung

- ≡ Verwendung von ‚schrumpfarmen‘ Klebstoffen
- ≡ Vermeidung von sprungartigen Unterschieden in der Klebschichtdicke
- ≡ keine ins Pressteil integrierte Abstandshalter
- ≡ **Vermeiden von herausquellenden überschüssigen Klebstoff**





Vermeiden von Abzeichnungen

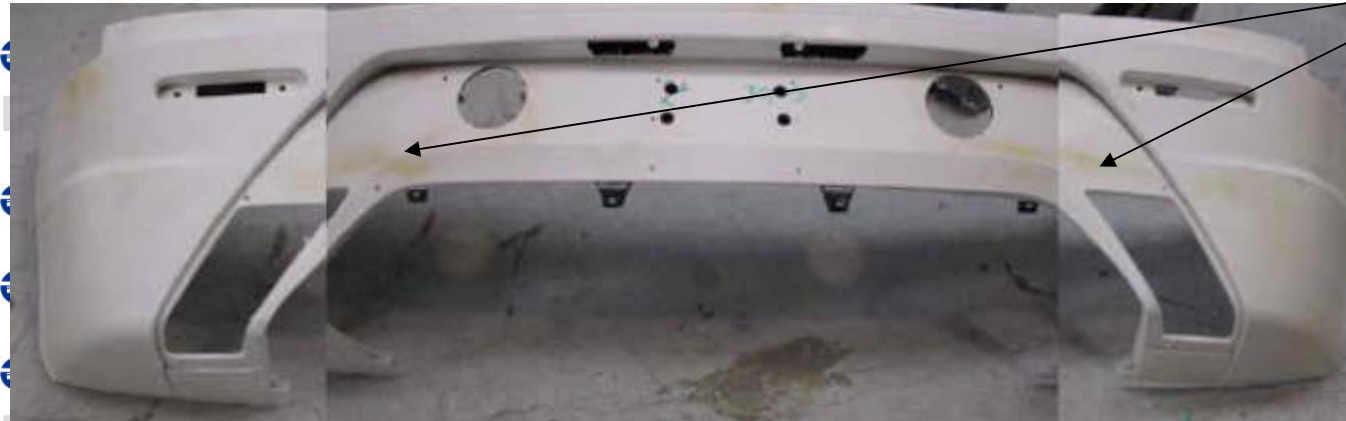
Neben den mechanischen Eigenschaften der zu verklebenden Bauteile sind folgende Parameter von Bedeutung

- ⇒ Verwendung von ‚schrumpfarmen‘ Klebstoffen
- ⇒ Vermeidung von sprungartigen Unterschieden in der Klebschichtdicke
- ⇒ keine ins Pressteil integrierte Abstandshalter
- ⇒ Vermeiden von herausquellenden überschüssigen Klebstoff
- ⇒ Vermeidung von Spannungen aufgrund unterschiedlicher thermischer Ausdehnung
- ⇒ konstante Härtingsbedingungen

Vermeiden von Abzeichnungen

Neben den mechanischen Eigenschaften der zu verklebenden Bauteile sind folgende Parameter von Bedeutung

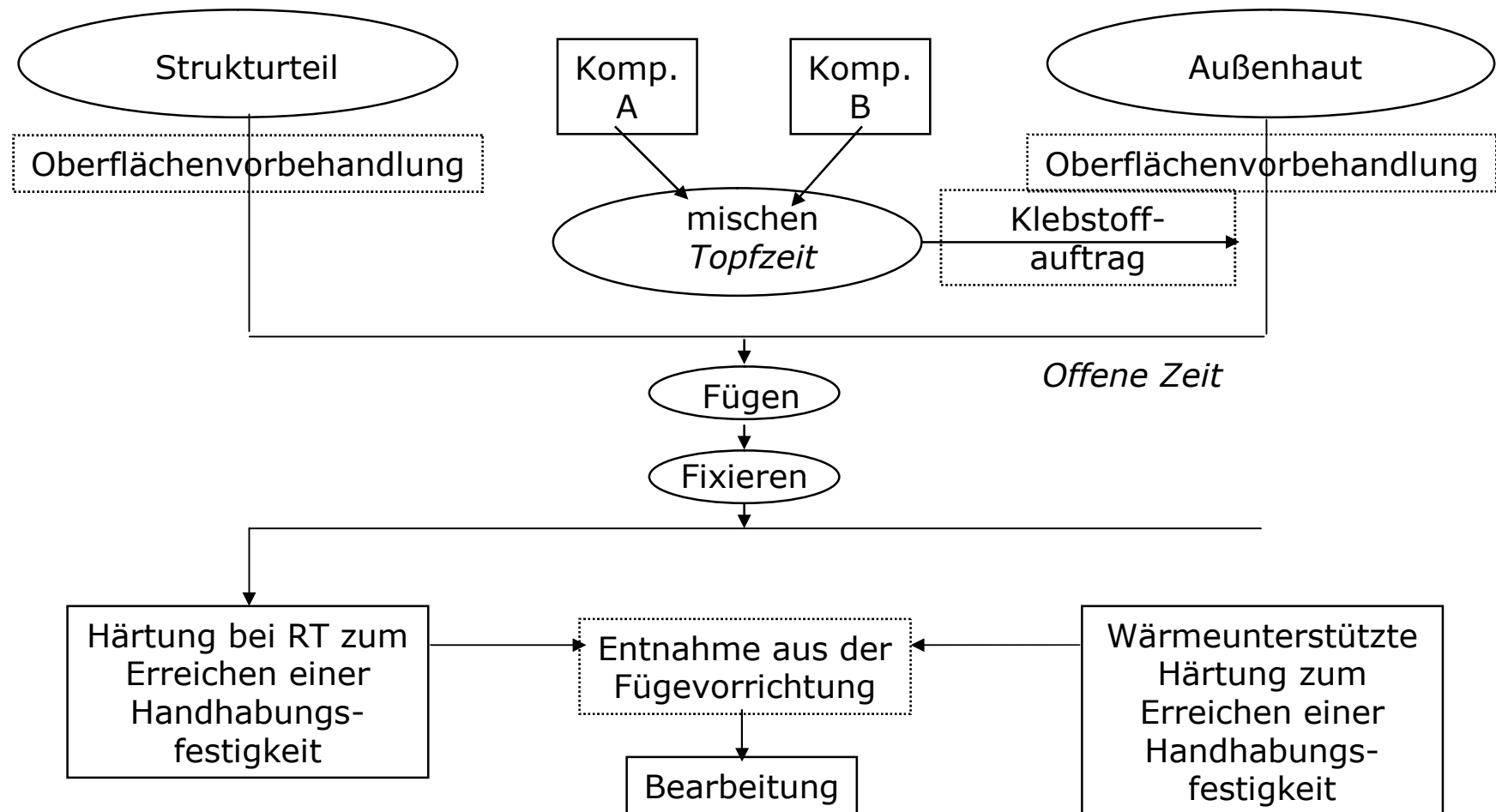
• Verwendung von ‚schrumpfarmen‘ Klebstoffen



Thermische
Schädigung der
Oberfläche

• konstante Härtingsbedingungen

• Vermeidung einer thermischen Schädigung der Außenhaut infolge zu hoher Härtingstemperatur

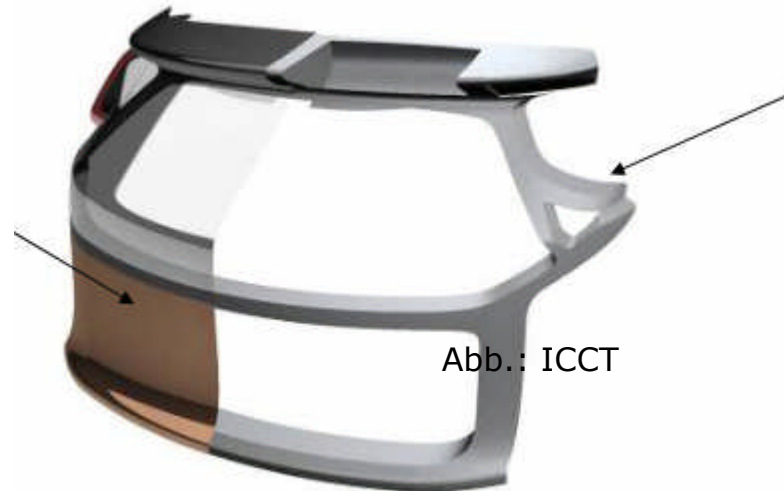




Hybrid – Heckklappen

Thermoplastische
Außenhaut

(PP/EPDM, ABS,
ABS/PC, etc.)



SMC
Strukturteil

Abb.: ICCT

Ein ICCT Vorschlag verwendet Magnesium für das Verstärkungsteil und Thermoplast für die Außenhaut. Erfahrungen am VW Lupo 3-Liter-Auto haben gezeigt, dass der Korrosionsschutz bei Magnesium problematisch, d.h. kostenintensiv ist. SMC als Werkstoff für das Verstärkungsteil stellt eine Alternative dar. Ein erstes Serienfahrzeug mit einer Hybrid-Heckklappe wird auf dem Pariser Autosalon (02. – 17. Okt.2010) vorgestellt

Es werden neuartige, abzeichnungssfreie Klebstoffe benötigt

- gute Haftung auf Thermoplasten (PP/EPDM, ABS/PC, ABS, etc.) und SMC.
- kurze Taktzeit auch bei nur geringer Wärmeunterstützung der Härtung.



Verwendung von Kohlefaser-Materialien

☰ Kohlefaser-SMC für Anbauteile z.B. Porsche 911 GT3 II

SMC Außenhaut, C-SMC Strukturteil

→ 1,3 kg Gewichtsersparnis gegenüber der SMC/SMC Heckklappe des Vorgängers

☰ CFK Karosserie/Karosserieteile z.B. Tesla Roadster

Roadster mit Elektroantrieb
(288 PS – 212 km/h – 3,7 sec 0 – 96 km/h)

Karosserie aus miteinander im Wesentlichen verklebten Epoxid- und Polyester-CFK-Teilen.



Verwendung von Kohlefaser-Materialien

➤ BMW MEGACITY –

Erstes Groß-Serienfahrzeug mit CFK Fahrgastzelle
SOP 2013

Das Leichtbau-Konzept kompensiert vollständig
das durch den Elektroantrieb und die Batterien
bedingte Mehrgewicht. (250 – 350 kg).

Aufgebaut aus 2 Horizontal getrennte Module

- Drive-Modul: Aluminium Chassis zur Aufnahme
der Batterien, des Fahrwerks und der
grundlegenden Crash-Funktionen
- Life-Modul: Hochfeste, leichte CFK-Fahrgastzelle



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit Fragen?

Dr. Hartwig Lohse

Klebtechnik Dr. Hartwig Lohse e.K.

Fraunhoferstr. 3

25524 Itzehoe

Tel.: +49 4822 95180

E-Mail: hlohse@hdyg.de