

HSR
HOCHSCHULE FÜR TECHNIK
RAPPERSWIL

Beschleunigen Nicht nur im Wildwasser

ManuFuture, 08. Mai 2009, AT&M Neuhausen

Prof. Dr. Markus Henne

Inhalt

- Einleitung
- Prepreg Autoklav vs. Harzinjektionsprozesse
- Werkzeugtechnik am Beispiel des Wildwasserpaddels
- Einsatz von neuen Materialien am Bsp. eines Helikopter Fittings
- Zusammenfassung

Anwendung Faserverbundbauweise

Charakteristisch:

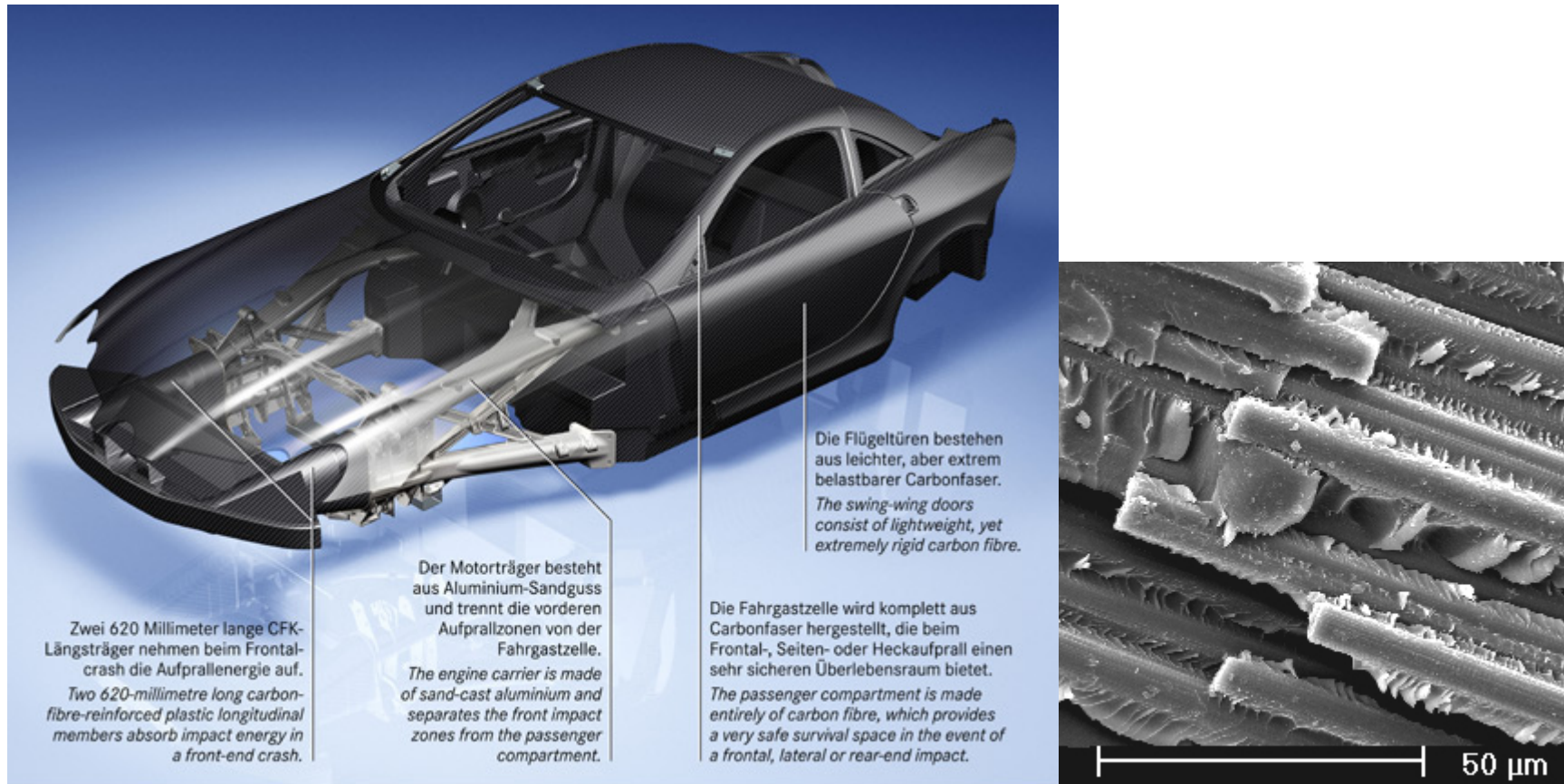
- Bewegte und/oder beschleunigte Systeme
- Meistens geometrisch komplex und funktionsintegriert
- Optisch hochwertig - „Prestige Leichtbau“

Beispiele:

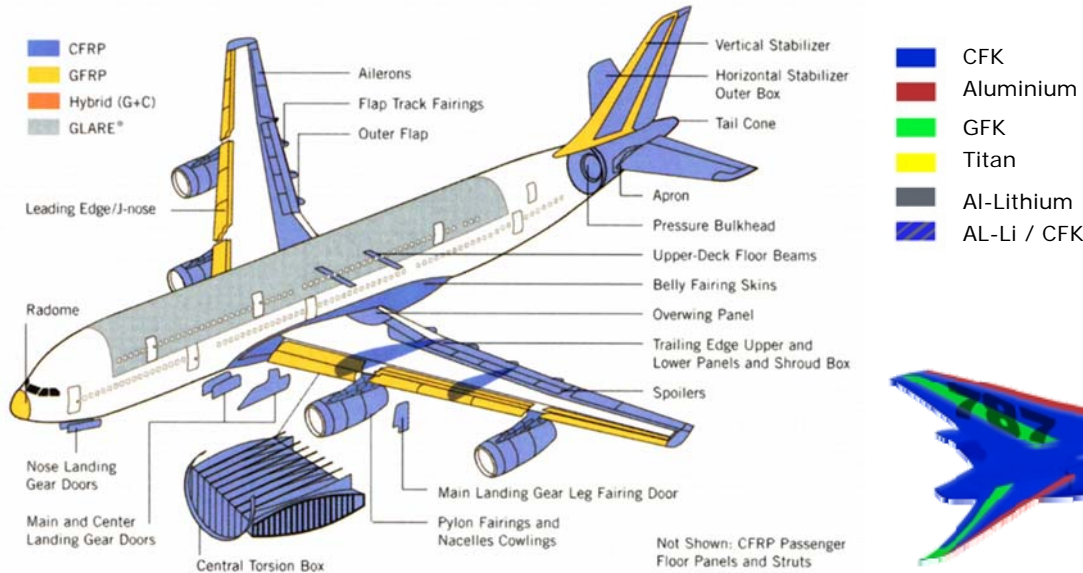
- Bootsbau (in unterschiedlichen Verfahren und Qualitäten)
- Luft- und Raumfahrt
- Automobilbau: Luxus- und Supersportwagen
- Sportartikel: Tennisschläger, Fahrrad, Paddel, Skis
- Klassischer Maschinenbau: Textiltechnik, Roboter, ...

Multimaterial – Mikro- und Makroskopisch

Durch Bildung eines Verbundwerkstoffs mit einem Kunststoff als Matrix unter Beigabe einer geeigneten Füll- oder Zusatzkomponente in Partikel- oder Faserform können die resultierenden Eigenschaften des Werkstoffs in weiten Grenzen variiert werden.



Beispiel Airbus A380 / Boeing 787



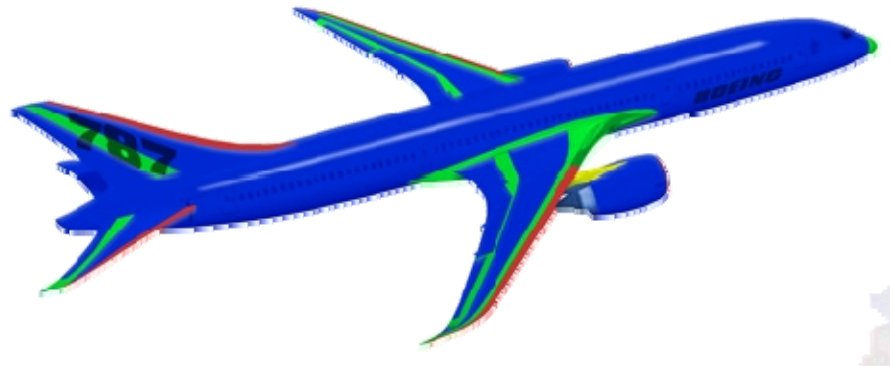
Compositeteil ca. 22%

- CFK
- Aluminium
- GFK
- Titan
- Al-Lithium
- AL-Li / CFK

Boeing 767 = ca. 3%

Boeing 777 = ca. 12%

Boeing 787 = ca. 50%



www.cashdaily.ch Nr. 6

INTERNATIONAL

Boeing kriegt die 787 nicht in die Luft

Flugzeugbau Der US-Konzern verschiebt erneut die Auslieferung des neuen Langstreckenfliegers. Boeing drohen nun Umsatzausfälle in Milliardenhöhe.

Der US-Luft- und Raumfahrtkonzern Boeing hat den Marktstart des neuen



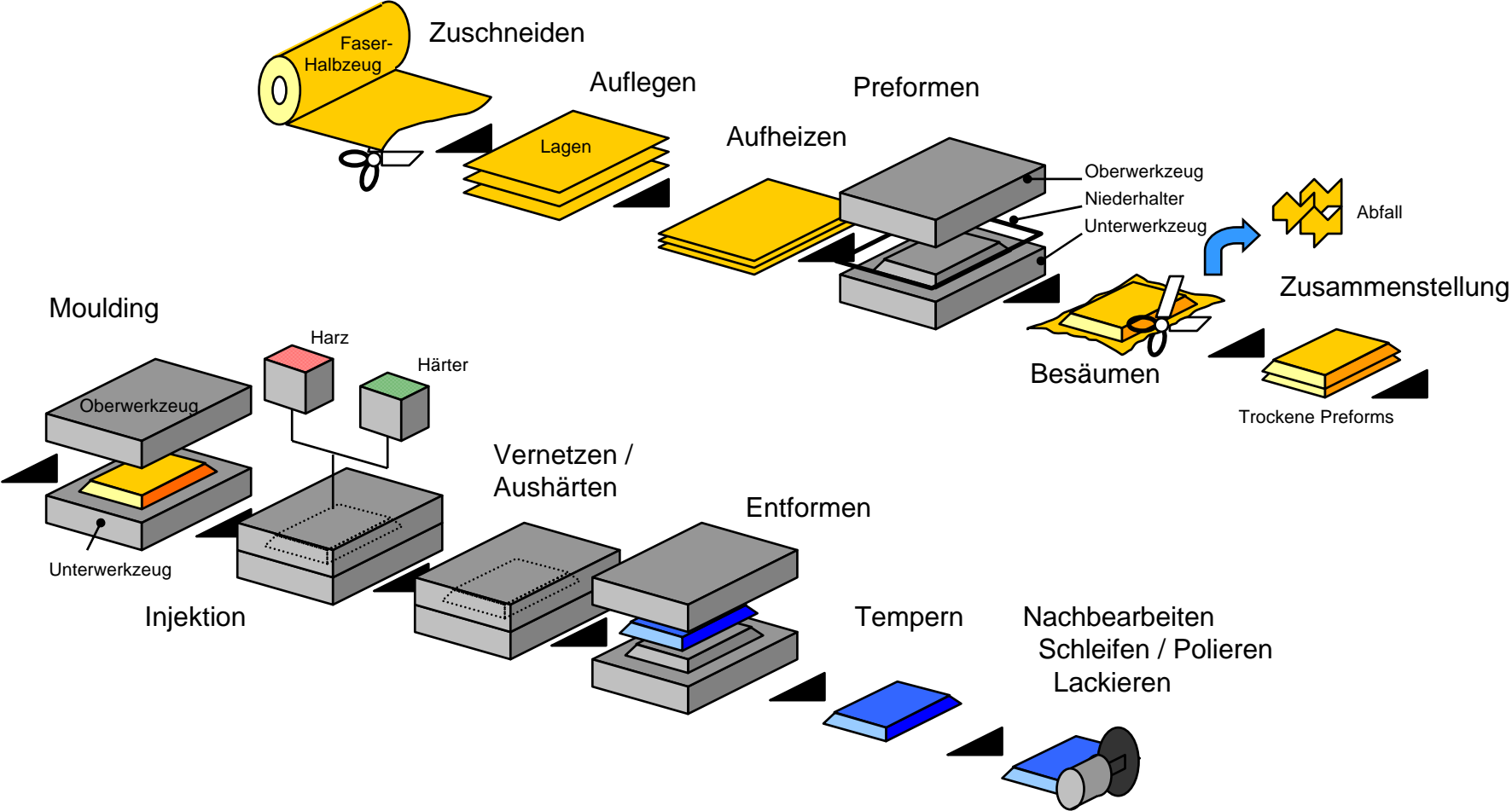
folgreichste Flugzeugeinführung der Geschichte. Laut Experten drohen Boeing nicht nur Umsatz-

Cash Daily
10.04.08

Flugzeuggrumpf aus CFK (Boeing)



Resin Transfer Moulding (RTM)



RTM Anwendungen - Carbon-Dach BMW M3

- 50% leichter als entsprechendes Stahldach, 30% leichter als Aluminium (bei gleicher Karosseriesteifigkeit)
- Günstige Schwerpunktsverlagerung
- Funktionsintegration (Befestigungen, Aufnahmen, ...)
- Hoher Automatisierungsgrad (Preforming, RTM-Prozess, Aushärtung)
- Nur 1/5 der Herstellungszeit eines konventionellen Daches



Quelle: BMW

Vergleich RTM vs. Prepreg-Autoklav


Prepreg – Autoklav Verfahren:

- Hervorragende Bauteilqualität (Faservolumengehalt, Porosität)
- Aufwändige Materialbewirtschaftung
- Hohe Investitionskosten (Autoklav)
- Geeignet für grosse, schalenförmige Bauteile in geringen Stückzahlen

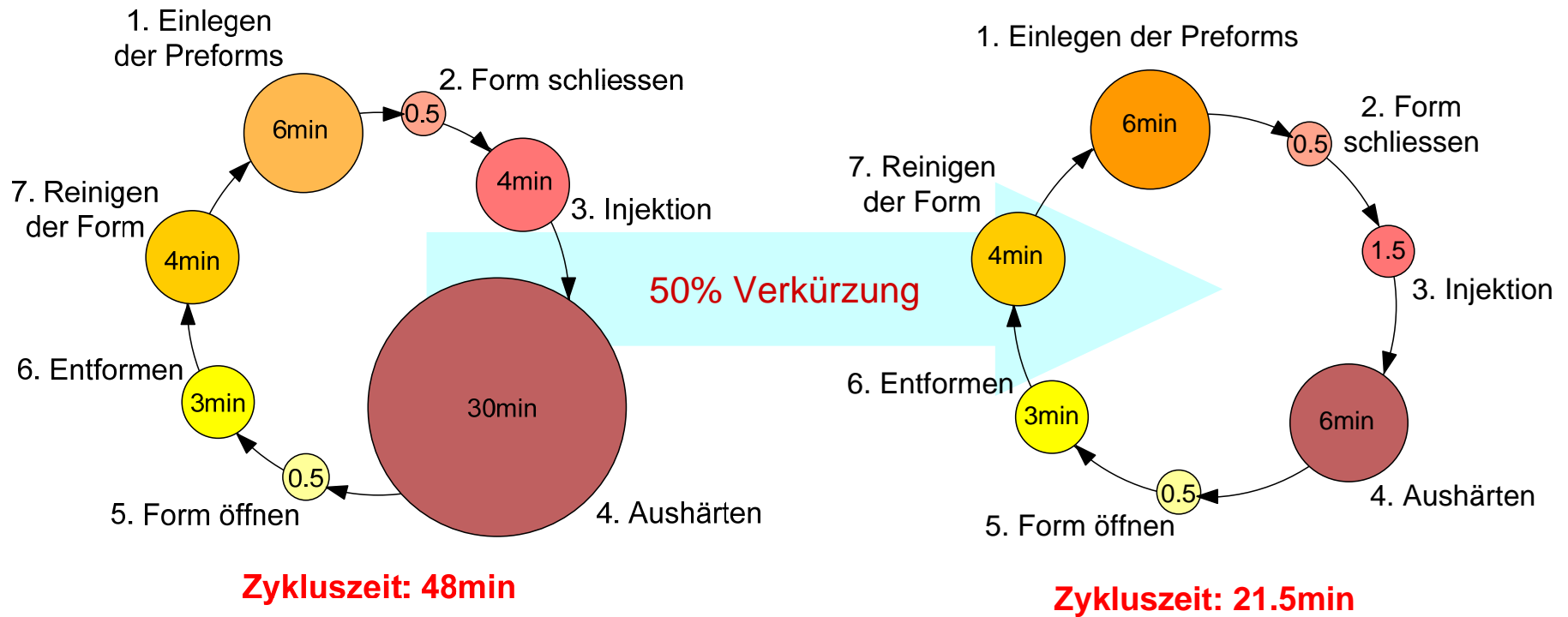
Resin Transfer Moulding RTM Verfahren:

- Optimale Oberflächengüte (beidseitig)
- Einfache Materialbewirtschaftung (Fasern trocken, Harz 2K)
- Geringe Investitionen in Infrastruktur
- Hohe Werkzeugkosten
- Komplexe Prozessführung (Robustheit)

Fallstudie: Wildwasserpaddel

- Wildwassertauglich
 - Schlagfest
 - Bruchfest
 - Steif
 - Leichter als kommerziell erhältliche Paddel
- 
- Bionische Gestaltung: Monolithisches Blatt auf dreidimensional versteiften Sicken aufgespannt
 - Ergonomische Gestaltung: Schaftquerschnitt nach Handergonomie
 - In RTM wirtschaftlich Herstellbar – **Zykluszeit < 10 Minuten**

RTM Prozessbeschleunigung



Massnahmen zur Reduktion der Zykluszeit

1. Hochpermeable Verstärkungsmaterialien
 - Permeabilität abhängig vom Faservolumengehalt
 - Reduktion der mechanischen Eigenschaften

2. Hochreaktive Harzsysteme
 - Vernetzung startet unmittelbar nach Mischung der Komponenten
 - Vernetzung führt zu einem Anstieg der Viskosität

3. Kurze Fliesswege
 - Mehrpunktinjektion (Fliesskanäle, Kaskadeninjektion)
 - Komplexe Prozessregelung

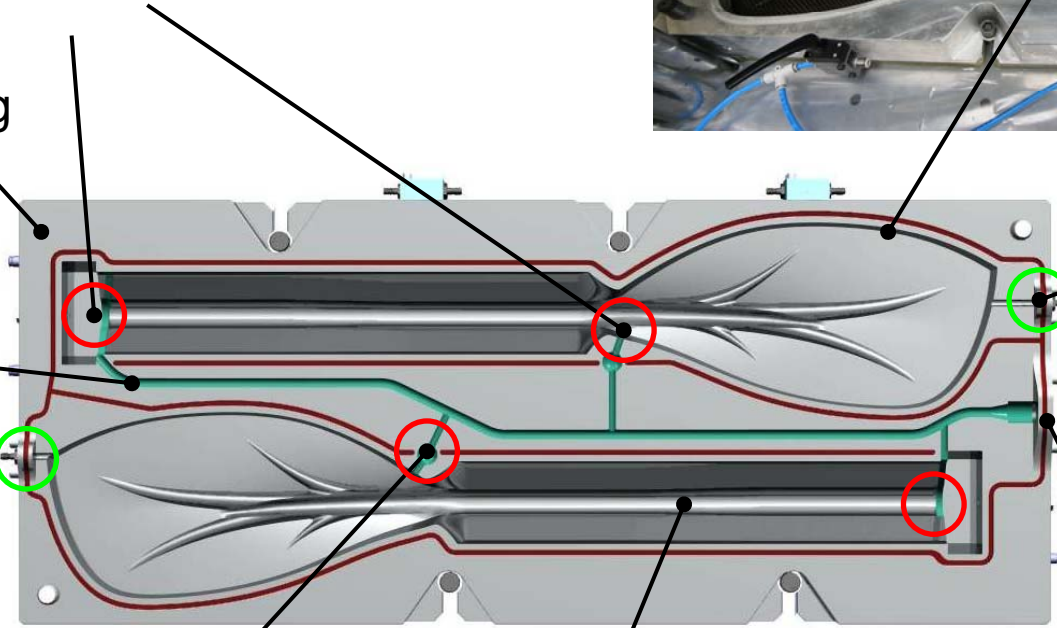
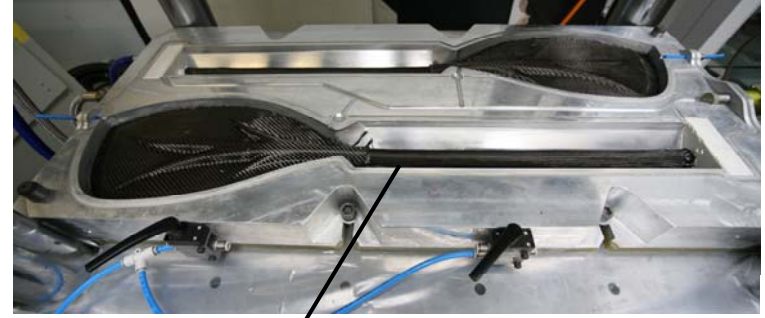
Werkzeugtechnik

Kaskadeninjektion über zwei Angusspunkte

Zwillingswerkzeug

Harzführung
in Trennebene

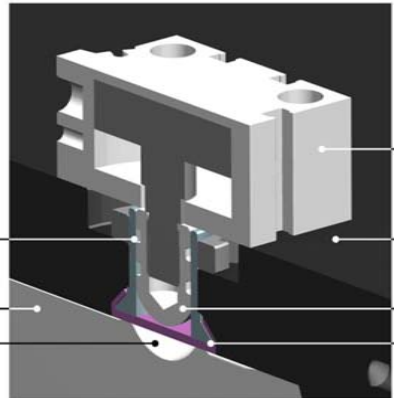
Tauchkantenwerkzeug



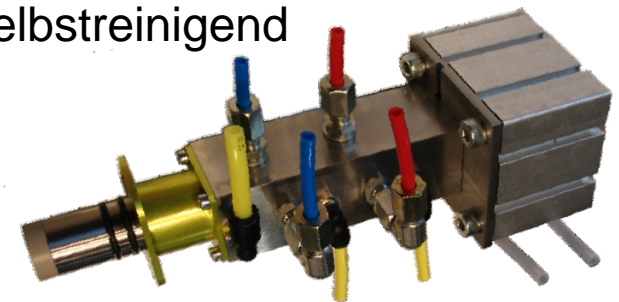
Vakuum

2K Injektionskopf
- direkt am WZ
- selbstreinigend

hohler Schaft
durch Silikonkern



Zylinder
Unterwerkzeug
Dichtfläche
Pneumatikzylinder
Oberwerkzeug
Kolben
Silikonmembrane



Bauteiltest

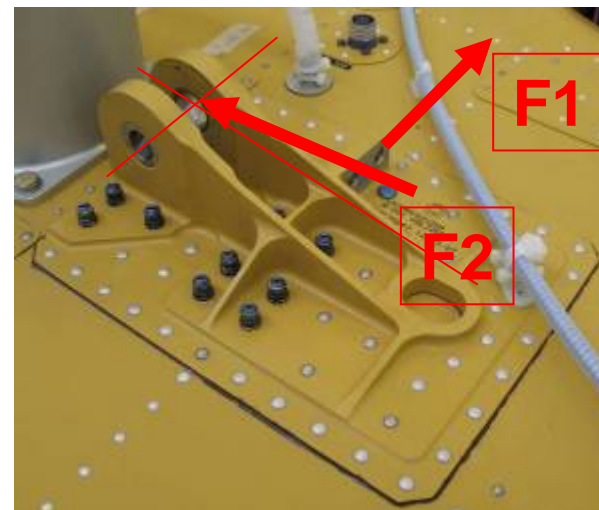


Fallstudie: Helikopter Fitting

- Heute: Aluminium gefräst
- Bauteile pro Helikopter: 2
- Aktuelles Gewicht: 842g

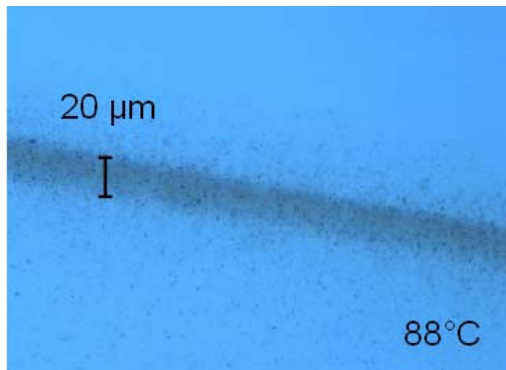
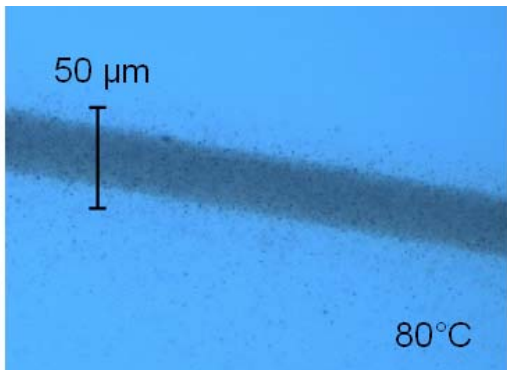
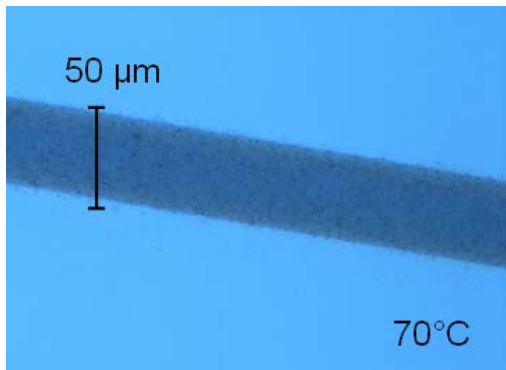
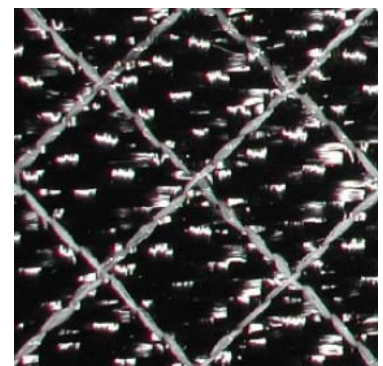
Lasten

- F1: 2000 N, in y-Richtung, in-plane
- F2: 20'000 N, in x-Richtung, 5° out of plane



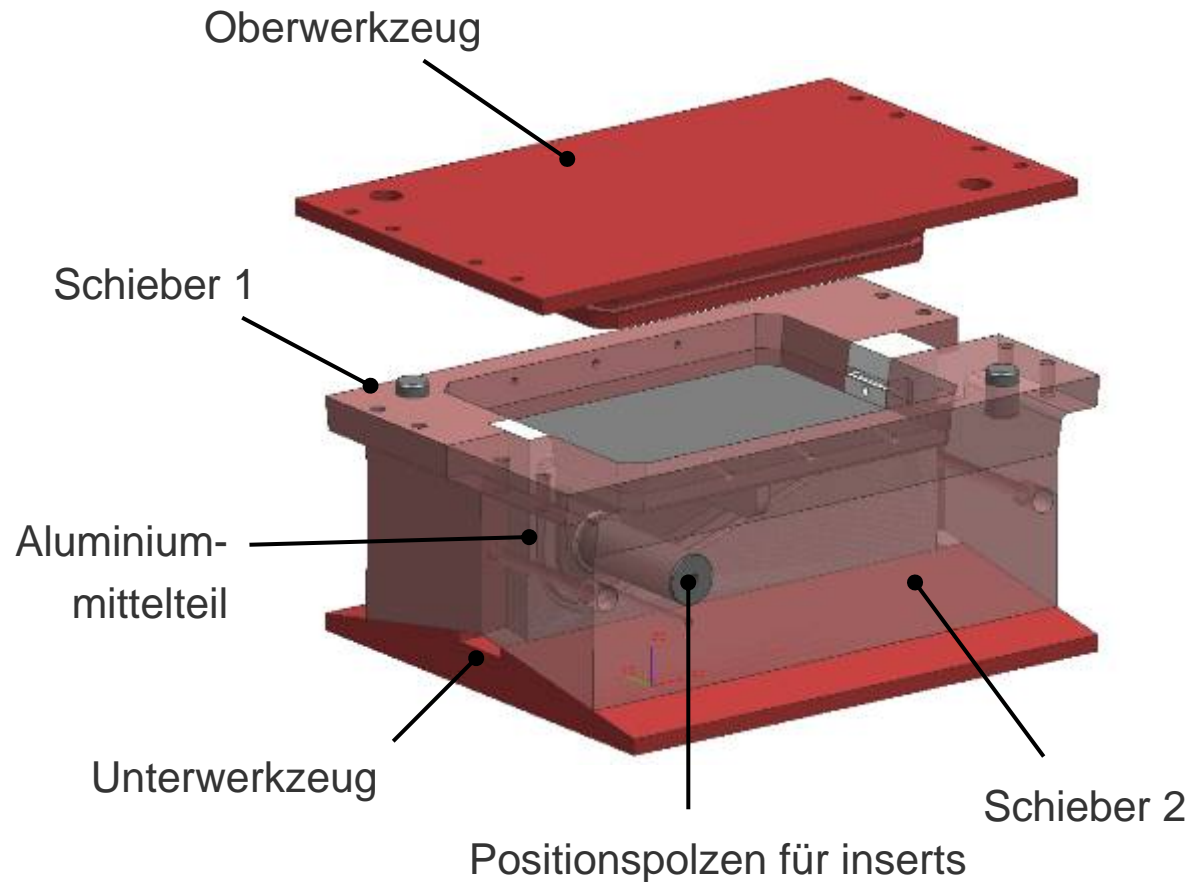
Löslichkeit von Phenoxy in Epoxid

- Niedrige Harzviskosität (kein Toughener)
- Kein zusätzlicher Thermobinder
- Keine störenden Binderfäden für Sichtbauteile
- Verbesserte Oberflächenqualität für Bauteile mit Class-A Oberfläche
- Keine Störung (Ondulation) der lasttragenden Fasern im Compositebauteil durch die Bindefäden
- Keine Gefahr von Microcracks in harzreichen Stellen um die Durchstichpunkte der Binderfäden
- Erhöhung der Schlagzähigkeit der Epoxidmatrix durch die Anreicherung durch das thermoplastische Phenoxy



RTM Werkzeug

- Materials INVAR (1.3912 Ni36) / Alu
- Aluminiumkern Teflonbeschichtet: Geometrisch exakt bei 180°C



Preform mit Phenoxy / Fertiges Bauteil



Preform

Fertiges Bauteil

Zusammenfassung

Effiziente Prozessführung bedeutet ...

- ... sorgfältige Materialwahl (Harz und Verstärkungsfasern)
- ... durchdachtes Injektionskonzept (numerische Prozessoptimierung)
- ... ausgeklügelte Werkzeugtechnik (Summe aller Details ist wichtig)
- ... Einsatz von neuen Materialien zur Verbesserung der Bauteile und Prozesseigenschaften