

**5. Österreichischer Kunststofftag
„KUNSTSTOFF UND MOBILITÄT“
10. Mai. 2011**

Die Weichen sind gestellt, alles läuft auf Schiene

Railjet Reisezugwagen: Faserverbundbauteile als Werkstoff für den modernen Innenausbau aus Perspektive des Fahrzeug-Entwicklers

Dipl. Ing. Harald Stöß

I MO RS PT MC EN

Inhalt

Anforderungen an den modernen Innenausbau

- Design
- Konstruktion
- Material

Technik der Faserverbundwerkstoffe

- Material - Herstellverfahren
- Die wichtigsten Verfahren im Detail
- Wirtschaftlichkeit

Baugruppenübersicht Innenausbau

Faserverbundstoffe im Railjet

Brandschutz: eine spezielle Anforderung bei Schienenfahrzeugen

Wünsche für die Zukunft

Inhalt

Anforderungen an den modernen Innenausbau

- Design
- Konstruktion
- Material

Technik der Faserverbundwerkstoffe

- Material - Herstellverfahren
- Die wichtigsten Verfahren im Detail
- Wirtschaftlichkeit

Baugruppenübersicht Innenausbau

Faserverbundstoffe im Railjet

Brandschutz: eine spezielle Anforderung bei Schienenfahrzeugen

Wünsche für die Zukunft

Inhalt

Anforderungen an den modernen Innenausbau

- Design
- Konstruktion
- Material

Technik der Faserverbundwerkstoffe

- Material - Herstellverfahren
- Die wichtigsten Verfahren im Detail
- Wirtschaftlichkeit

Baugruppenübersicht Innenausbau

Faserverbundstoffe im Railjet

Brandschutz: eine spezielle Anforderung bei Schienenfahrzeugen

Wünsche für die Zukunft

Inhalt

Anforderungen an den modernen Innenausbau

- Design
- Konstruktion
- Material

Technik der Faserverbundwerkstoffe

- Material - Herstellverfahren
- Die wichtigsten Verfahren im Detail
- Wirtschaftlichkeit

Baugruppenübersicht Innenausbau

Faserverbundstoffe im Railjet

Brandschutz: eine spezielle Anforderung bei Schienenfahrzeugen

Wünsche für die Zukunft

Inhalt

Anforderungen an den modernen Innenausbau

- Design
- Konstruktion
- Material

Technik der Faserverbundwerkstoffe

- Material - Herstellverfahren
- Die wichtigsten Verfahren im Detail
- Wirtschaftlichkeit

Baugruppenübersicht Innenausbau

Faserverbundstoffe im Railjet

Brandschutz: eine spezielle Anforderung bei Schienenfahrzeugen

Wünsche für die Zukunft

Inhalt

Anforderungen an den modernen Innenausbau

- Design
- Konstruktion
- Material

Technik der Faserverbundwerkstoffe

- Material - Herstellverfahren
- Die wichtigsten Verfahren im Detail
- Wirtschaftlichkeit

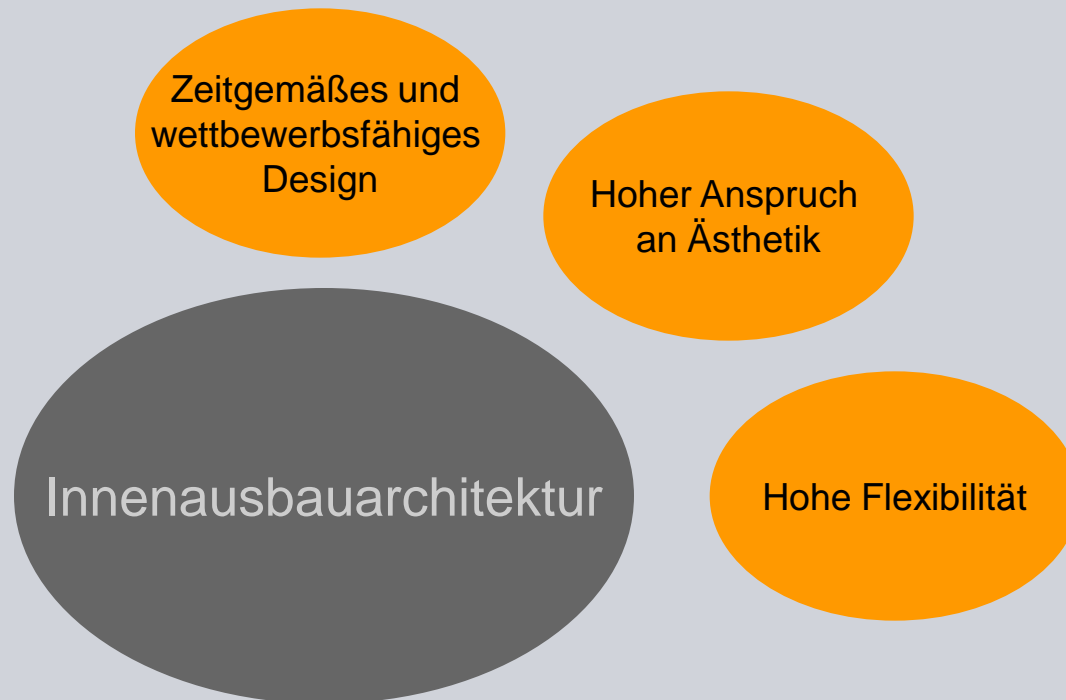
Baugruppenübersicht Innenausbau

Faserverbundstoffe im Railjet

Brandschutz: eine spezielle Anforderung bei Schienenfahrzeugen

Wünsche für die Zukunft

Anforderungen an den modernen Innenausbau



Designentwürfe für den Railjet Premium- Klasse

SIEMENS



Designentwürfe für den Railjet 1. Klasse Bereich

SIEMENS



Designentwürfe für den Railjet 2. Klasse Bereich

SIEMENS



Anforderungen an den modernen Innenausbau



Abgeleitete Anforderungen an die Konstruktion

Moderne Formgebung

Möglichst keine sichtbaren Befestigungen

Eleganter Toleranzausgleich

Einfach und rasch zu Montieren

Brandschutz

Keine Verletzungs- Risiken

Keine Angriffspunkte für Vandalismus

Leicht zu reinigende Flächen

Technische Anforderungen an die Materialien für Innenausbaukomponenten



freie Formgestaltung

ansprechende zeitgemäße Optik und Haptik

bei gegebenen Festigkeitsanforderungen minimales Gewicht

kein reißen, kein splintern

einfache Reparaturen

auch bei stärkster Verschmutzung leichte Reinigung

viele nutzbare Eigenschaften

Herstellung Umwelt- und Gesundheitsverträglich

Recyclebar

Technik der Faserverbundwerkstoffe

Material

Bei Faserverbundstoffen werden Verstärkungsfasern in Form von Kurz oder Langfasern, gerichtet oder ungerichtet, in Matrixsystemen eingebettet.

Im Wesentlichen werden Verstärkungsfasern aus folgenden Werkstoffen eingesetzt:

- Glas
 - Aramid
 - Kohlenstoff
- Als Matrix sind hoch mit Flammschutzmittel gefüllte Duroplaste im Einsatz:
- Polyester Harze
 - Phenol Harze
 - Epoxid Harze

Neu: Verstärkungsfasern aus Flachs, Hanf und Jute in Polymere auf Soja- oder Leinölbasis

Technik der Faserverbundwerkstoffe

Herstellverfahren

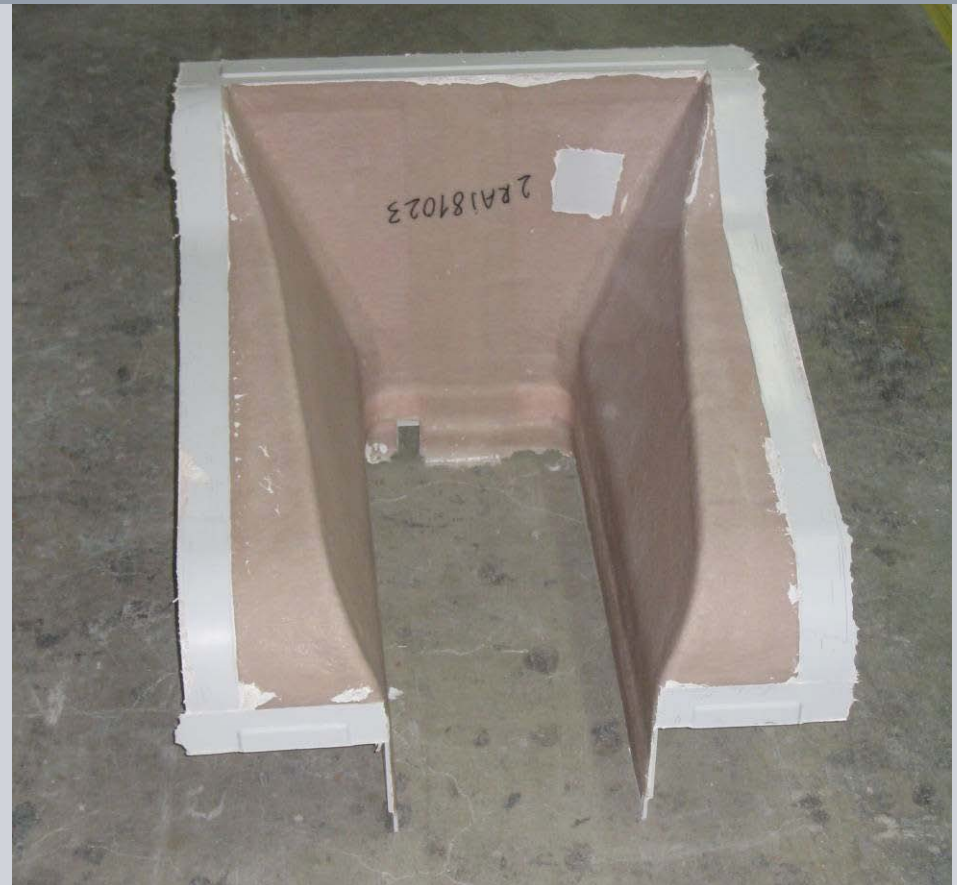
Verstärkungsfasern und Matrix müssen miteinander verbunden werden. Dies erfolgt zumeist direkt mit einer weitgehenden Formgebung des Bauteils in dafür speziell erstellten Werkzeugen.

- **Manuelles Naßlaminieren** von Faser oder Gewebematten
- Faser/Harz-Spritzen
- Wickeln
- **RTM** (Resin Transfer Moulding)
- **Presstechnik** (SMC)
- Autoklavtechnik (Prepregs)
- Pultrudate (2-D Profile)

Technik der Faserverbundwerkstoffe: Handlaminieren

Das Verfahren für die Kleinserie

Bauteile in allen Größen möglich, jedoch hoher Arbeitsaufwand und geringe Maßhaltigkeit.



Technik der Faserverbundwerkstoffe: RTM

Das Verfahren der Mitte

Werkzeugkosten und Arbeitsaufwand halten sich die Waage.



Jedoch immer wieder Probleme mit Lunker und zu niedrigem Glasanteil an kritischen Stellen.

Technik der Faserverbundwerkstoffe: Heißpressen

Das Verfahren für große Serien

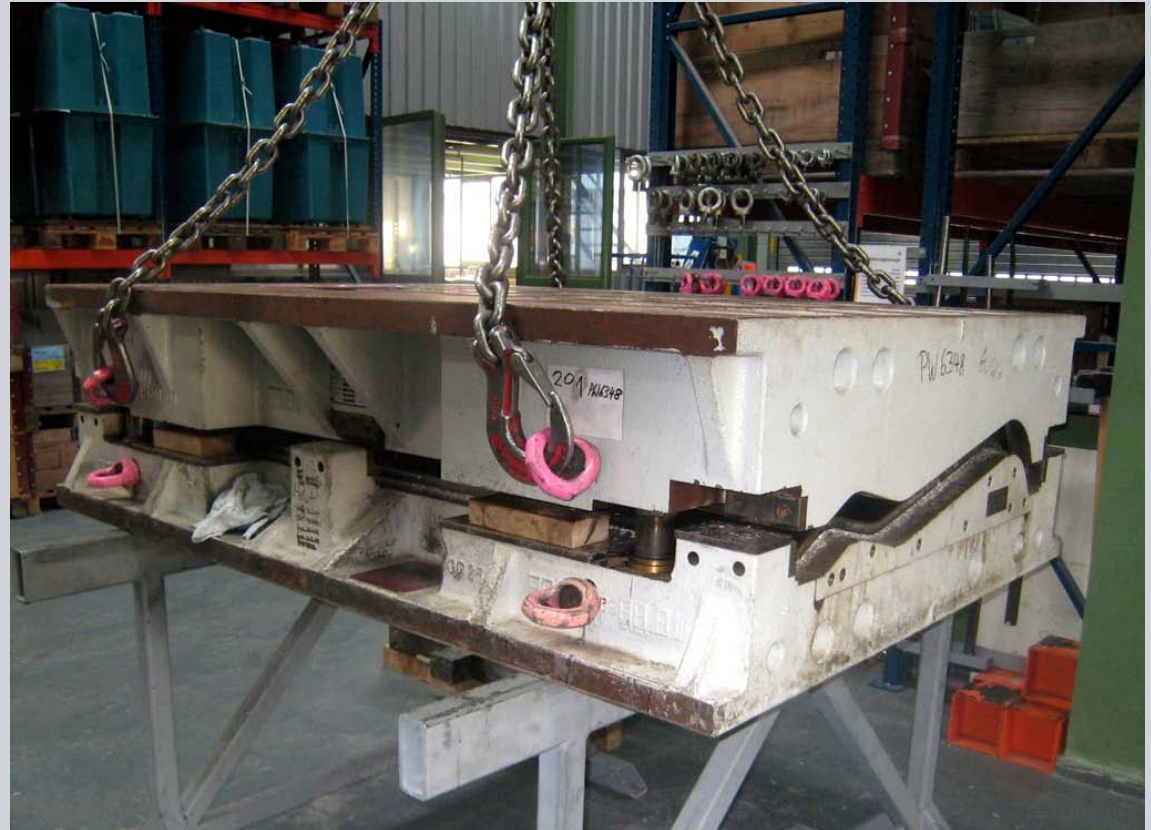
geringer Arbeitsaufwand hoher
Maschineneinsatz.

Teile in nahezu perfekter Maßhaltigkeit, geringe
Nacharbeit, hohe mechanische Eigenschaften.



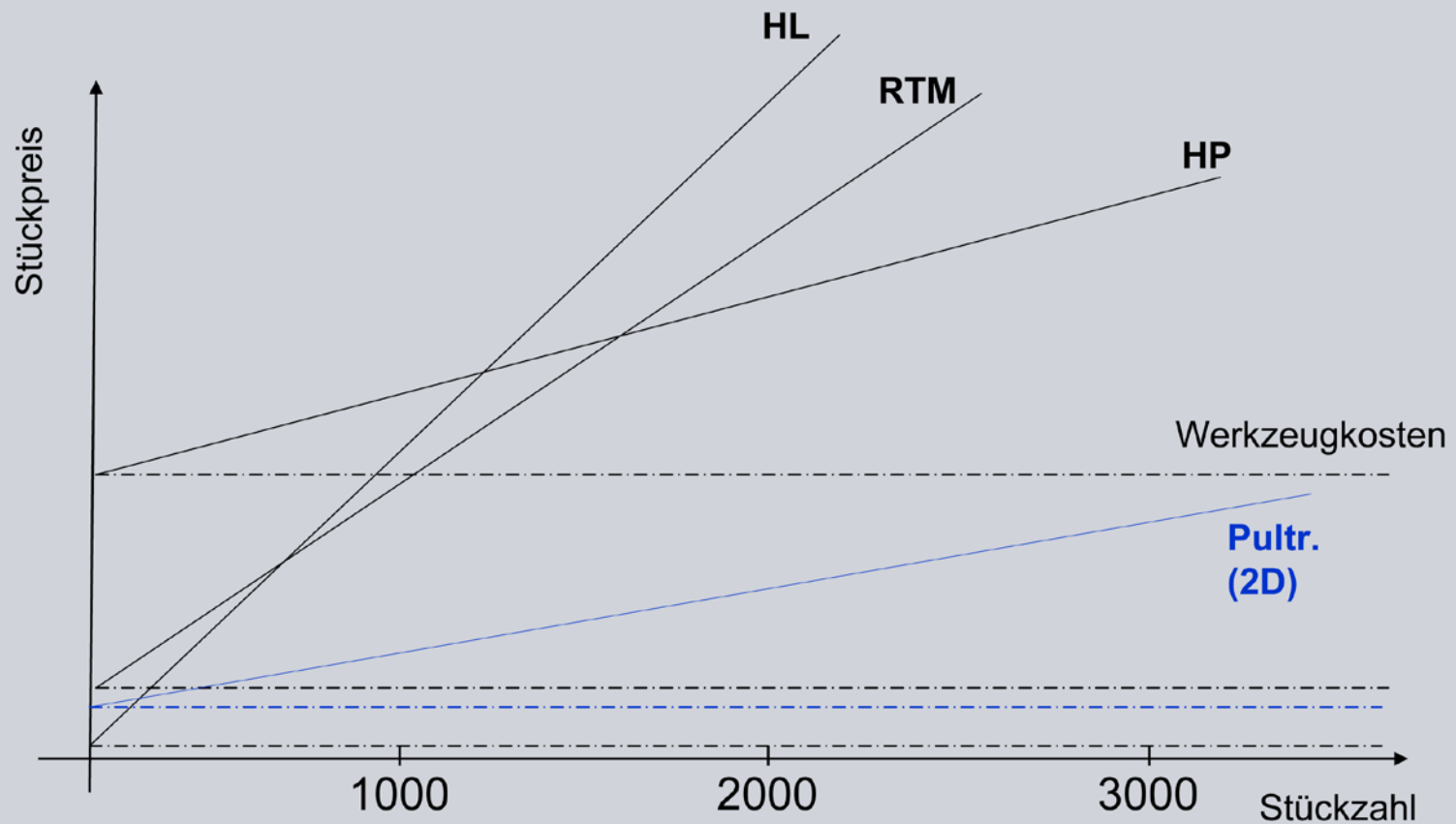
Technik der Faserverbundwerkstoffe: Heißpressen

- + Vorgefertigte Matten mit Harz und Glas Anteilen schon im richtigen Verhältnis.
- Massive schwere Stahlwerkzeuge für erforderliche hohe Drücke.



Technik der Faserverbundwerkstoffe

Wirtschaftlichkeitsüberblick



Betrachtete Baugruppen am Beispiel Railjet

Der Innenausbau setzt sich aus folgenden Unterbaugruppen zusammen

UGB 1: Fußboden

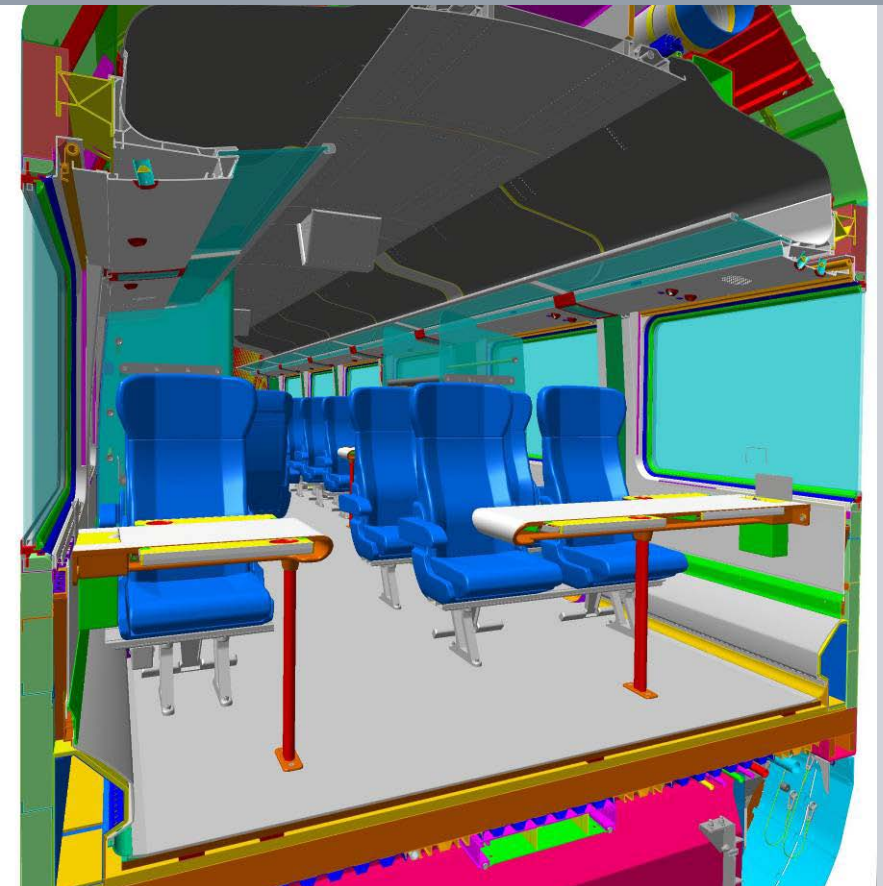
UGB 2: Wandbekleidungen

UGB 3: Fenster

UGB 4: Gepäckablagen/Regale

UGB 5: Sitzsysteme

UGB 6: Innendecken



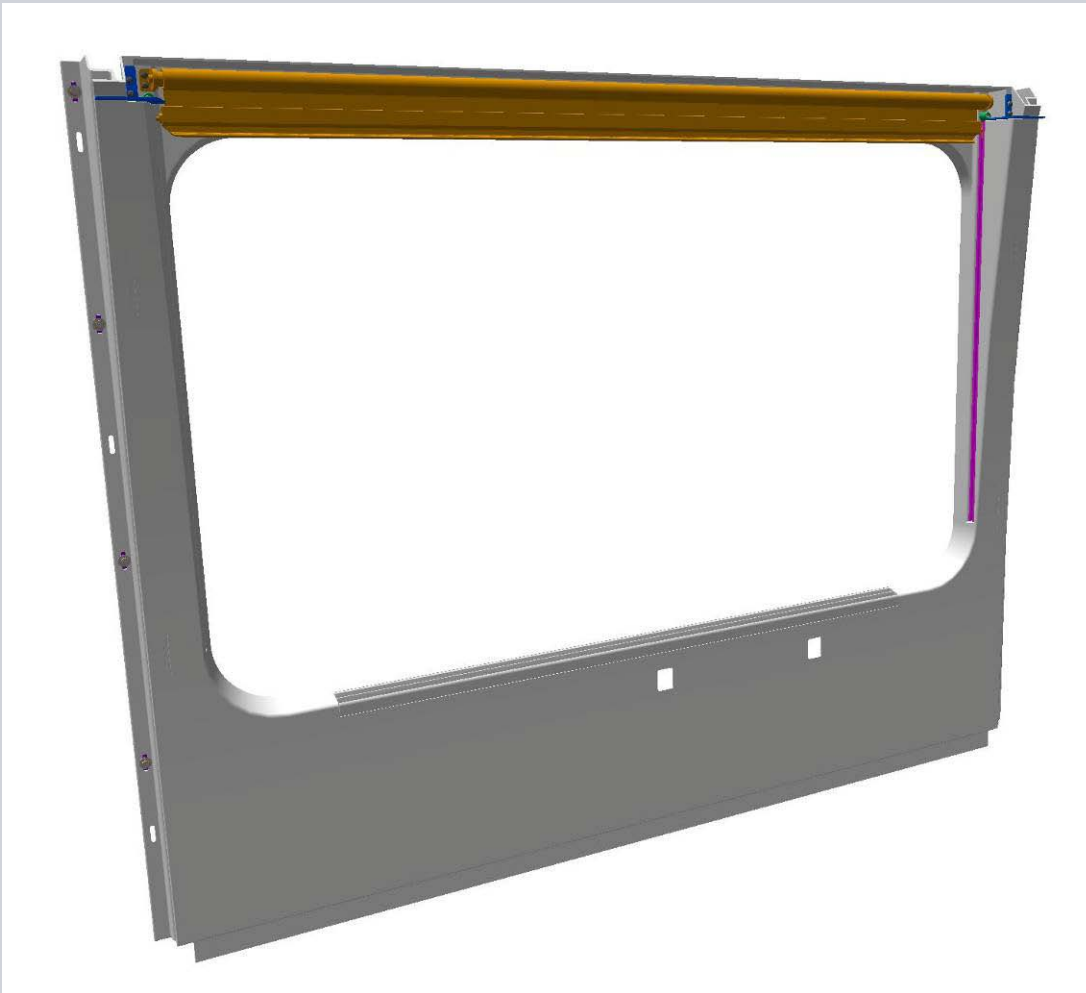
Gewählte Faserverbundstoffe im Railjet

Einsatz von Faserverbundstoffen bei Komponenten

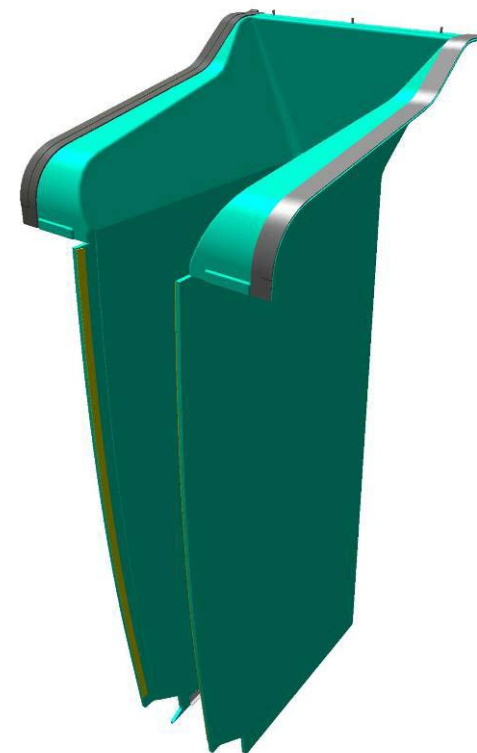
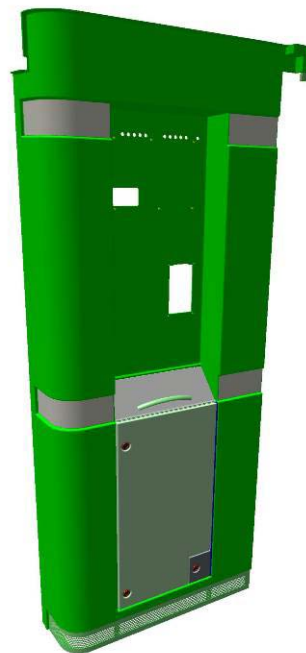
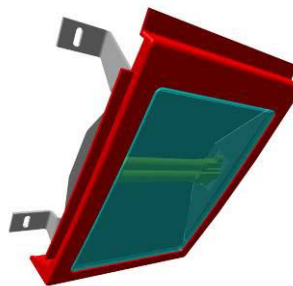
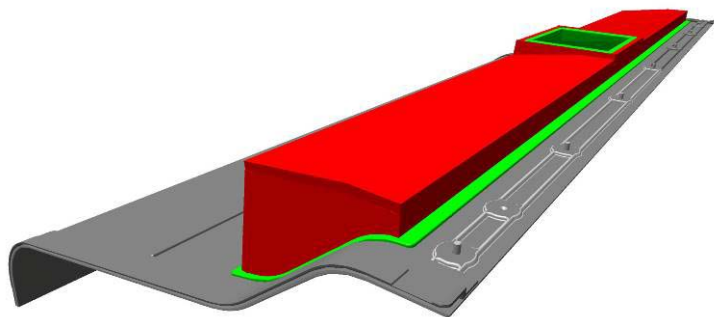
Fußboden	X
Wandbekleidungen	
▪ Seitenwandfelder	SMC
▪ Einstiegsverkleidungen	SMC
▪ Stirnwandverkleidungen	X
Fenster	X
Sitzsysteme	
▪ Sitzschalen	Thermoplaste
Gepäckablagen	
▪ Zwischenfelder	SMC
Innendecken	
▪ Seitliche Decken	SMC
▪ Mitteldecken	X



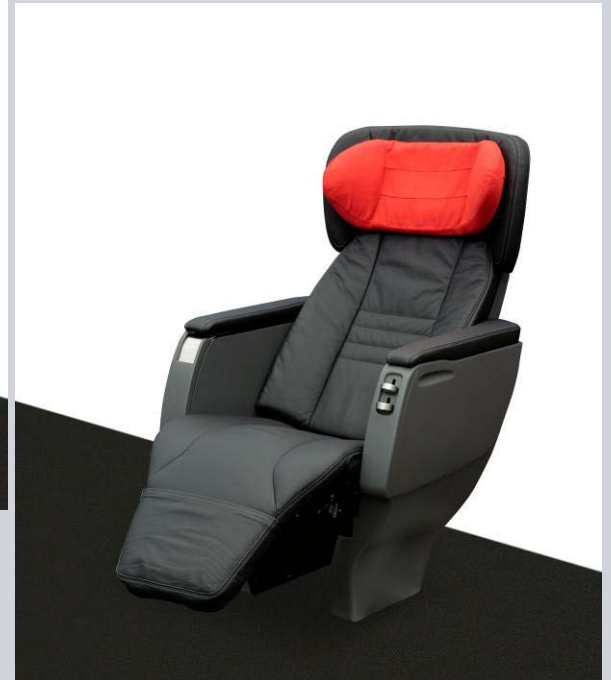
Bauteile im Detail



Bauteile im Detail



Bauteile im Detail



Brandschutz: eine spezielle Anforderung bei Schienenfahrzeugen - Weltweit



 BRD: DIN 5510	Polen: PN-K-02511:2000, PN-K-02502: 1992	 Italien: UNI-CEI 11170-1/2/3	 Frankreich: NF F 16 101/102/103	 UK: BS 6853	 Spanien: RENFE DT-PCI/5A
 Tschechei: CSN 281310	 USA: NFPA 130:2007	 Rußland: VNPB-03 und ZT-6	 Israel: IS 5435	 Korea: „KS“	

Brandschutz: eine spezielle Anforderung bei Schienenfahrzeugen – in Europa (zukünftig)

prEN 45545 - 2 : 2010

Bahnanwendungen - Brandschutz in Schienenfahrzeugen - Teil 2: Anforderungen an das Brandverhalten von Materialien und Komponenten

Derzeit in Überarbeitung, Veröffentlichung als gültige Norm geplant im 3. Quartal 2012

Wesentliche Prüfverfahren und Parameter

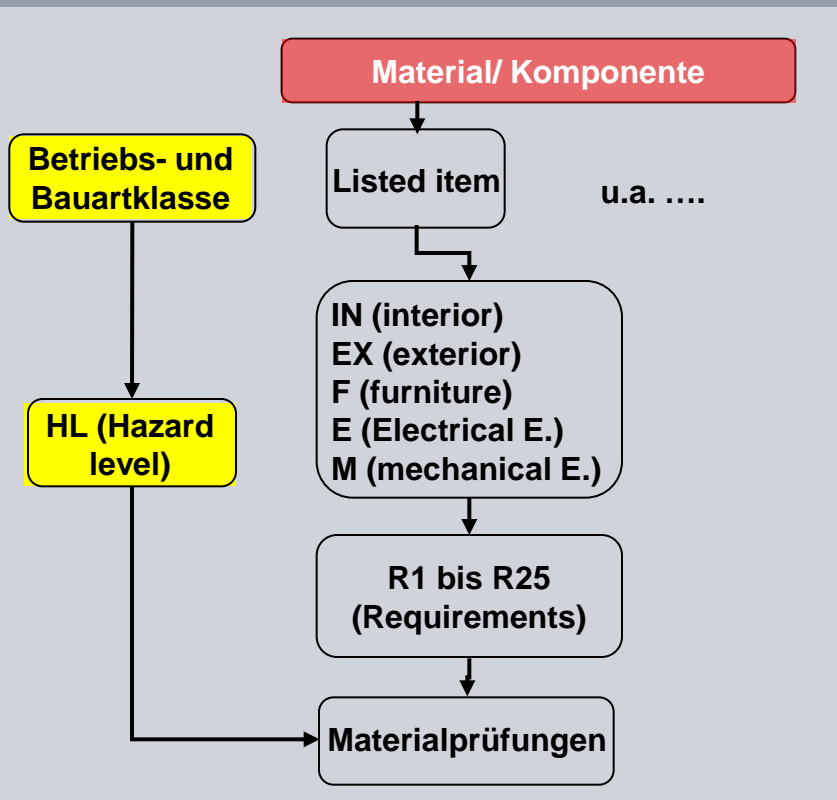
- Wärme - Entwicklung → ISO 5660
- Brandausbreitung → ISO 5658-2
- Rauchentwicklung → ISO 5659-2
- Giftigkeit der Rauchgase → ISO 5659-2, prEN 45545-2, NF X70-100
- Entzündbarkeit → ISO 4589-2 u.a.



Brandschutz: eine spezielle Anforderung bei Schienenfahrzeugen – in Europa (zukünftig)

Material-Nachweisführung nach prEN 45545-2

Vorgehensweise „Listed items“



Bsp.: Seitenwandverkleidung Reisezugwagen (RZW)

SW Verkleidung → Listed Item →
 Produktgruppe IN1 → R1 → RZW → HL 2
 → Prüfmethode und einzuhaltende Grenzwerte:

Prüfmethode	Kennwert	Grenzwert HL2
ISO 5658-2	CFE	≥ 20
ISO 5660	MARHRE	≤ 90
	Ds4	≤ 90
ISO 5659-2	VOF4	≤ 300
	CIT	≤ 0,9

Brandschutz: eine spezielle Anforderung bei Schienenfahrzeugen – in Europa (zukünftig)

Beurteilung der Wärmeentwicklung - „Cone- Calorimeter - Test“



TGM Versuchsanstalt, Wien

Prüfmethode ISO 5660

Bestrahlung einer horizontal angeordneten Probe mit konischem Heizgerät, zusätzlich Funkenzünder (pilot ignition). Ermittlung der Wärmefreisetzung über die Zeit (HRR) mittels Sauerstoffverbrauchsmethode.

Probe: 100 x 100 x max. 50 mm,

Beanspruchung: 50 od. 25 kWm⁻²

Versuchsdauer: 20 Minuten

Kennwert: max. „MAHRE“ (kW/m², Maximalwert der durchschnittlichen Wärmefreisetzungsrates)

Brandschutz: eine spezielle Anforderung bei Schienenfahrzeugen – in Europa (zukünftig)

Beurteilung der Brandausbreitung - „Spread of Flame- Test“



TGM Versuchsanstalt, Wien, hier: Prüfung als Bildabfolge eines thermoplastischen Werkstoffs

Prüfmethode ISO 5658-2

Vertikal angeordnete Probekörper werden seitlich beansprucht und mit Zündflamme gezündet. Die Wärmestrahlung nimmt über die Probenlänge ab.

Probe: 800 x 155 x max. 50 mm,

Beanspruchung: Wärmestrahlungsprofil mit max. 50 kWm^{-2}

Versuchsdauer: 10 bis zu 30 Min.

Kennwert: „CFE“ (kWm^{-2}) ist die Strahlungsintensität, bei der die Probe gerade nicht mehr brennt. Je höher der CFE ist, desto, desto „feuerresistenter“ ist das Material.

Brandschutz: eine spezielle Anforderung bei Schienenfahrzeugen – in Europa (zukünftig)

SIEMENS

Beurteilung Toxizität und Rauchgasbildung - „ISO Smoke Box“



Prüfmethode ISO 5659-2

Horizontal angeordnete Proben mit konischem Heizgerät mit/ohne Zündbrenner. Ermittlung der Rauchgasdichte und Gassammlung zur Analyse auf CO , CO_2 , HF, HCl, HBr, HCn, NO_x , SO_2 ,

Probe: 75 x 75 x max. 25 mm,

Beanspruchung: 50 od. 25 kWm^{-2}

Versuchsdauer: 20 Minuten

Kennwerte Rauch: D_{s4} (spez. opt. Dichte bei 4.Min.) & VOF4 (Integralwert)

Kennwert Toxizität: CIT (Index, bezogen auf V_{wagen} und Quotient aus C und C_{ref})

Wünsche für die Zukunft

Die bekannten Faserverbundstoffe sind in der Regel lackiert. Bei Beschädigungen der Oberfläche oder bei Behandlung mit Graffiti -Reinigern ist sie nicht immer beständig genug.

Wünsche für die Zukunft

Die bekannten Faserverbundstoffe sind in der Regel lackiert. Bei Beschädigungen der Oberfläche oder bei Behandlung mit Graffiti -Reinigern ist sie nicht immer beständig genug.

Durchgefärbte Kunststoffe sind z.Zt. für große Teile zu kostenintensiv. Hier müssen die Fertigungsverfahren so verbessert werden dass eine Fertigoberfläche ohne zu hohen Ausschuß realisiert werden kann ohne die Kosten für die Werkzeuge astronomisch steigen zu lassen.

Wünsche für die Zukunft

Die bekannten Faserverbundstoffe sind in der Regel lackiert. Bei Beschädigungen der Oberfläche oder bei Behandlung mit Graffiti -Reinigern ist sie nicht immer beständig genug.

Durchgefärbte Kunststoffe sind z.Zt. für große Teile zu kostenintensiv. Hier müssen die Fertigungsverfahren so verbessert werden dass eine Fertigoberfläche ohne zu hohen Ausschuß realisiert werden kann ohne die Kosten für die Werkzeuge astronomisch steigen zu lassen.

Die bekannten Faserverbundstoffe sind nur im weitesten Sinne recyclebar und in der Regel nicht biologisch abbaubar, des weiteren sind Lösungsmittel enthalten.

Hier erwarten wir 100% biologische abbaubare Materialien und eine striktere Umsetzung des Recyclinggedankens durch die Materialhersteller!

Wünsche für die Zukunft

Die bekannten Faserverbundstoffe sind in der Regel lackiert. Bei Beschädigungen der Oberfläche oder bei Behandlung mit Graffiti -Reinigern ist sie nicht immer beständig genug.

Durchgefärbte Kunststoffe sind z.Zt. für große Teile zu kostenintensiv. Hier müssen die Fertigungsverfahren so verbessert werden dass eine Fertigoberfläche ohne zu hohen Ausschuß realisiert werden kann ohne die Kosten für die Werkzeuge astronomisch steigen zu lassen.

Die bekannten Faserverbundstoffe sind nur im weitesten Sinne recyclebar und in der Regel nicht biologisch abbaubar, des weiteren sind Lösungsmittel enthalten. Hier erwarten wir 100% biologische abbaubare Materialien und eine striktere Umsetzung des Recyclinggedankens durch die Materialhersteller!

Die bekannten Faserverbundstoffe sind in der Regel rein auf die Verkleidungsanforderungen ausgelegt. Hier würden neue Materialentwicklungen helfen die die Kombination möglichst vieler Eigenschaften optimal umsetzt.

Beispiele wären: Thermische Isolierung - Akustische Isolierung - Integrierte Befestigungen