

**Bauteilfertigung mit LCM:
Faserverbundkomponenten
anwendungsgerecht auswählen**
Internationale AVK-Tagung Stuttgart 2013

Dr.-Ing. Eva Bittmann
Sachverständigenbüro werkstoff & struktur
www.werkstoff-und-struktur.de

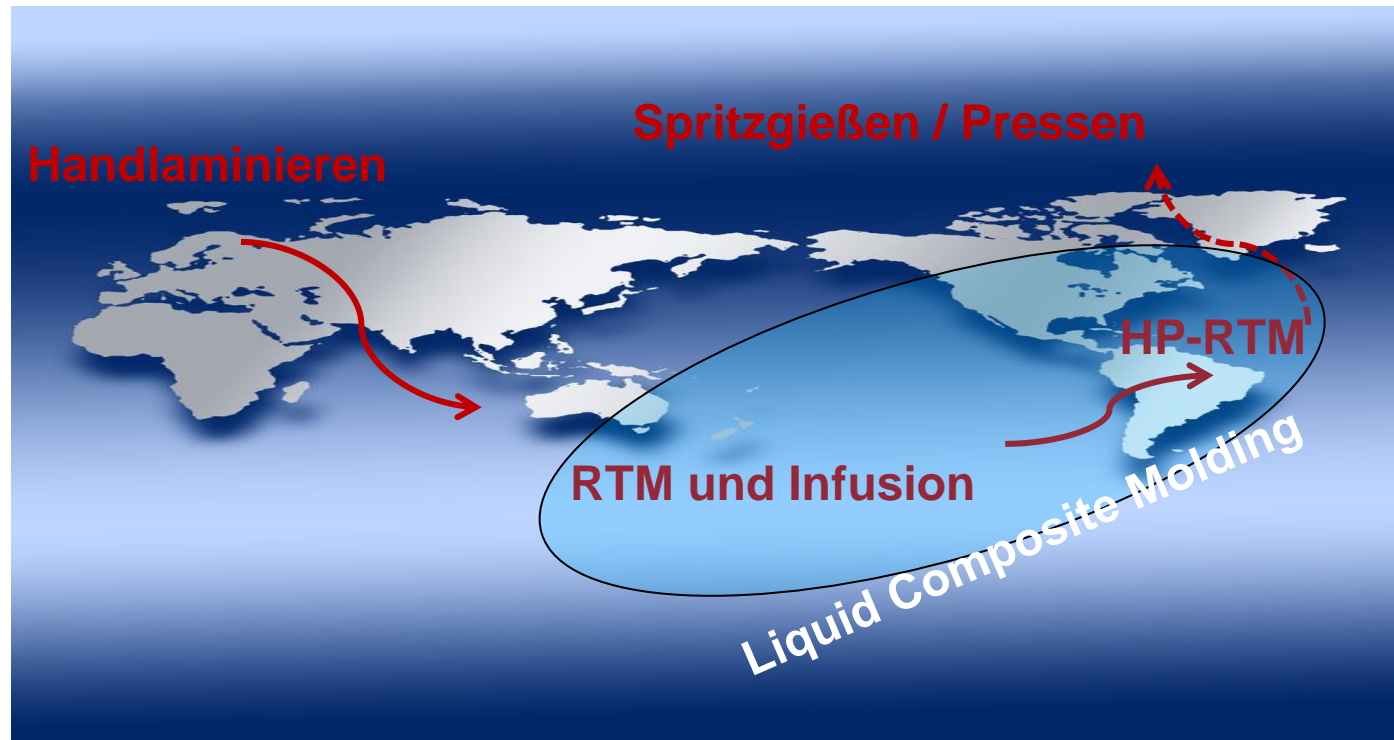


Gliederung

- Stand der Kunststoffentwicklung für die Flüssigimprägnierung von Faserhalbzeugen
- Betrachtung von FVK-Komponenten aus nachwachsenden Rohstoffen



Endlos-FVK: Fortschritt





Innovation in der Reaktivverarbeitung

- **Motivator:** Leichtbau in der automobilen Großserie
- **Vorteil** von LCM gegenüber thermoplastischen Hochleistungs-FVK:
 - komplexe Preforms und Sandwichmaterialien
 - Strukturen noch belastungsgerechter
- **Hochdruck-RTM** ermöglicht Zykluszeiten im Minutenbereich
- **Anforderungen** an die Werkstoffe:
 - niedrigviskos
 - „nichtreaktiv“ bei Injektionstemperatur
 - hochreaktiv bei Konsolidierungstemperatur
- **Werkstoffentwicklung** kommt auch herkömmlichem LCM zugute
 - völlig neue Werkstoffsysteme – thermoplastische Formstoffe
 - modifizierte traditionelle Reaktionsharze



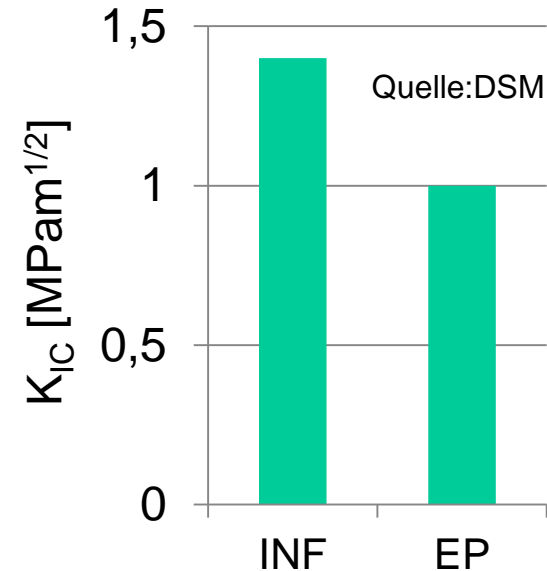
Reaktive Werkstoffsysteme

	Status	LCM-Verarbeitung		
		traditionell Vakuum	Druck	Hochdruck
Ungesättigtes Polyester- / VE-Harz	günstig und sehr verbreitet	+	+	-
Epoxidharz	gängig für Hochleistungsverbunde	+	+	+
Polyurethan	erste verfügbare Typen	(+)	+	+
<i>In-situ-Polyamid</i>	<i>fortgeschrittenes Entwicklungsstadium</i>	+	+	+
In-situ-Methacrylat	thermoplastische „Alternative“ für UP	+	+	-



Ungesättigtes Polyesterharz

- UP- und VE-Harze sind universelle Basis insbesondere für große Strukturbauteile
- Einige neue Aspekte:
 - cobaltfreie Beschleunigersysteme bzw. Co-Oktoat- Ersatz
 - styrolfreie Einstellungen
 - Teil-Ersatz petrochemischer durch biobasierte Rohstoffe, Evaluierung von non-food-Quellen
- Hochzähes, nachhaltiges Infusionsharz (INF) auf Basis neuer Chemie



**Polyesterharz aus Sojabohnenöl
seit 10 Jahren kommerziell**





Epoxidharz

- Werkstoffe mit hervorragendem Eigenschaftsprofil:
Temperaturbeständigkeit / Steifigkeit / Ermüdungseigenschaften
- Epoxidharze wurden ab ca. 2000 im großen Maßstab gezielt für Verfahren des Liquid Composite Molding modifiziert – Windrotoren als treibende Kraft
- Meilenstein für die Serie: BMW M3-Dach
- Grundlage für effiziente Fasertränkung und kurze Zykluszeit sind latente Systeme - lange Offenzeit, schnelle Vernetzung in der Wärme.
Status: Härtingszeit 2 Minuten
- Heute sind LCM-fähige Harzsysteme für großflächige Strukturbauteile, HT-Einsatz ($T_g > 200^\circ \text{C}$) und Hochdruck-RTM-Verfahren verfügbar

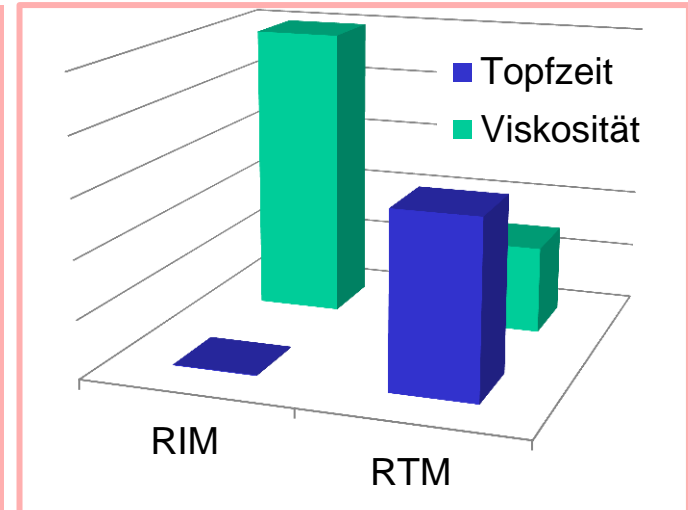


Quelle: BMW Group



Polyurethan

- Herausforderung: erhöhte Topfzeit
- PUR-Systeme für Hoch- und Niederdruckverarbeitung verfügbar
- Reaktionsgeschwindigkeit u.a. über Katalysatordosierung steuerbar
- Relativ geringe Exothermie gegenüber EP
- Formteile mit hoher Zähigkeit / Schadenstoleranz
- Temperatureinsatzgrenze niedriger als bei traditionellen Epoxidharzen



Blattfeder aus PUR mit Glasfaserhalbzeugen:
Serientaugliches RTM, Benteler-SGL



PUR für die Infrastruktur



Glasfaserverstärktes Polyurethan für Kanaldeckel-Serie

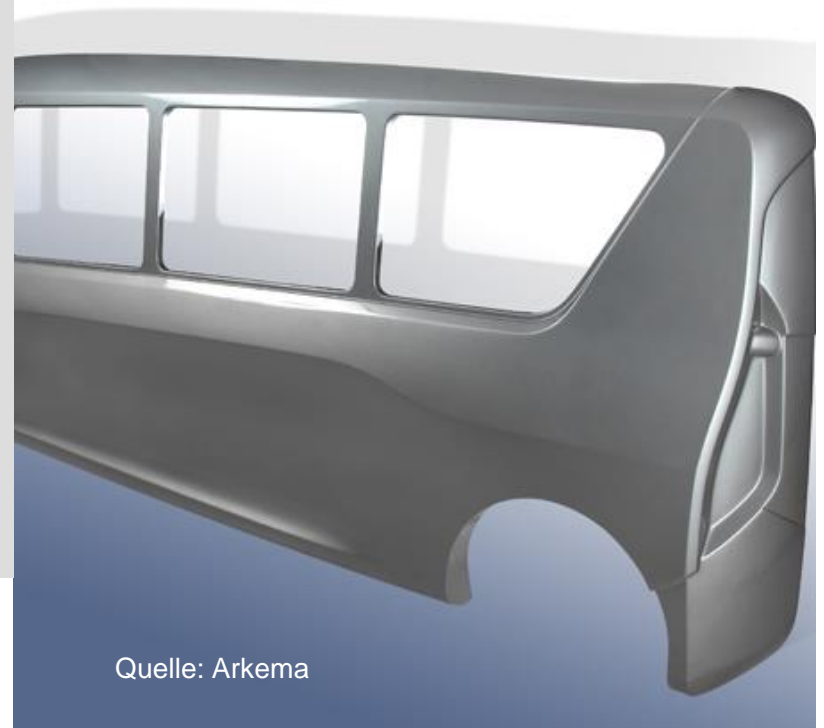
- Über 80% Gewichtseinsparung gegenüber Gusseisen
- Durchschnittliche Prüflast ca. 200 kN
- Verarbeitung durch Injektion, Werkstoffentwicklung Bayer USA



In-Situ-Polymethacrylat

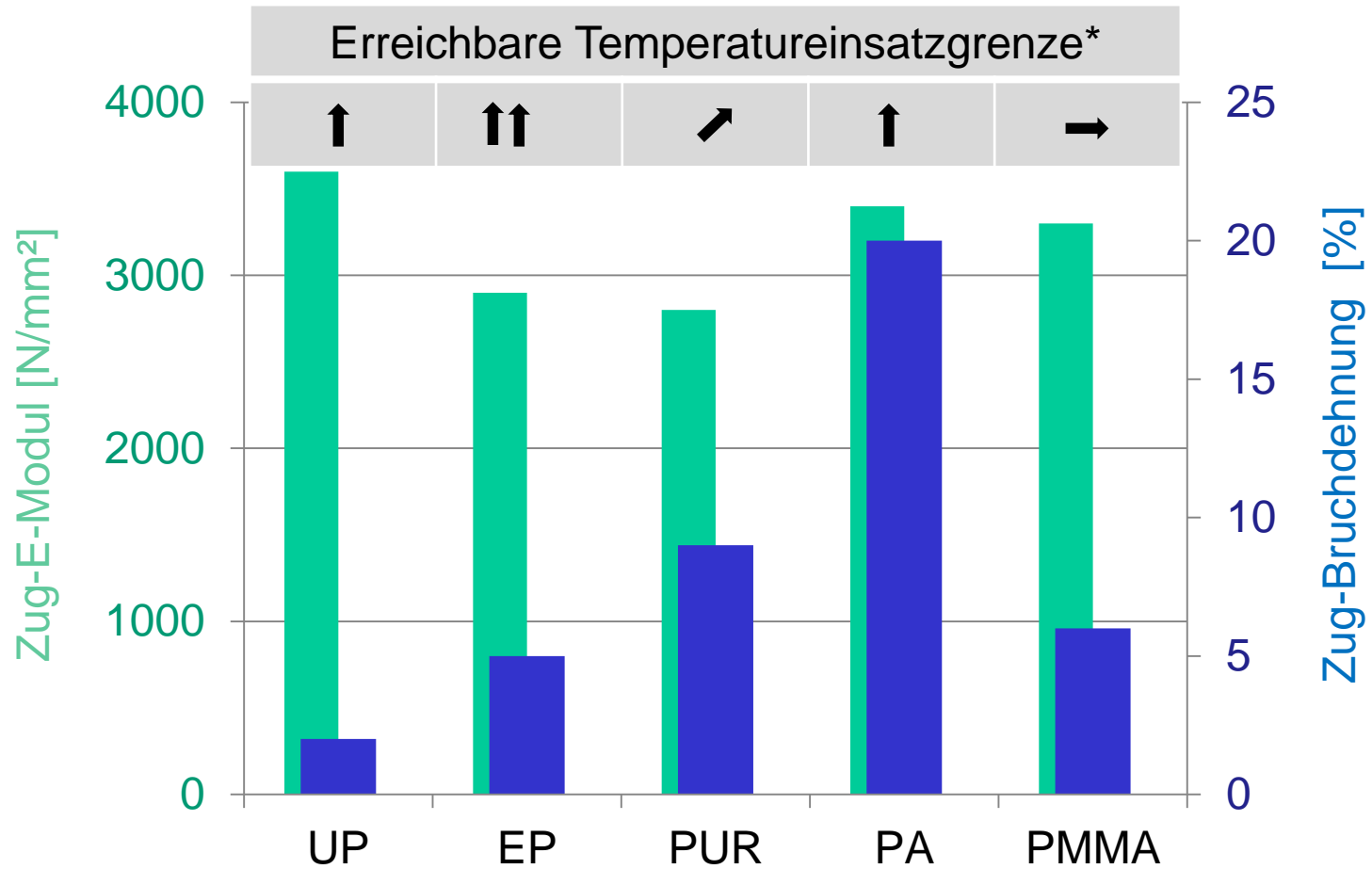
- Bei Raumtemperatur verarbeitbar, Viskosität ca. 300 mPas
- radikalische, peroxidkatalysierte Reaktion, glasklarer Werkstoff
- Härungszeit < 15 min bei 80 ° C
- glasfaserverstärktes Acrylat erreicht mech. Kurzzeitkennwerte von EP-GF
- Wärmeformbeständigkeit 109 ° C
- Thermoformen sowie Fügen mit Acryklebstoffen sowie möglich

Prototyp einer
Bus-Seitenverkleidung;
PMMA mit Kohlenstofffasern





LCM-Systeme im Vergleich



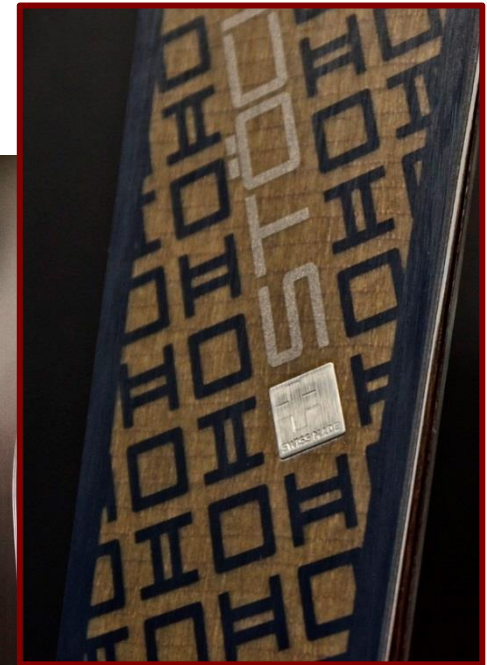
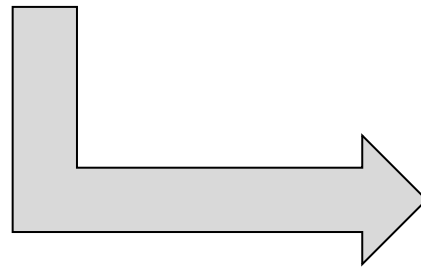
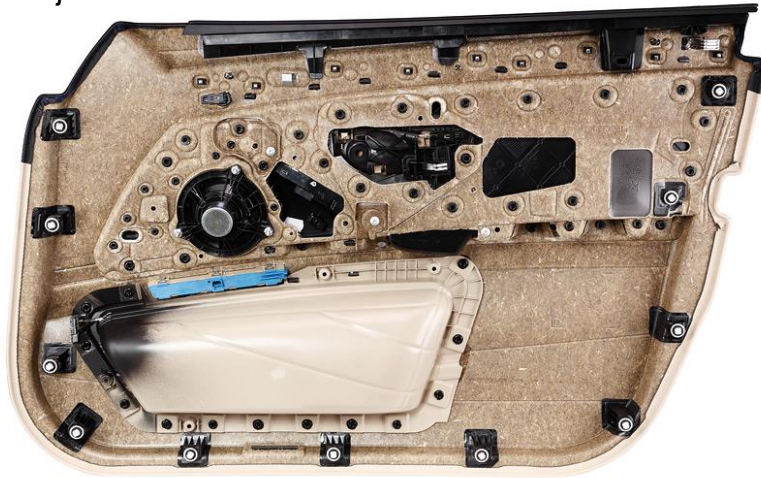
Quelle: DSM, Henkel, BASF, Arkema

*für ausgewählte LCM-Typen



Nachhaltig wirtschaften mit FVK

Quelle: johnson controls



Quelle: bcomp

UD-Prepreg



Biowerkstoffe

	Kunststoffmatrix	Faserverstärkung
Was wird ersetzt?	fossile durch pflanzenbasierte Rohstoffe	mineralische (GF) bzw. fossile (CF, AF) durch pflanzenbasierte Rohstoffe
Höhe der Substitution	10 bis ca. 50%	(bis) 100%
Ökologischer Nutzen	nachhaltige Wirtschaft	Energieeinsparung
Eigenschaften im Vergleich zu Standard	praktisch vergleichbar (UP, VE, EP)	Gewichtsbezogene Steifigkeiten vergleichbar mit GF. In vielen Aspekten (Verarbeitung, Eigenschaftskonstanz, Langzeitverhalten) noch Optimierungspotenzial
Wirtschaftlicher Nutzen	weniger prägnant	zunehmend besseres Preis-Leistungs-Verhältnis



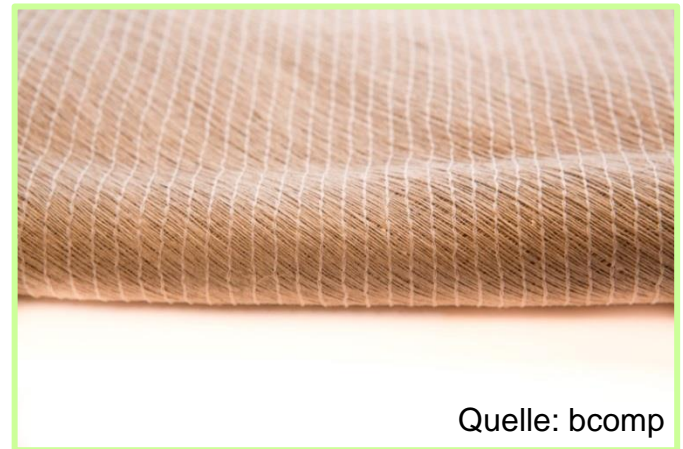
Bio-Faserhalbzeuge

Rohstoff-basis	Preis [€/kg] Gewebe, Gelege*	Beschreibung	Status
Glas	5-20	mit Abstand gängigste Faser	hohe Dichte (2,6 g/cm ³)
Kohlenstoff	20- >100	high-performance	Zunehmend „commodity“- Typen für Anwendungen außerhalb Luftfahrt
Jute	vergl. Glas	für semi-strukturelle und dekorative Anwendungen	Gewebe kommerziell
Flachs	12-30	für Strukturbauteile, besterprobte Naturfaser	Gewebe und Gelege kommerziell
Cellulose	n.b.	glasfaserartiger Aspekt	fortgeschrittenes Entwicklungsprodukt

*Katalogpreise

Flachsfaser

- Lieferkette für Material mit konstantem Eigenschaftsniveau ist etabliert
- Faserdichte: $1,35 \text{ g/cm}^3$
- hohe mechanische und akustische Dämpfung
- im Fokus: Oberflächenvorbehandlung für gute Benetzung mit gängigen Harzen und zwecks Langzeitstabilität des Verbundwerkstoffs
- Faservolumenanteil bei Vakuumverfahren ist auf 50 Gew.-% limitiert
- Erstes Automobil-Serienprojekt

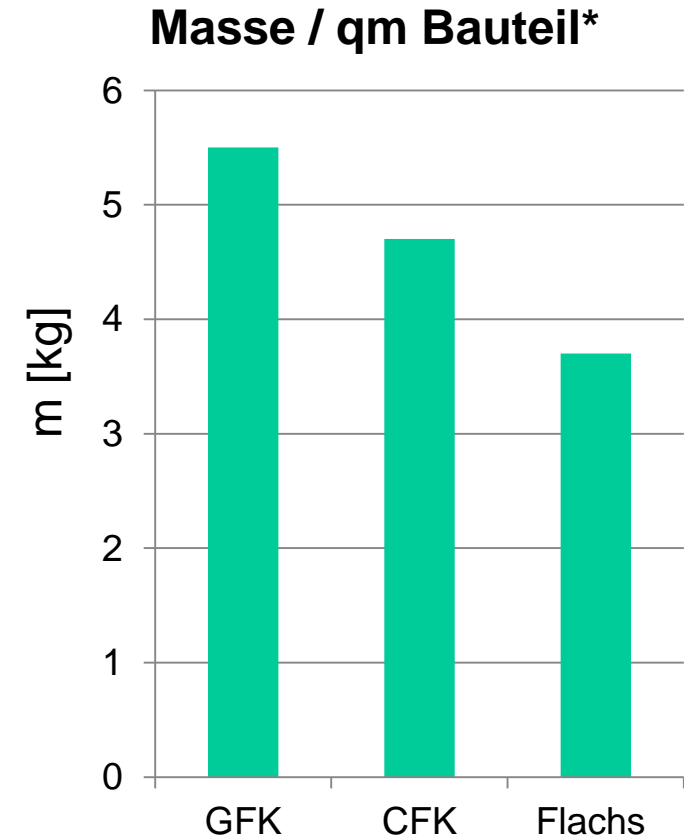
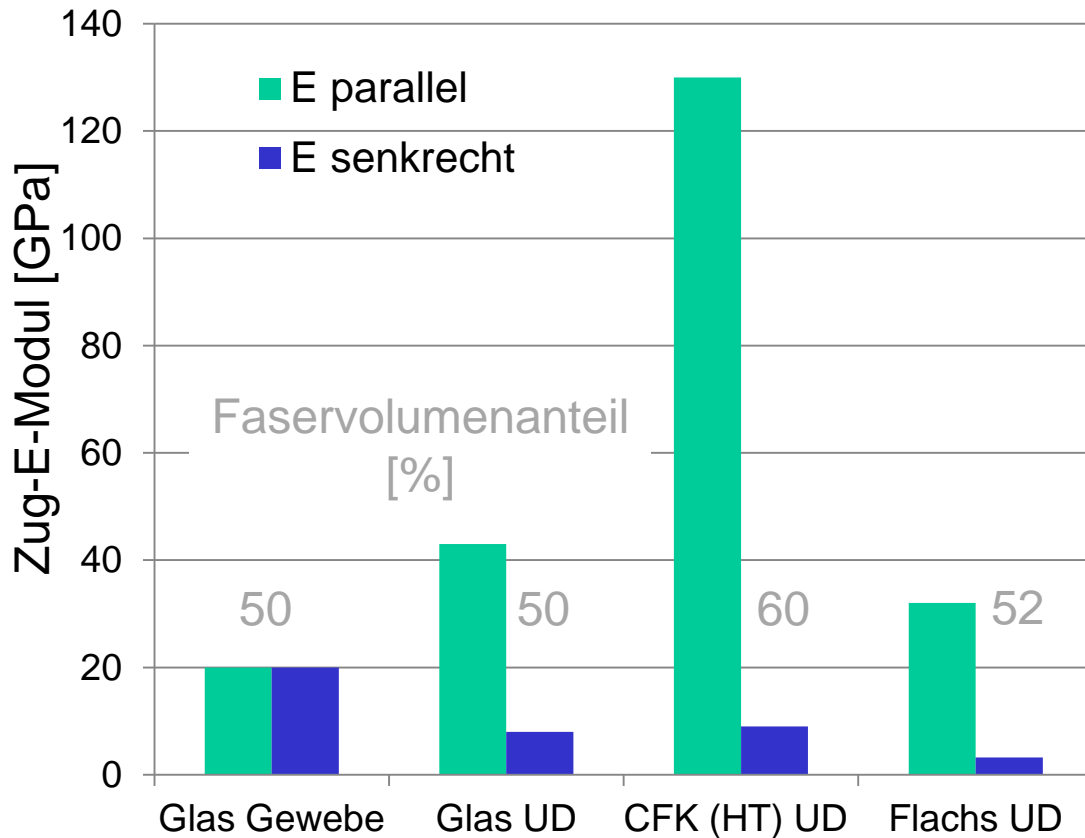


**Gewebe und Biax-Halbzeug
aus Flachsfasern**

Quelle: bcomp



Vergleich Epoxid-Lamine



Quelle: bcomp, hexcel

*3 mm Dicke



Flachs-FVK - Anwendungen



Quelle: lineo

Rennboot „Araldite“:
Epoxidgecoatete Flachsfasern in
Kombination mit CF (50/50),
Vakuuminfusion mit Epoxidharz



Quelle: Arkema

Motorhaube - Prototyp
In-Situ-PMMA mit
Flachsfasern



Cellulosefaser

Zugfestigkeit [N/mm ²]	144
Biegefestigkeit [N/mm ²]	237
Biegemodul [kN/mm ²]	9,6
Dichte [g/cm ³]	1,23

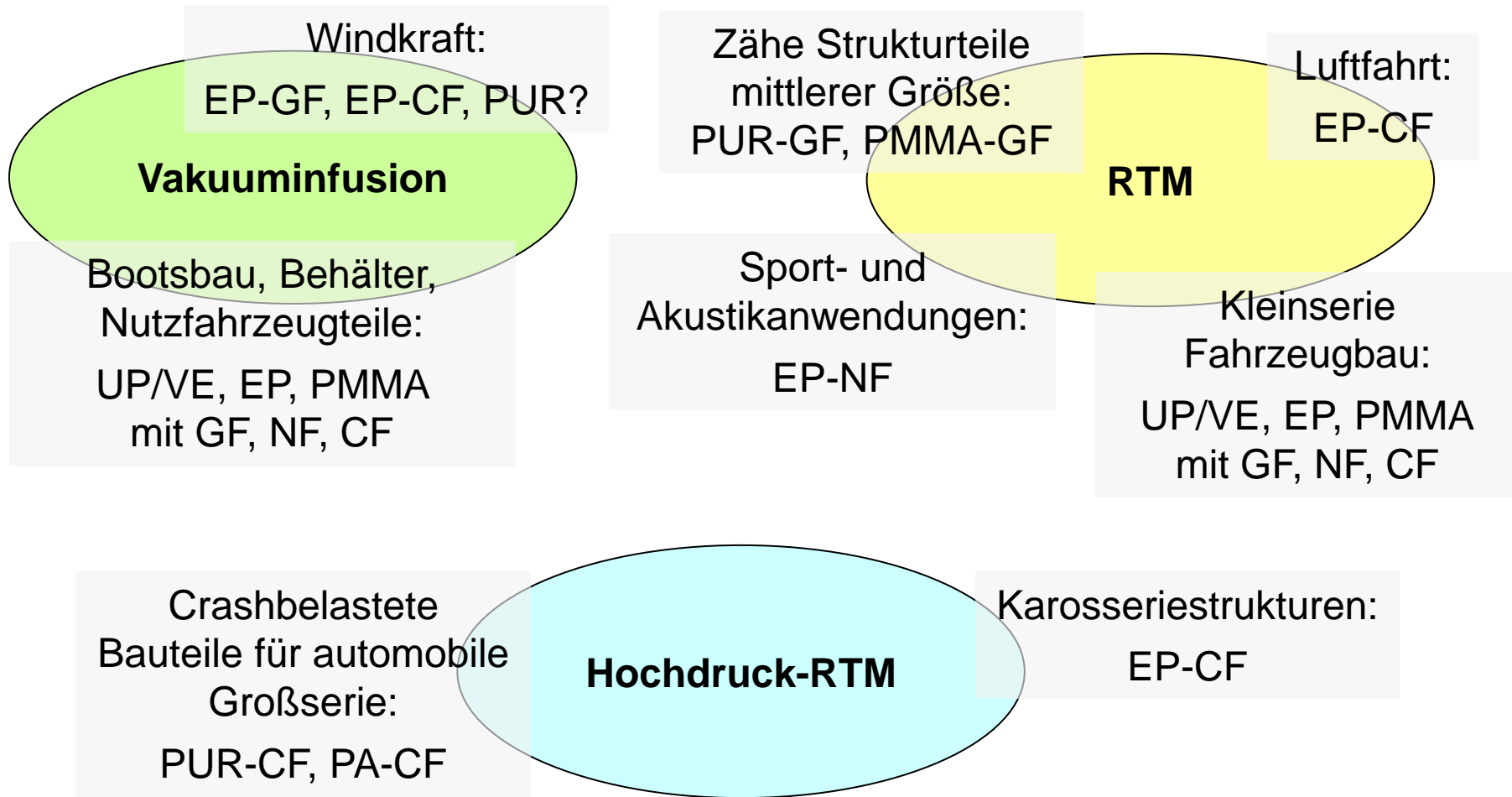
Quelle: Gordon Shank

**Kennwerte VE- Gewebelaminat
mit 50 Gew.-% Cellulosefaser**

- Ausgangsprodukt Holz; Gewinnung über einen Spinnprozess aus Lösung
- Kontinuierliche Faser; entlang Faserlänge konstante Eigenschaften
- Durchmesser 11 μm ; gut imprägnierbar
- Dichte ca. 1,5 g/cm³
- Kristallinität 95%
- ähnlicher Aspekt wie Glasfasern:
keine Dunkelfärbung des Laminats



Zusammenfassung: was wofür?





Herzlichen Dank

...für Ihre Aufmerksamkeit!

... und an

Ashland Inc.

Arkema Inc.

BASF SE

Bayer MaterialScience

Bcomp Ltd

DSM Composite Resins

Henkel AG & Co. KGaA

Momentive

Saertex / Gordon Shank