Herausforderung Faserverbundwerkstoffe in Simulation und Auslegung

26.02.2016, Schladming

Stadlbauer

KTM_TECHNOLOGIES

Inhalt

- Kurzvorstellung KTM-T
- Ganzheitliche Simulationsstrategie
- Fallbeispiel X-Bow
  - » CFK Monocoque
  - » CFK Crashbox
  - » FSI Simulation: Heckflügelstruktur
- Fallbeispiel Motorrad
  - » Frontstruktur Rallye Motorrad
- Zusammenfassung und Ausblick

KTM – Philosophie

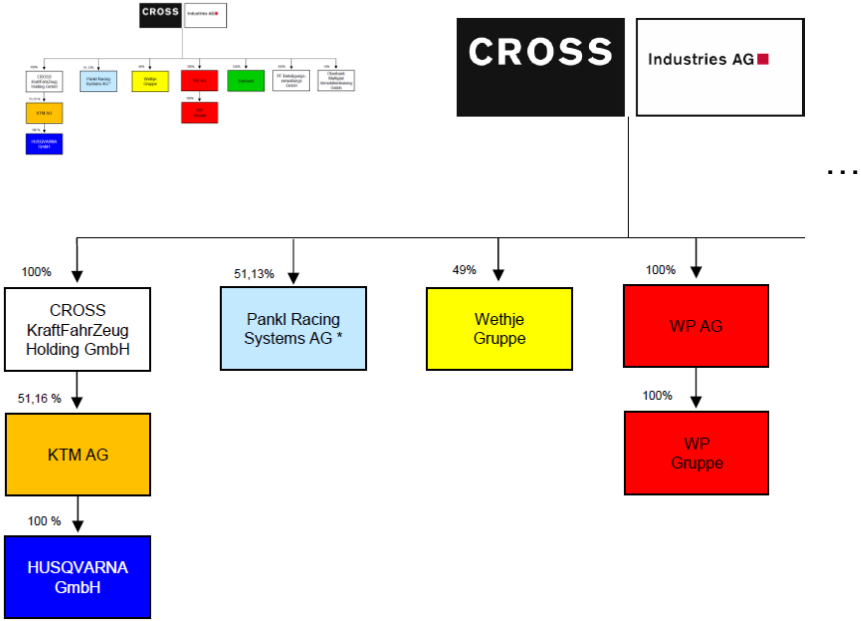
KTM AG – Daten & Fakten

- Absatz: 158.760 Stück (+ 28,2%)*
- Umsatz: 864,6 Mio. EUR (+20,7%)
- EBIT: > 75 Mio. EUR (+37%)
- Investitionen: 85 Mio. EUR (+46,6%)
- Mitarbeiter: 2.143 (+294 Mitarbeiter)

*GJ 2014 (Vergleich zu GJ 2013)

KTM AG – Unternehmensnetzwerk

- **2-Rad:** KTM AG
- **4-Rad:** KTM Sportcar GmbH
- **Fahrwerk:** WP Gruppe
- **Design:** KISKA GmbH
- **Leichtbau metallisch:** Pankl Group
- **Leichtbau Composite:** Wethje Group
- **Kunststoff:** SMP (Peguform)



KTM Technologies – Daten & Fakten

- 2008 Ausgründung aus der KTM Motorrad AG
- Konzeptentwicklung und Gesamtfahrzeugkompetenz
- Interner Thinktank und Drittkundengeschäft
- Design Technik Konvergenz

Urban mobility

OPEL RAKe

VW XL1

RedBull AirRace

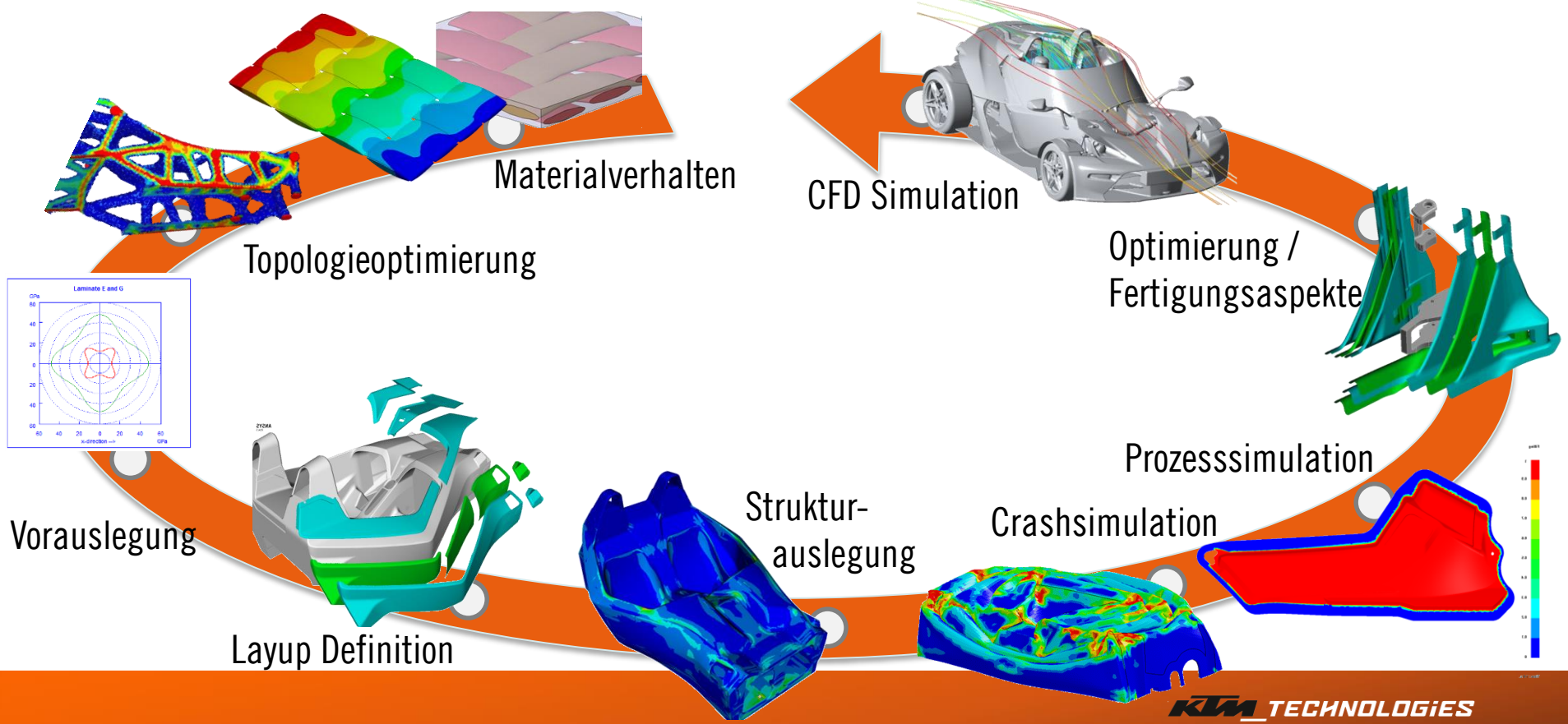
Audi eBike Wörthersee

Ganzheitliche Simulation - Herausforderungen

- **Simulation im Spannungsfeld** realitätsnah - schnell bzw. effektiv:
  - » Aussagekraft/Vorhersagegenauigkeit: komplexe Materialmodelle / viele Parameter
  - » Materialkennwerte „neuer“ Materialien / Materialkombinationen
  - » Submodelltechnik und Reduktionsmethoden
  - » Topologieoptimierung als Entwicklungsstartpunkt

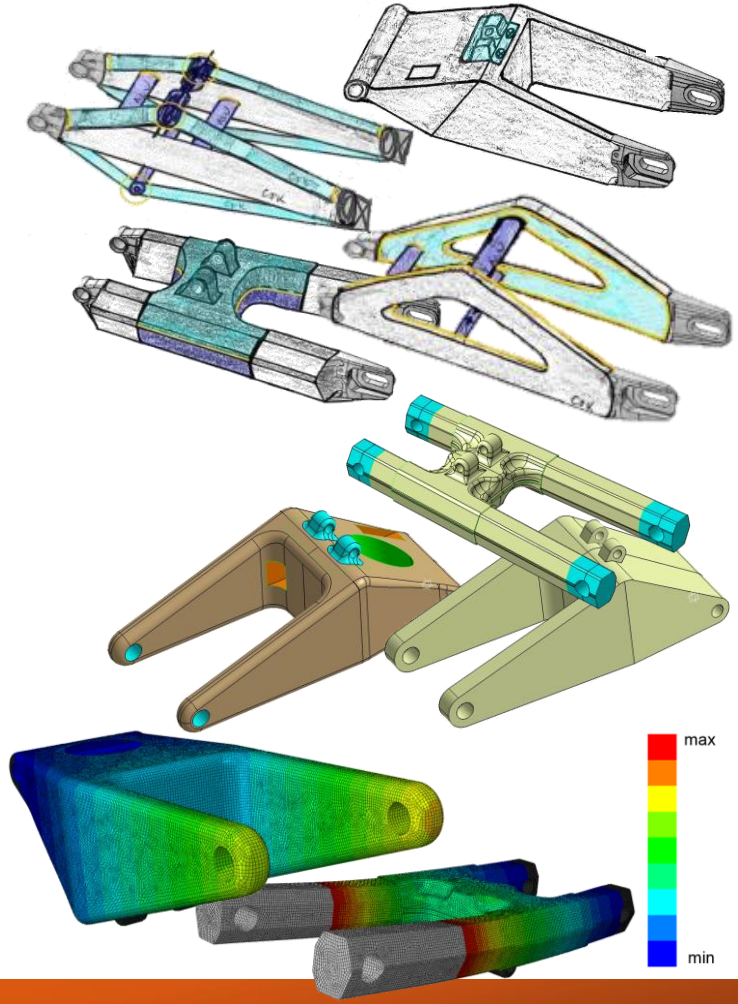
- Simulationskopplung zur **Schärfung der Aussagegüte**
  - » z.B.: Kopplung Prozesssimulation → Festigkeitsrechnung → CFD
  - » Miteinbeziehung von Fertigungsrestriktionen, Serienprozessen und Kosten

Ganzheitliche Simulation - Methoden



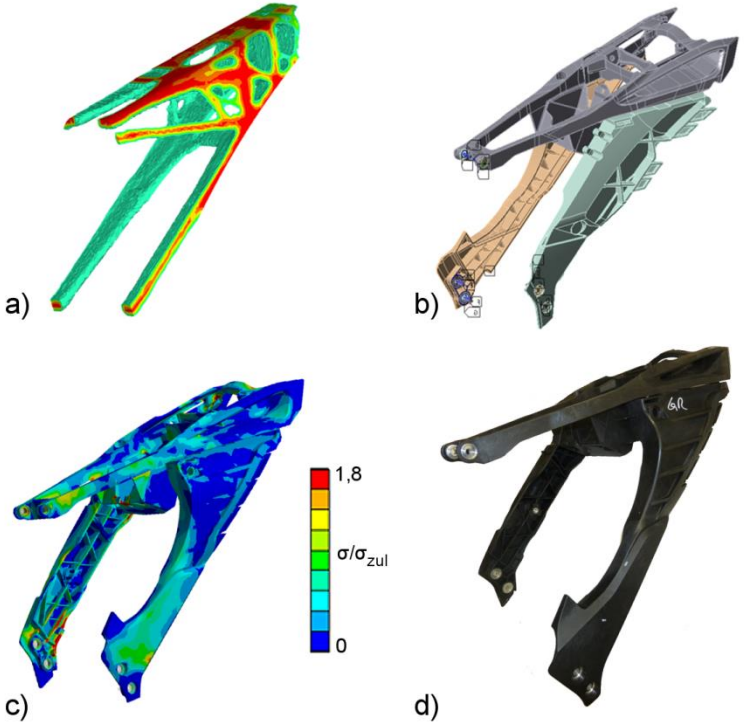
Konzeptphase klassisch

- Ideenfindung
  - » Geometriestudien
  - » Bewertung des Potenzials
- Grobkonzepte 3D
  - » 3D CAD (Geometrie, Inserts,…)
  - » Definition Herstellungsprozess
- Vereinfachtes FEM Modell
  - » Definition Lagenaufbau
  - » Bewertung der Machbarkeit



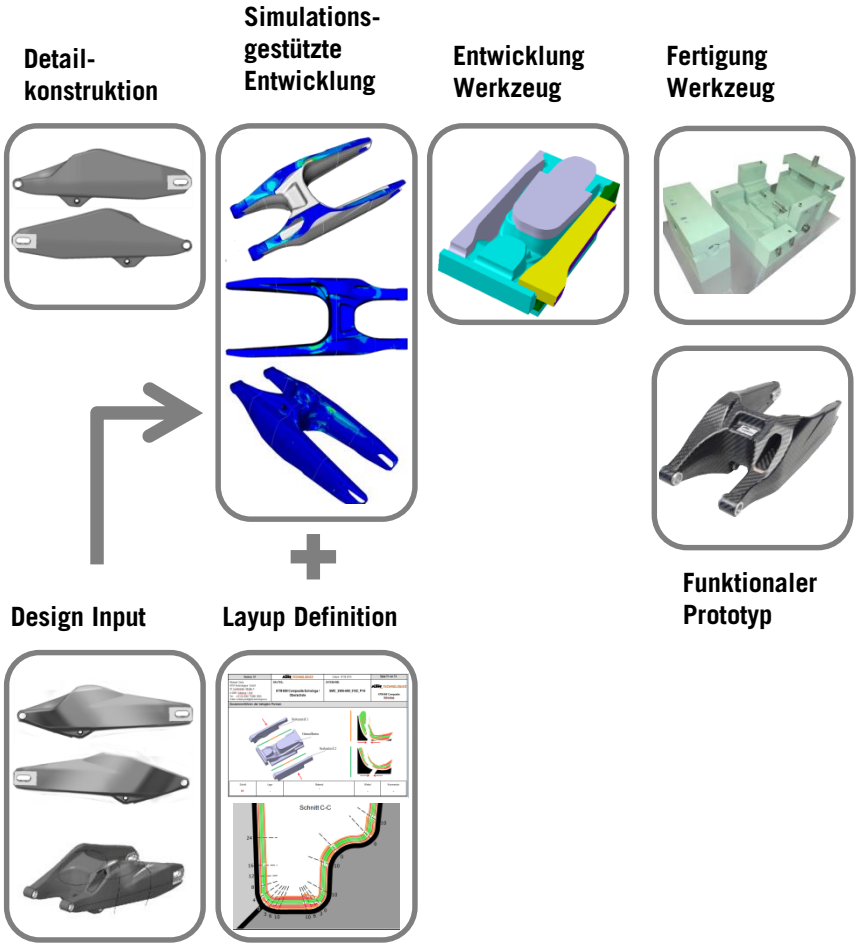
Konzeptphase inklusive Topologie

- Topologieoptimierung
  - » Bauraummodell, Hauptlastfälle
- Ableiten Geometriekonzept
  - » Fertigungsprozesse, Anbindungskonzepte
- Struktursimulation
  - » Konstruktionsvarianten, Materialien
- Prototypenfertigung
  - » Proof of Concept
  - » Grundlage für Serienentwicklung



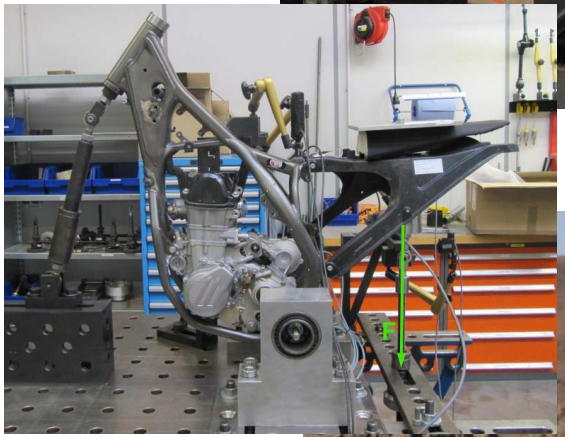
Bauteilentwicklung

- Detailkonstruktion
  - » Design, Fertigung
  - » Inserts, Zusammenbau
- Detailliertes FEM Modell
  - » Layup Studien, Drapieranalyse
  - » Fertigungspatches
    - » Überlappungen, etc.
- Konstruktion Werkzeuge
- Funktionale Prototypen



Validierung

- Statische Bauteil- und Komponententests
  - » Maximallasten
- Dynamische Lebenszeittests
  - » Lastfallspektrum
    - » Gebrauchslastfälle
    - » Missbrauchslastfälle
- Feldstudien
  - » Endurance Tests unter realen Bedingungen
  - » Nachstellen Rennbedingungen



Fallbeispiel - KTM X-Bow

KTM X-Bow R

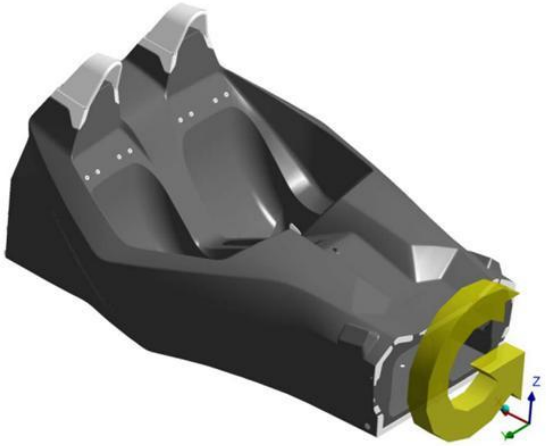
KTM X-Bow GT

KTM X-Bow GTR

Fallbeispiel - Monocoque

- Herausforderung
  - » Sicher und leicht
  - » Straße und Rennsport
  - » Hohe Funktionsintegration
  - » Kostengünstig
  - » Kleinserientauglich
  - » Versagensverhalten

Fallbeispiel - Monocoque

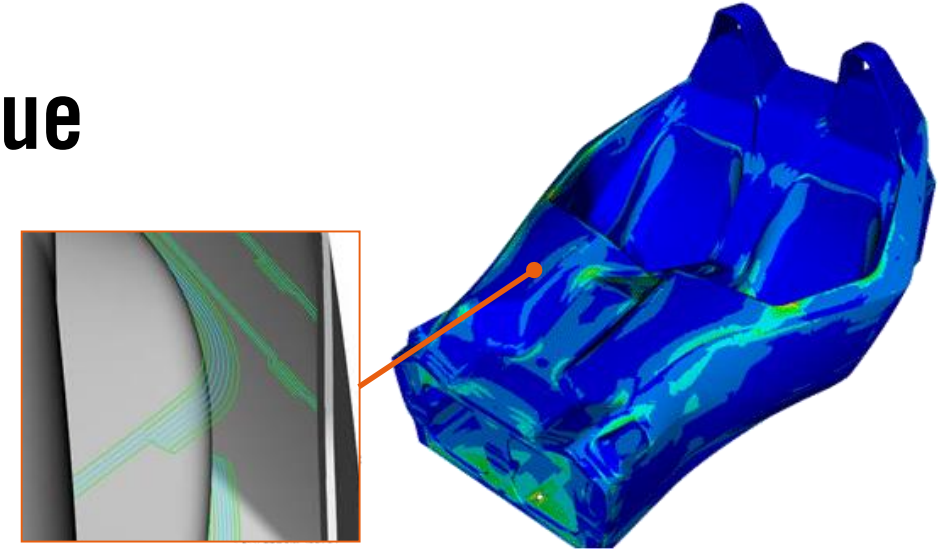


- Beispiellastfall Torsion
  - » Optimierung Torsionssteifigkeit
  - » Kein Versagen unter Maximallast

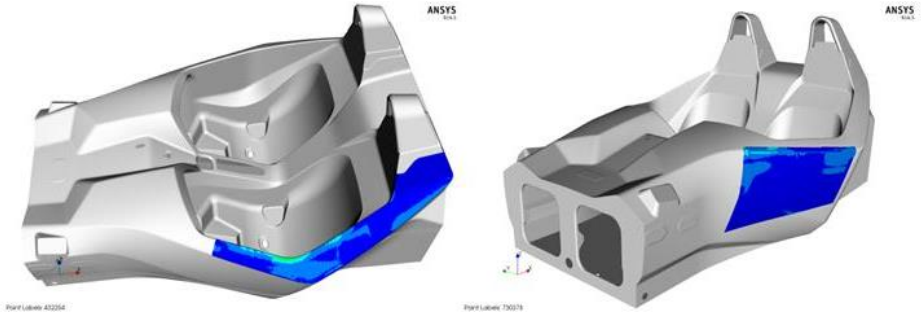
- Bewertungskriterien
  - » Torsionssteifigkeit > 25.000 Nm/°
  - » Kein “first-ply failure”

Fallbeispiel - Monocoque

- Lagenaufbau
  - » 300 Patches
  - » Überlappungen / Dickensprünge
  - » Lasteinleitung/ Überleitung



- Bewertung der Einzellagen
  - » Lokale Beanspruchung (IRF)
  - » Unkritisch für alle Lagen



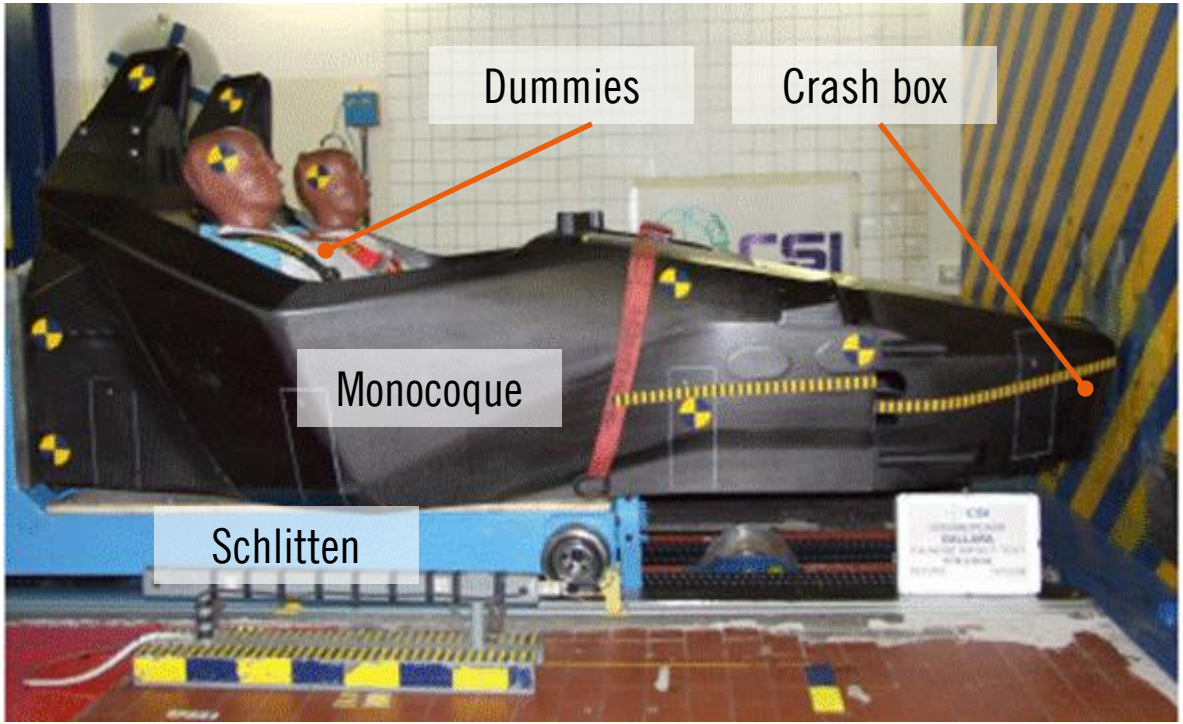
Fallbeispiel - Auslegung CFK Crashbox

- Anforderungen
  - » FIA Zertifizierung
  - » Begrenzung der max. Beschleunigung
  - » Energieabsorption im Crashfall und Schutz Monocoque

- Frontcrash gegen starre Wand
  - » Verformungsverhalten
  - » Beschleunigungskurven

Fallbeispiel - Auslegung CFK Crashbox

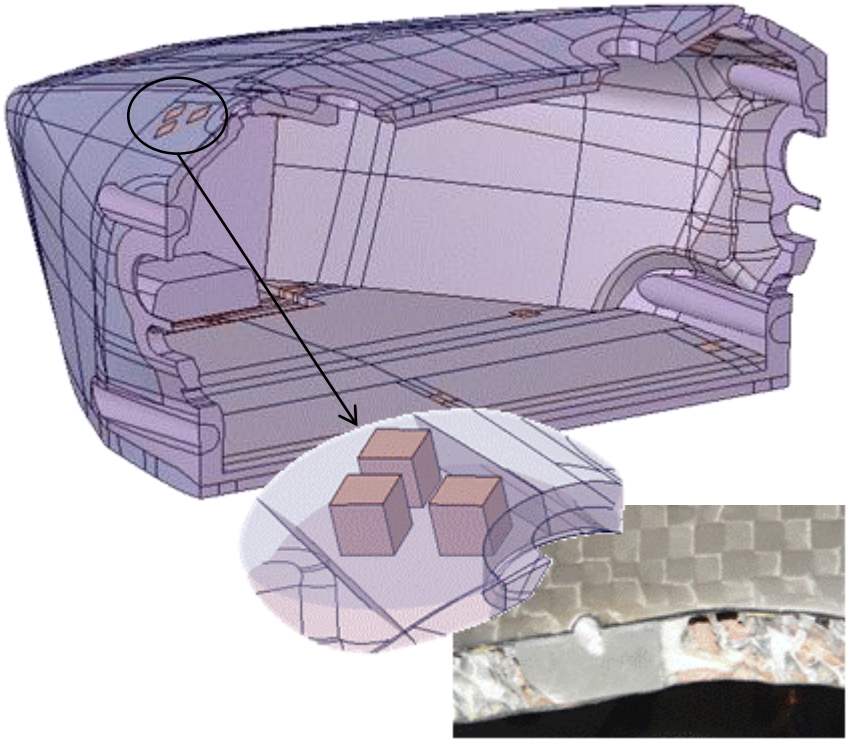
- Versuchsaufbau
  - » FIA Art. 259



"Crashbox – Test Setup" according to FIA Art. 259 Technical regulations for production sports cars

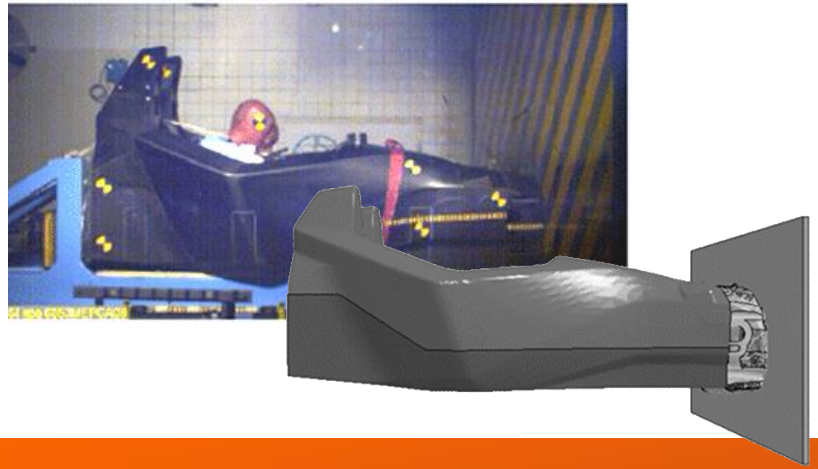
Fallbeispiel - Auslegung CFK Crashbox

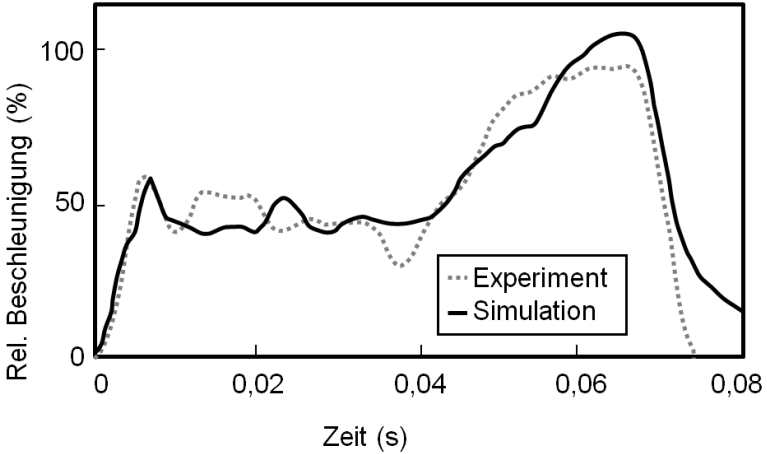
- Modellierung
  - » Innen- und Außenschale
  - » Schalen mit realem Lagenaufbau
  - » Honigwabenkern als Volumenkörper
    - » Richtungsabhängige Eigenschaften
    - » Inserts als Volumenkörper
    - » Kontakte zwischen Fügepartner

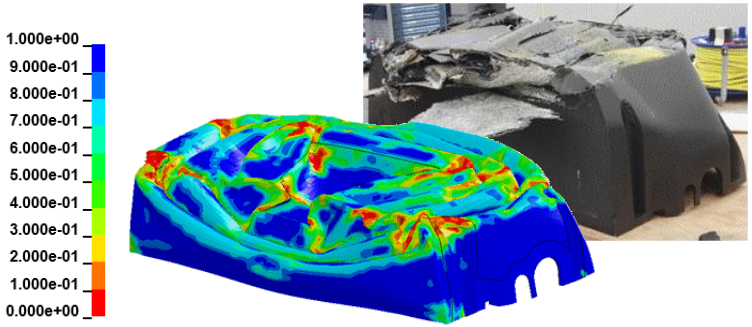


Fallbeispiel - Auslegung CFK Crashbox

- Auswertung
  - » Deformation
  - » Beschleunigung





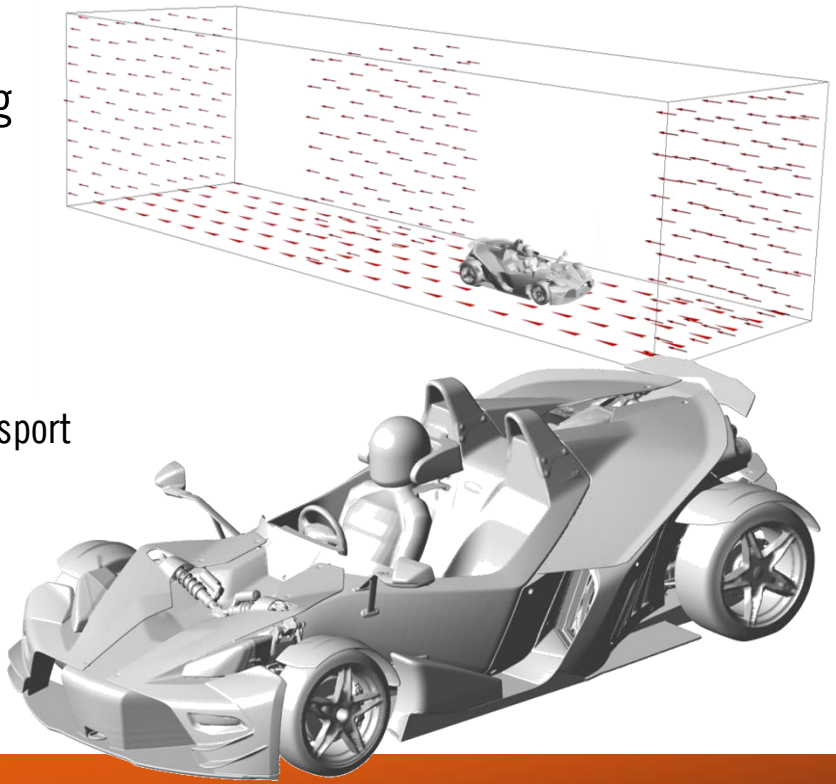


Fallbeispiel - Auslegung CFK Crashbox

- Zusammenfassung
  - » Gute Korrelation Simulation – Tests
    - » Kurze Entwicklungszeiten
    - » Parametrische und flexible Vorgehensweise
  - » Erfüllung aller Crashanforderungen
    - » Straßenverkehr und Rennsport
  - » Bis dato seit SOP X-Bow keine Schwerverletzten

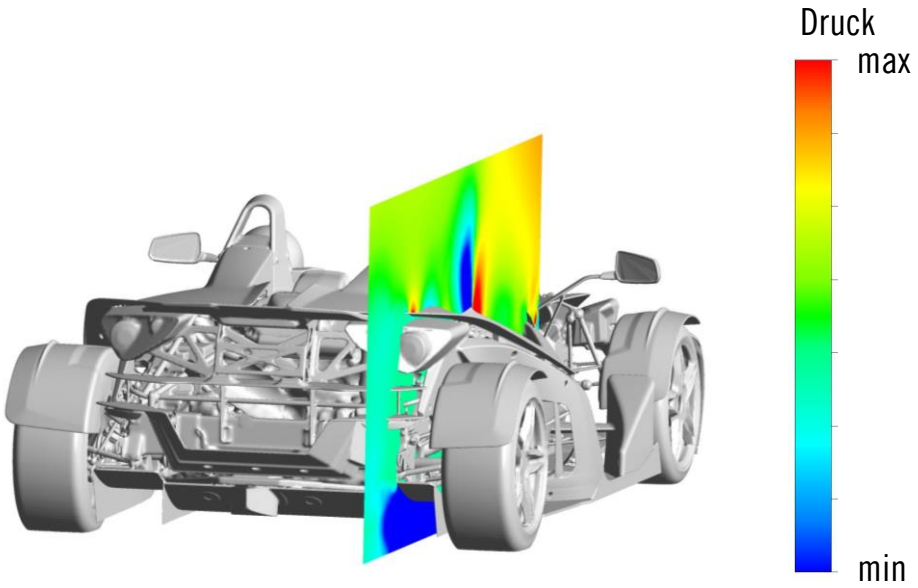
Fallbeispiel - FSI Simulation CFK Heckflügel R/GT

- Grundlage CFD Simulation Gesamtfahrzeug
  - » Herausforderungen
    - » Reduktion c_w
    - » Untersuchung Kühlerkonzept
    - » Beeinflussung aerodynamische Downforce
    - » Erfüllung der Regularien Straße und Rennsport
- Vorgehen
  - » Parametrische CFD Berechnung



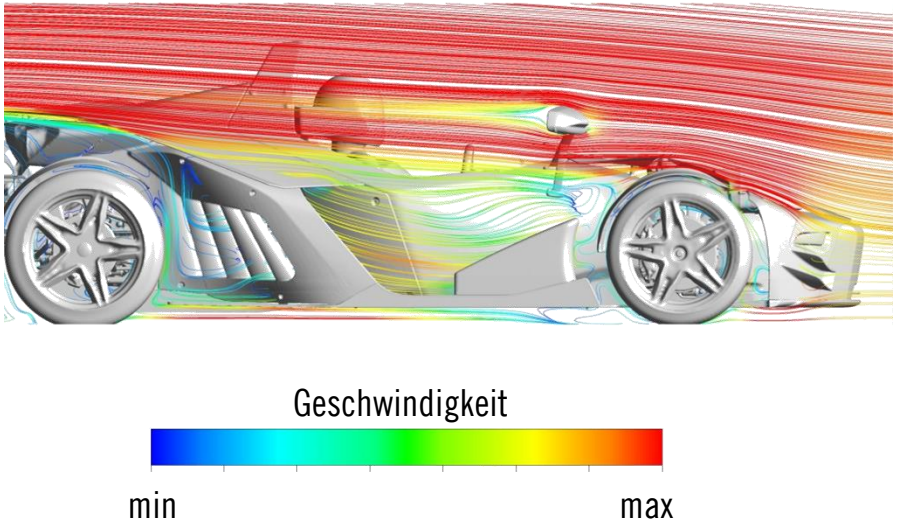
Fallbeispiel - FSI Simulation CFK Heckflügel R/GT

- Umströmungsverhalten
  - » Fahrzeugaußenkontur
    - » Widerstand (c_w)
    - » c_A Verteilung
  - » Funktion Zusatzkomponenten
    - » Heckflügel
    - » Diffusor / Frontsplitter
  - » Positionierung
    - » Lufteinlässe / -auslässe
    - » Kühlerposition



Fallbeispiel - FSI Simulation CFK Heckflügel R/GT

- Durchströmungsverhalten
  - » Auslegung Kühlsystem
  - » Dimensionierung Kühler
  - » Thermalmanagement
  - » Interaktion mit Umströmung

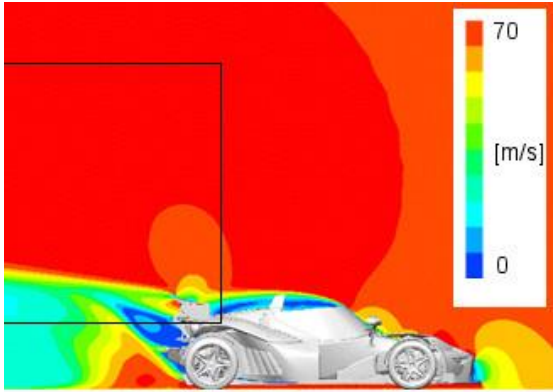


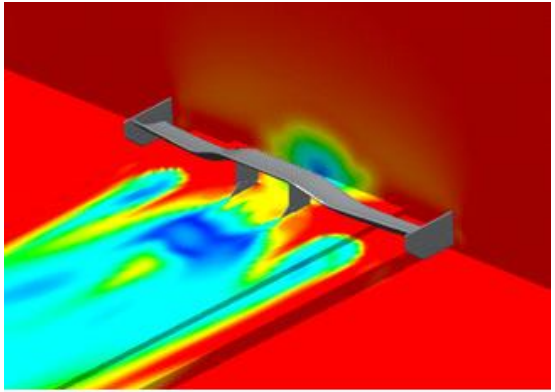
Fallbeispiel - FSI Simulation CFK Heckflügel R/GT

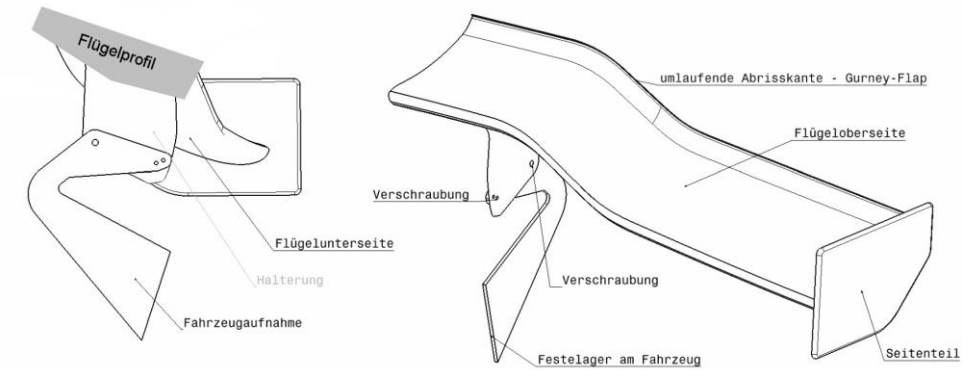
- Ziele
  - » Geringes Gewicht
  - » Geringe Veränderung des Abtriebsverhaltens bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten
    - » Steifigkeit
    - » Auftriebsmittelpunkt vs. Torsionsmittelpunkt
- Evaluierung Fehler zwischen unidirektionaler und bidirektionaler FSI
  - » Exemplarischer Lastfall: Verlassen Windschatten im Rennbetrieb

Fallbeispiel - FSI Simulation CFK Heckflügel R/GT

- Aufbau Simulationsmodell CFD
  - » Submodellierung zur Reduktion der Rechenzeit
    - » Geschwindigkeitsverteilung an Systemgrenzen
    - » Halbmodell, da v-Verteilung annähernd symmetrisch

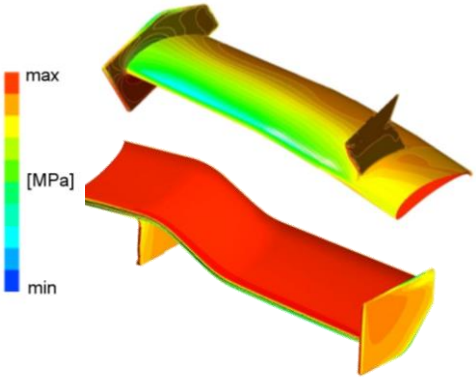


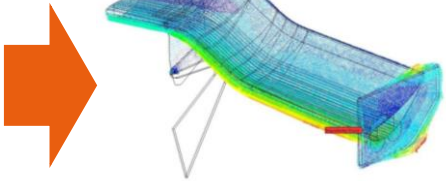


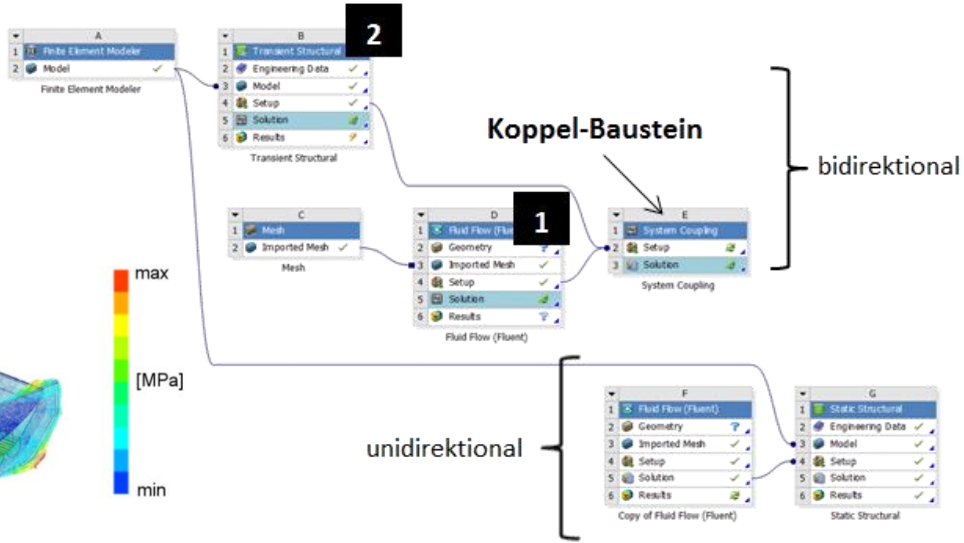


Fallbeispiel - FSI Simulation CFK Heckflügel R/GT

- Aufbau Simulationsmodell Struktur
  - » Knotenbasiertes Mapping
    - » Druckfeld aus CFD Rechnung

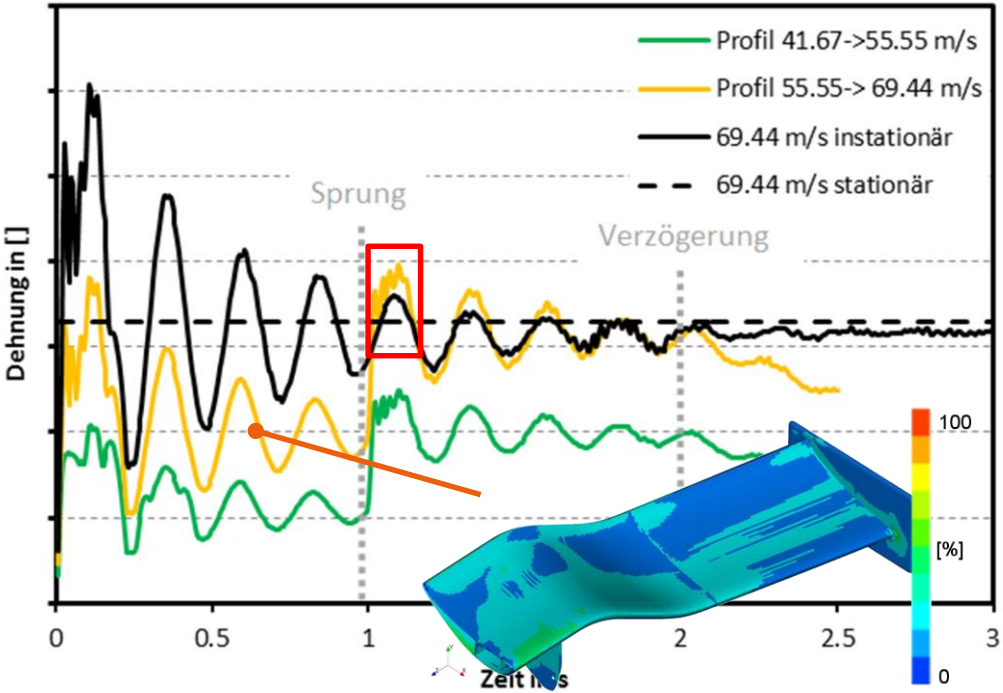






Fallbeispiel - FSI Simulation CFK Heckflügel R/GT

- Beispiel: Verlassen Windschatten
  - » Signifikanter Unterschied
    - » stationär
    - » Instationär : 0→ 250km/h
    - » Instationär : 200→ 250km/h



(Hauptnormaldehnungen bei 140 km/h)

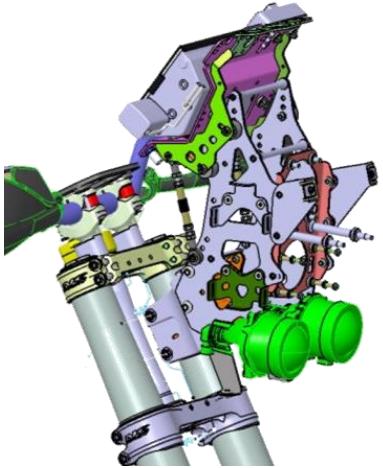
Fallbeispiel – Motorrad: Rallye Frontstruktur

- Ziel: Neuentwicklung Faserverbund Frontstruktur
  - » Gewichtsreduktion gegenüber metallischer Bauweise
  - » Integration Lichthalterung
  - » Zusatzanforderungen
    - » Navigation / Kommunikation
    - » Montage und Demontage
    - » Crashverhalten
    - » Reparatur - Pilot

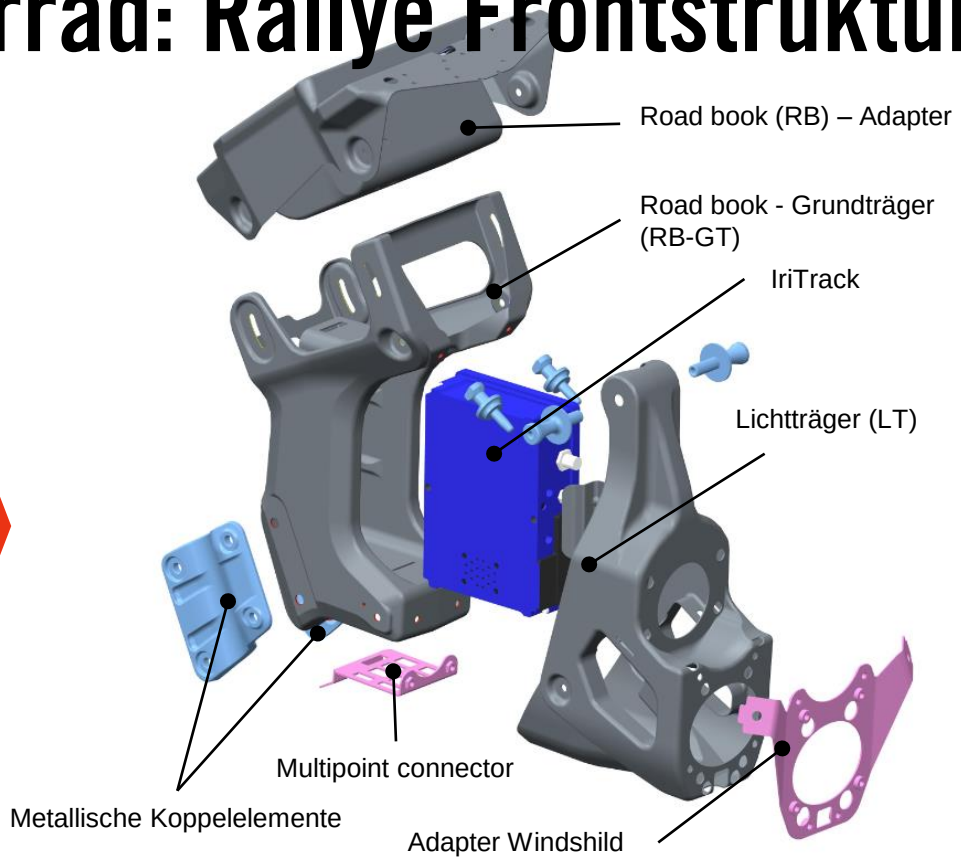
KTM 450 Rallye Factory Replica 2015

Fallbeispiel – Motorrad: Rallye Frontstruktur

- Geometriekonzept

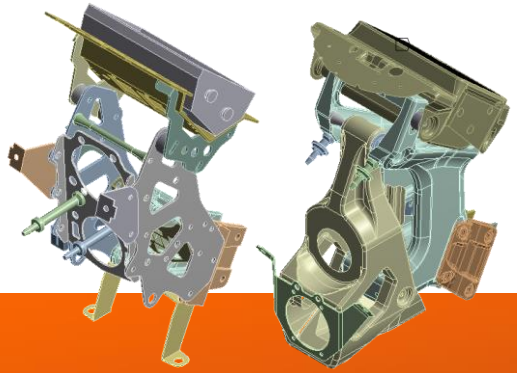


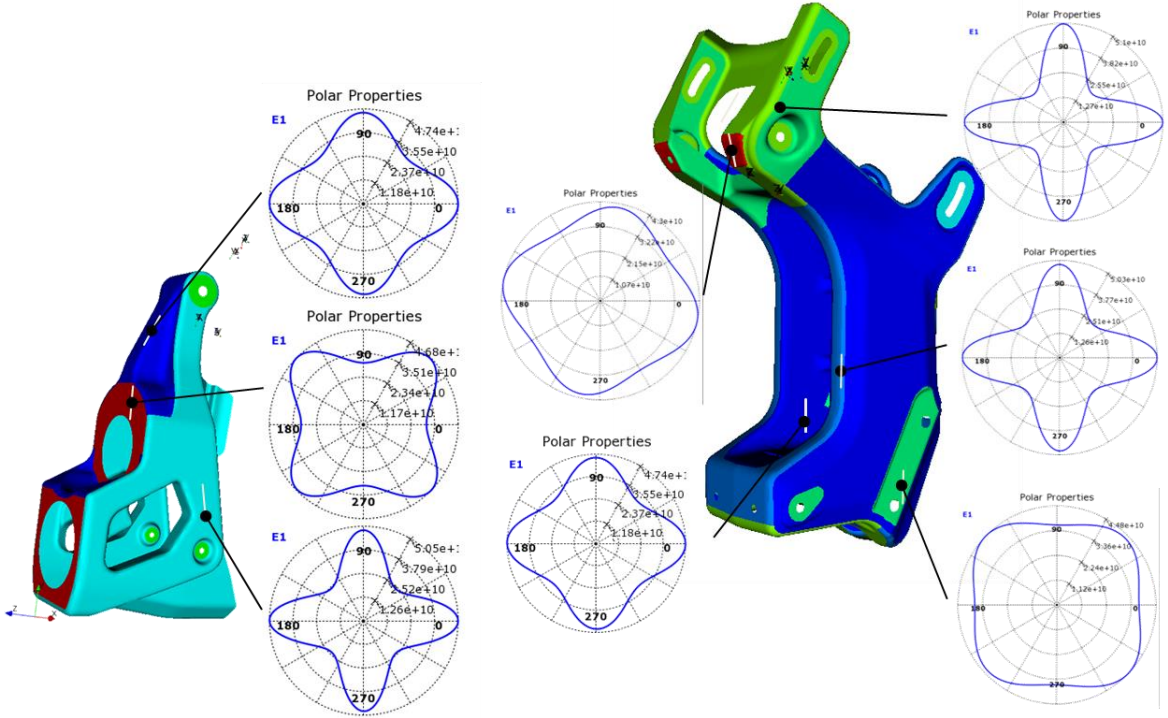
Ausgangssituation



Fallbeispiel – Motorrad: Rallye Frontstruktur

- Simulationsmodell
  - » Gewebe (Twill 2x2)
  - » Carbonfasern
  - » Aramidfasern

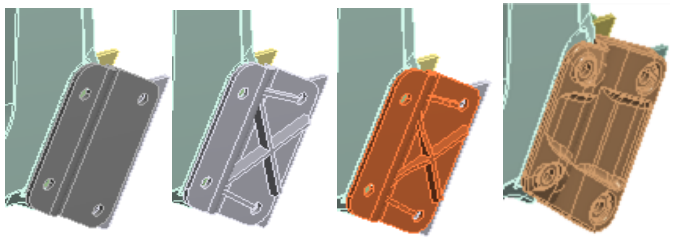




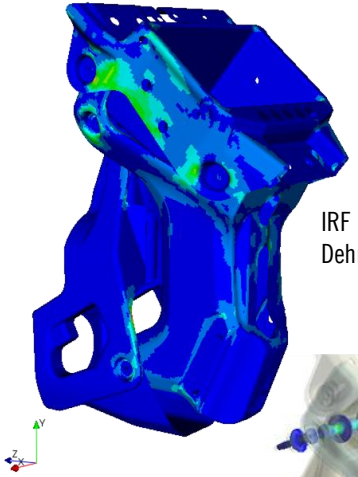
Lichtträger und Grundträger – Dickenverteilung und Polardiagramme (E-Modul)

Fallbeispiel – Motorrad: Rallye Frontstruktur

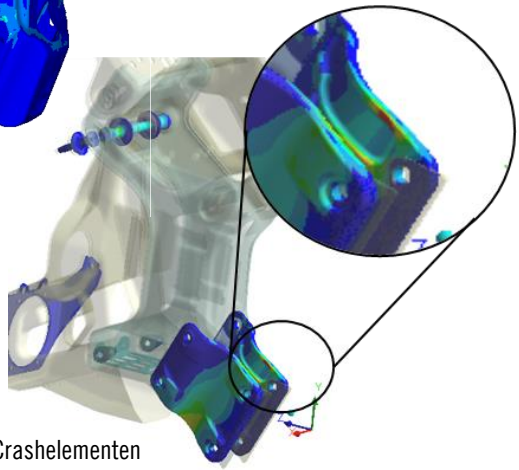
- Simulationsergebnisse am Beispiel Crashlastfall
  - » Parameterstudie
  - » Ausnutzung der metallischen Plastizität
    - » Energieabbau
    - » Schutz CFK Struktur



Parameterstudie Verbindungselemente



IRF im Laminat bei Erreichen der Dehngrenze in den Crashelementen



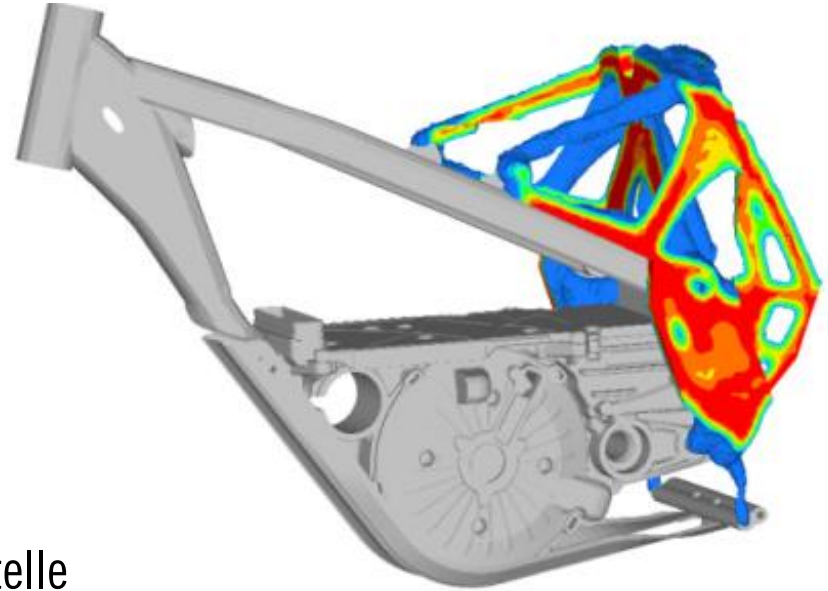
Erreichen der Dehngrenze in Crashelementen

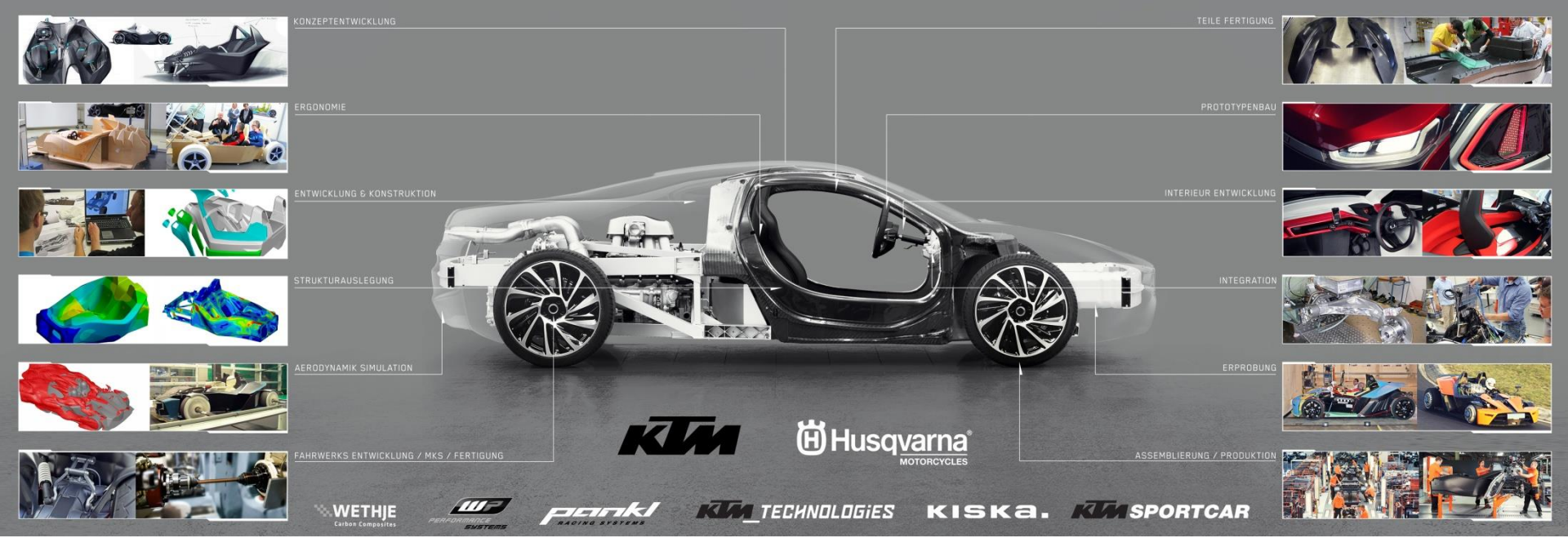
Fallbeispiel – Motorrad: Rallye Frontstruktur

- Ergebnisse
  - » Deutliche Gewichtsreduktion gegenüber metallischer Bauweise
  - » Einfacheres Montagekonzept
  - » Crashkonzept in Praxis erfolgreich
- Siege in diversen Rallyes:
  U.a.: 2015 Rallye Dakar Sieger:
  Marc Coma

Zusammenfassung und Ausblick

- Möglichst frühe Kenntnis aller relevanten Größen
  - » Topologiestudien
  - » Layupdefinition
  - » Fertigungs- und Fügekonzepte
- Sinnhafter Materialeinsatz
  - » Hybridbauweise
  - » Der richtige Werkstoff an die richtige Stelle





Dr. Robert Stadlbauer, Simulation & Forschung,
KTM Technologies GmbH, St. Leonharder Straße 4, 5081 Salzburg/Anif
robert.stadlbauer@ktm-technologies.com, +43 (0) 6246 734 88-9033