



Ingenieurbüro Schumacher

Faserverbundkonstruktion & Leichtbau

Kurzzusammenfassung – Beispielprojekt

Maßgefertigter Ski



FkL Ingenieurbüro Schumacher
M.Sc. Jana Schumacher

www.fkl-ing.de
+49 6150 830 89 84

Idee, Ziele und Anforderungen

- Beispielprojekt zur Verdeutlichung der Arbeit von FkL
- Eigenes Projekt → keine Verletzung von Geheimhaltungsvereinbarungen

Anforderungen an die Ski

- Einsatzgebiet: Piste
- Fahreigenschaft: spritziger Slalomcarver
- Maximaler Kantengriff
- Fahrergewicht: 80 kg
- Temperaturbereich: -20° bis $+10^{\circ}\text{C}$
- Allen Lasten beim Skifahren standhalten
- Skibindung sinnvoll montierbar



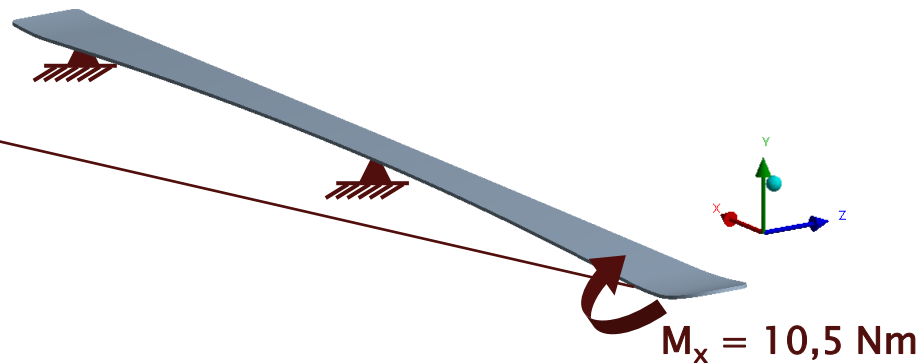
Spezifizierung der Lasten

- Auslegung auf Steifigkeit
- Bruchlasten deutlich außerhalb der Nutzlasten

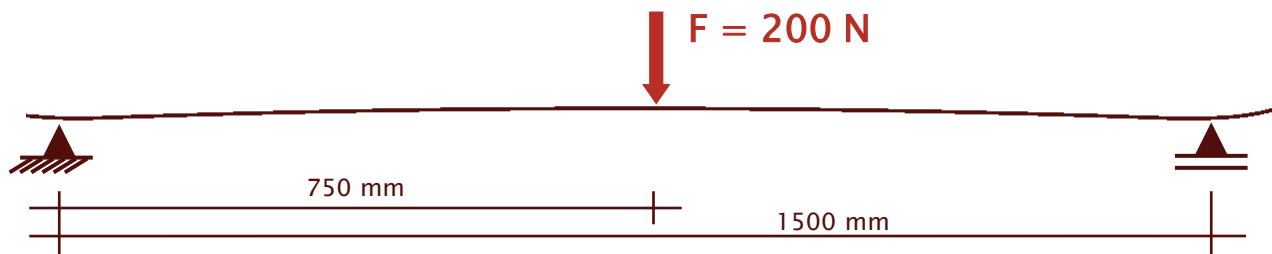
Festlegung der Lastfälle

- **Torsion Nase**

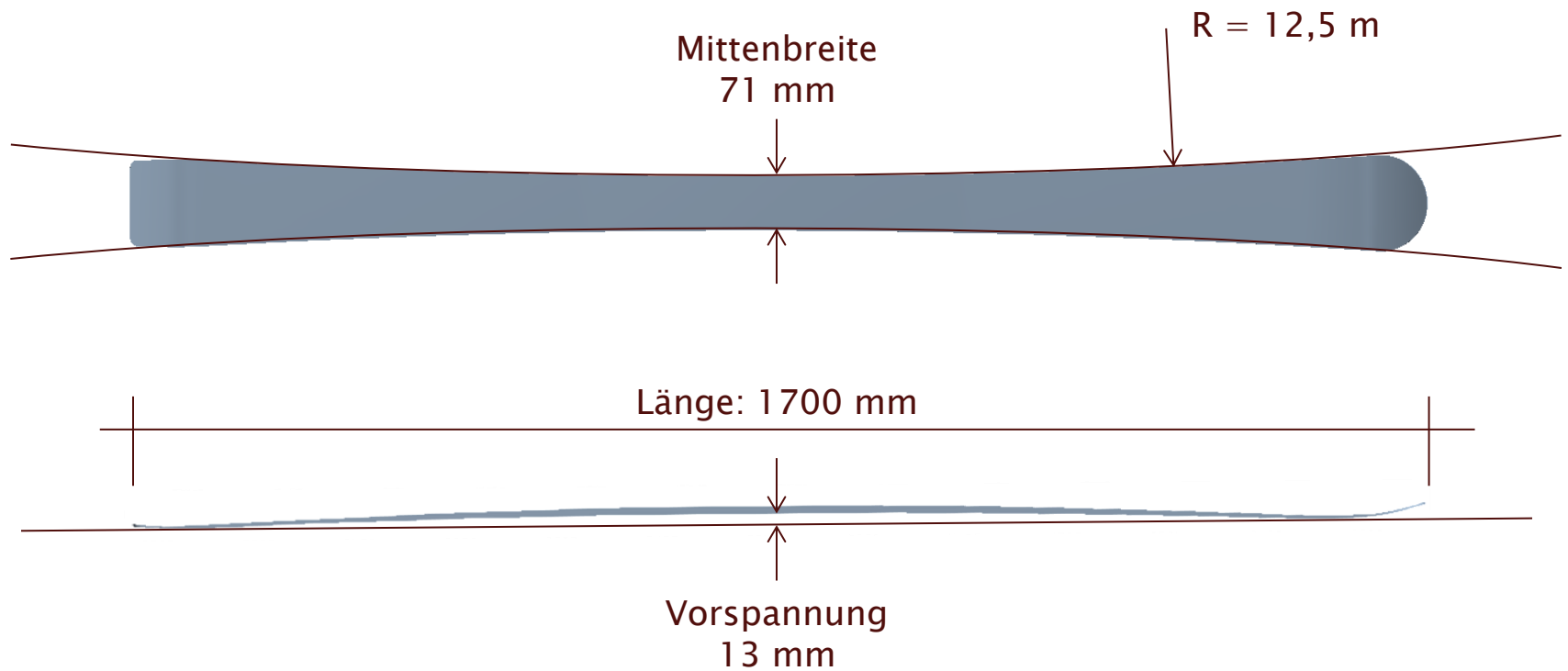
Verschiebung der Kante
an der Nase in y-Richtung
zwischen 6 und 8 mm



- **Durchbiegung:** zwischen 45 mm und 55 mm



Aus den angestrebten Fahreigenschaften abgeleitet



Auswahl der Materialien

Hohe Steifigkeiten benötigt

- Sandwichaufbau
- IMS Kohlenstofffasern
- Hochmoduliger Kernwerkstoff

Bindungen müssen im Kern verschraubt werden

- Holzkern aus Hartholz

Spritziges Fahrverhalten erwünscht

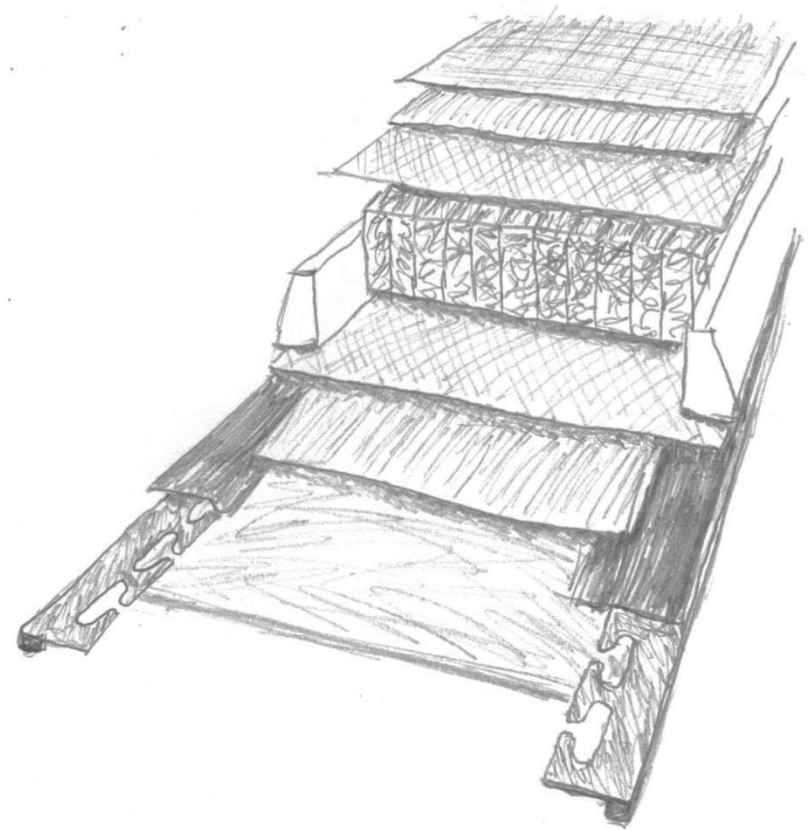
- Langfaseriges Hartholz → Esche

Schutz des Holzkerns vor Impact, Delamination und Eindringen von Wasser

- ABS-Einleger seitlich am Holzkern

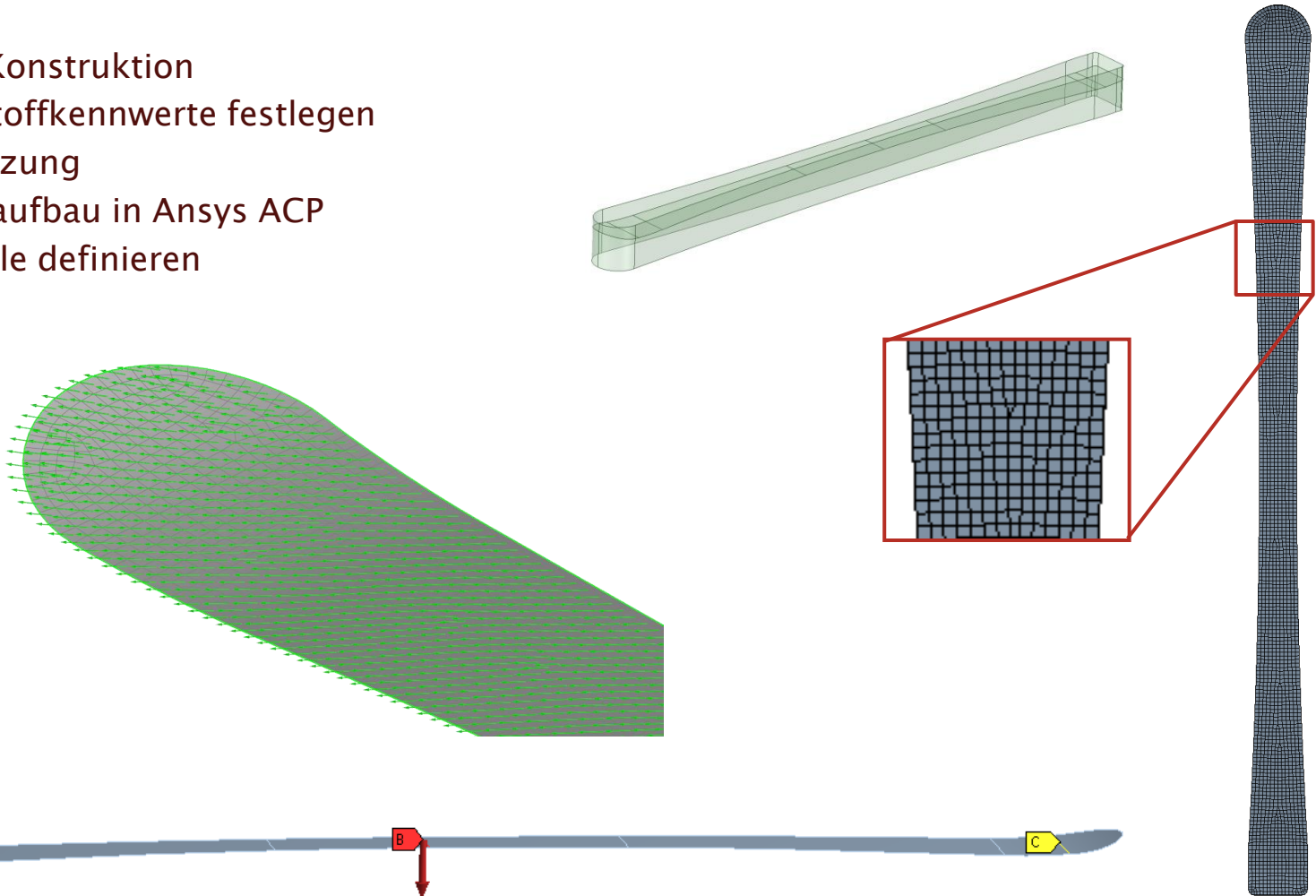
Dämpfung und thermische Entkopplung

- Gummilage über den Stahlkanten



FEM Simulation – Vorbereitung

- CAD-Konstruktion
- Werkstoffkennwerte festlegen
- Vernetzung
- Lagenaufbau in Ansys ACP
- Lastfälle definieren



B: Biegung
Static Structural
Time: 1, s
29.03.2017 15:07

- A** Displacement
- B** Force: 200, N
- C** Displacement 2

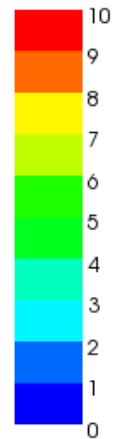
FEM Simulation Lagenaufbau und Optimierung

Dickenverlauf des Kerns, Faserrichtung und -menge anpassen

- Zieldurchbiegung
- Gleichmäßige Biegelinie
- Torsionssteifigkeit

Komplexe Zusammenhänge machen mehrere Iterationsschritte erforderlich

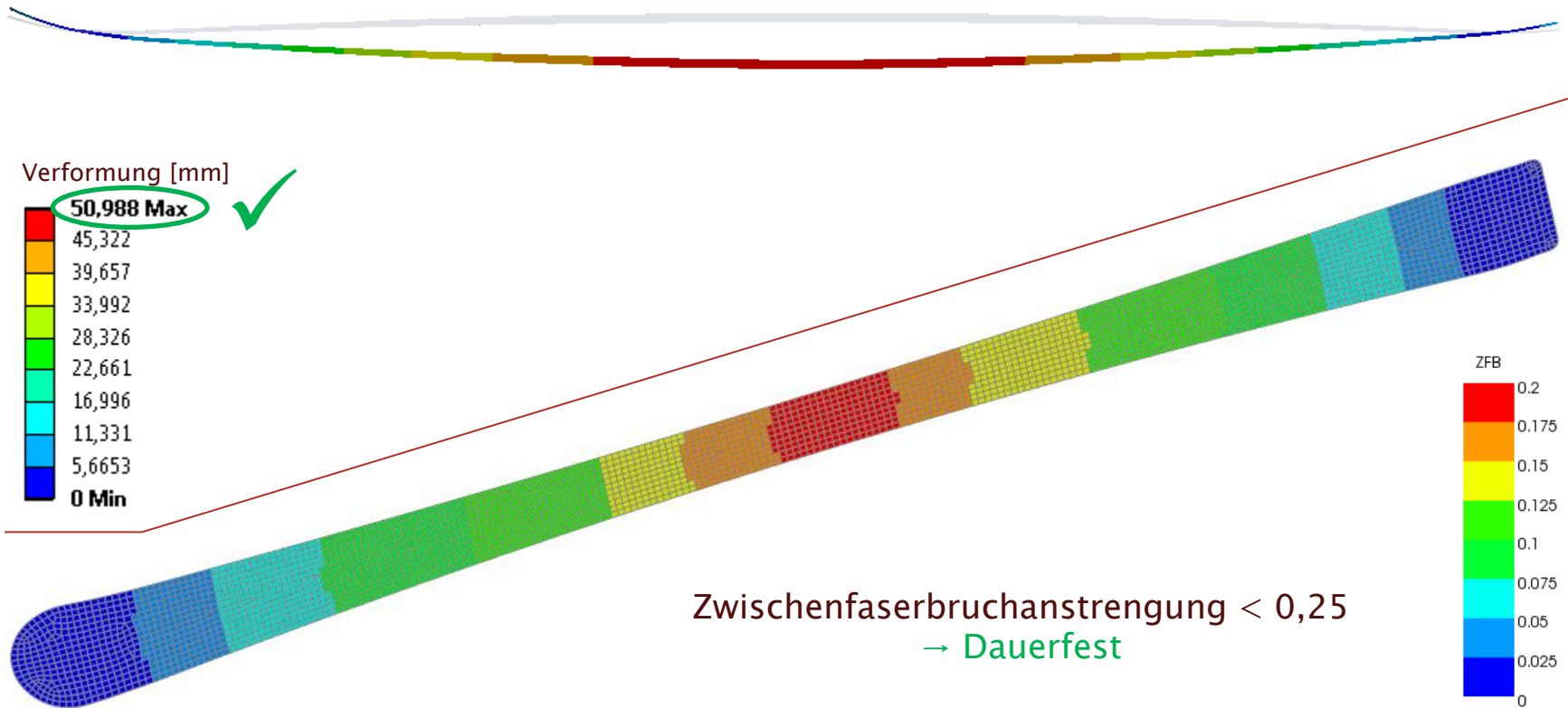
Dicke (mm)



FEM Simulation – Auswertung

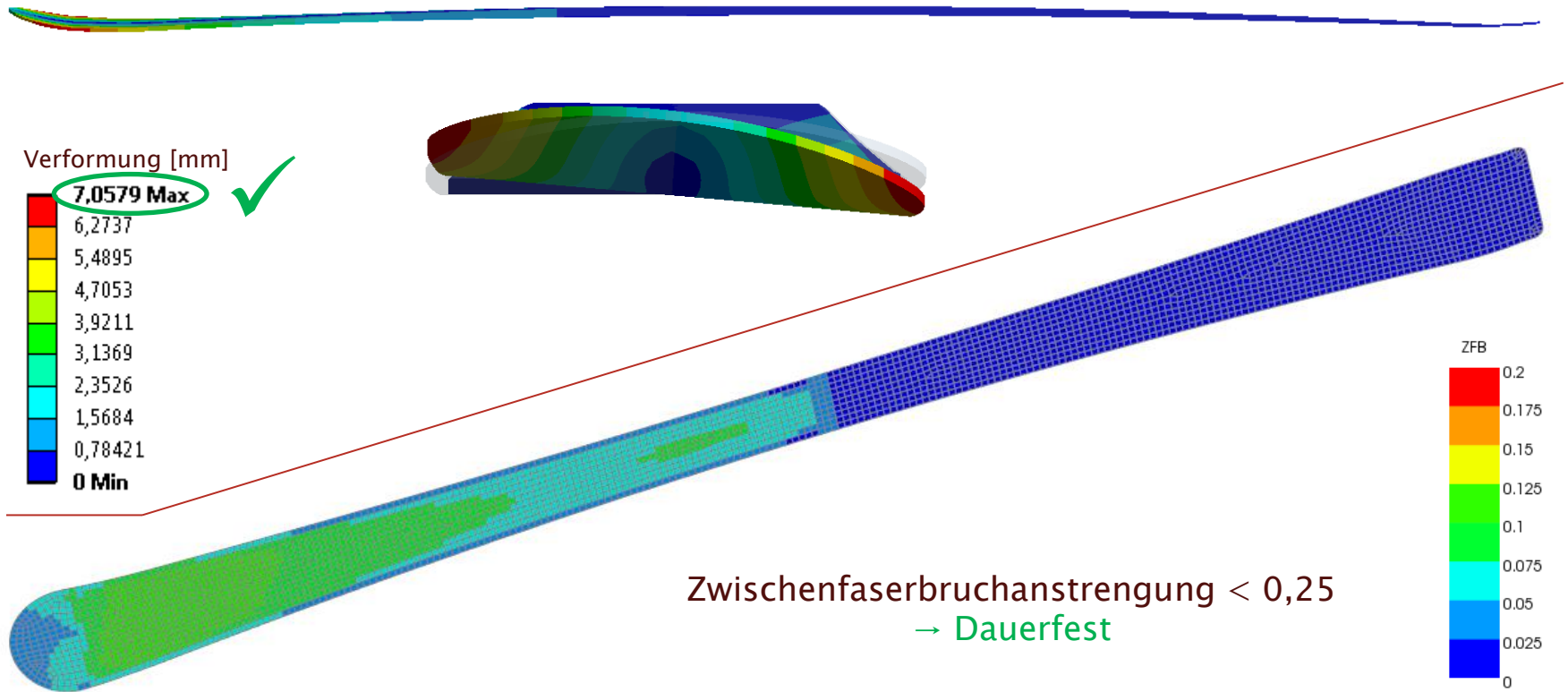
Lastfall Biegung

Verformung maßstabsgetreu



Lastfall Torsion Nose

Verformung maßstabsgetreu



Prototypenbau

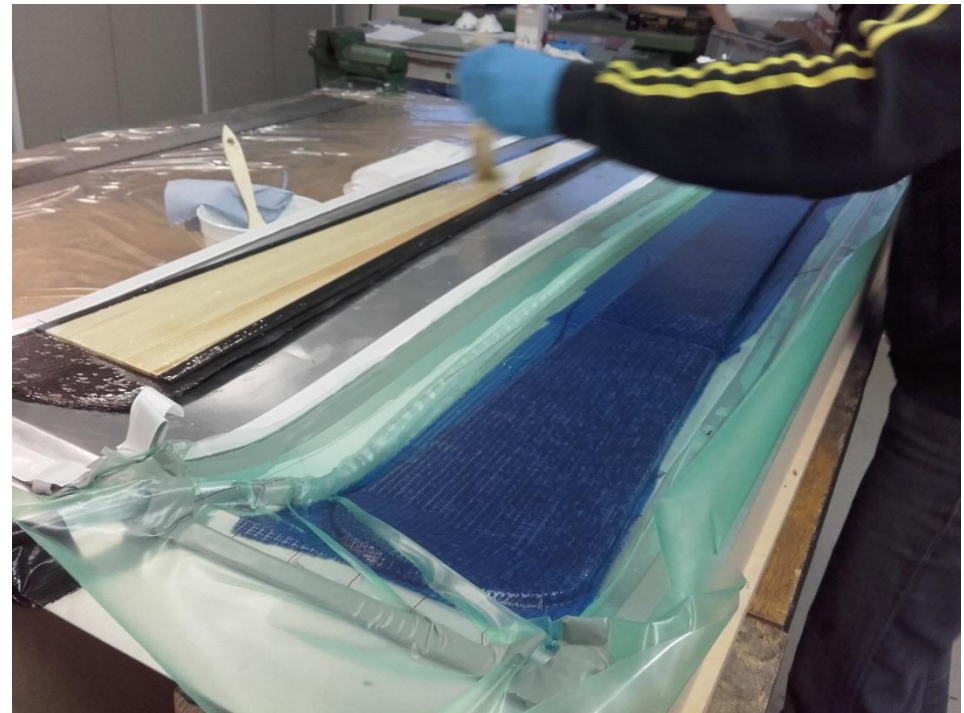
Formenbau



Einteilige Positivform



Skibau



- 3-D Holzkern mit ABS-Bepunktung
- Stahlkanten und Belag verkleben
- Laminieren der Ski im Handlaminatverfahren mit Vakuumabsaugung auf einteiliger Form

Prototyp

Der FkL-Ski



- Generelles Vorgehen bei einem Entwicklungsprojekt gezeigt
- Die Entwicklung des Skis beinhaltet viel der Tätigkeitsfelder des FkL Ingenieurbüro Schumacher
 - Anforderungsliste erstellen
 - Werkstoffauswahl
 - Geometrie entwickeln
 - Materialkennwerte in Ansys einpflegen
 - CAD-Konstruktionen
 - Vernetzung
 - Steifigkeits- und Festigkeitsberechnungen
 - FEM-Simulation mit Ansys ACP
 - Ergebnisauswertung und -dokumentation
 - Prototypenbau und -tests
- Ein maßgefertigter Ski wurde gebaut
- Alle Anforderungen wurden erreicht
- Der Prototyp weist ähnliche Steifigkeiten wie das FEM-Modell auf
- Der Ski ist funktionsfähig und hält auch in der Praxis den Nutzlasten stand



Wir freuen uns auf Ihre Anfragen

FkL Ingenieurbüro Schumacher
M.Sc. Jana Schumacher
Egerländer Str. 6
D – 64331 Weiterstadt

www.fkl-ing.de
j.schumacher@fkl-ing.de
+49 6150 830 89 84