



# Ingenieurbüro Schumacher

## Faserverbundkonstruktion & Leichtbau

### Kurzzusammenfassung – Beispielprojekt

# Maßgefertigter Ski



FkL Ingenieurbüro Schumacher  
M.Sc. Jana Schumacher

[www.fkl-ing.de](http://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:  $-20^{\circ}$  bis  $+10^{\circ}\text{C}$
- Allen Lasten beim Skifahren standhalten
- Skibindung sinnvoll montierbar



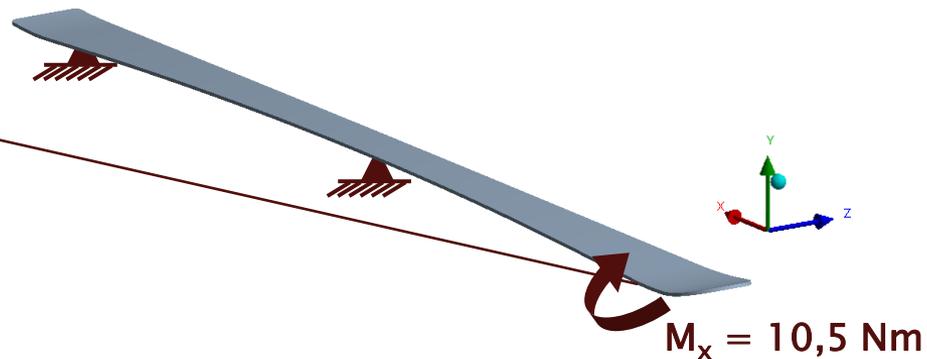
# Spezifizierung der Lasten

- Auslegung auf Steifigkeit
- Bruchlasten deutlich außerhalb der Nutzlasten

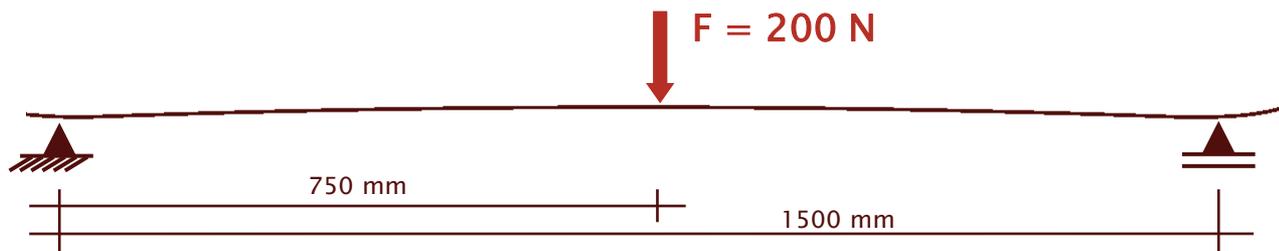
## Festlegung der Lastfälle

- **Torsion Nase**

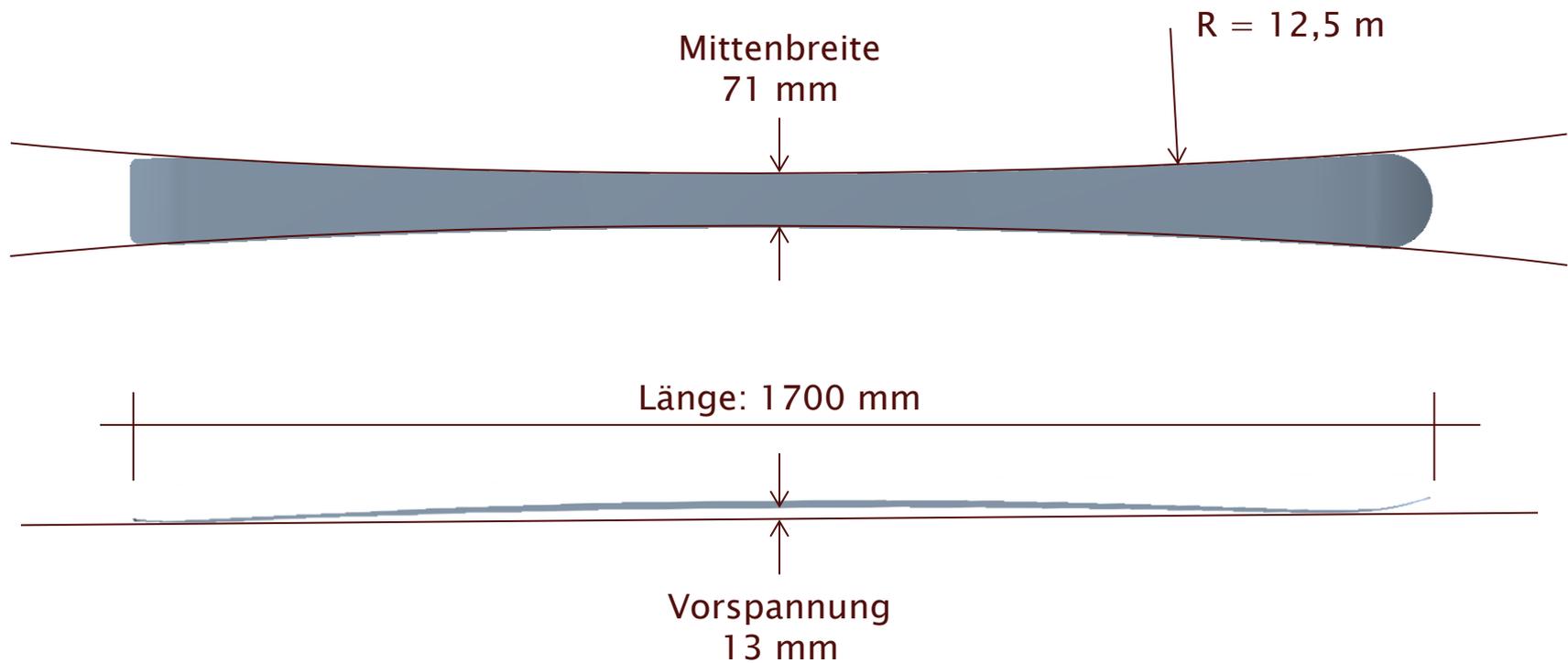
Verschiebung der Kante  
an der Nase in y-Richtung  
zwischen 6 und 8 mm



- **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

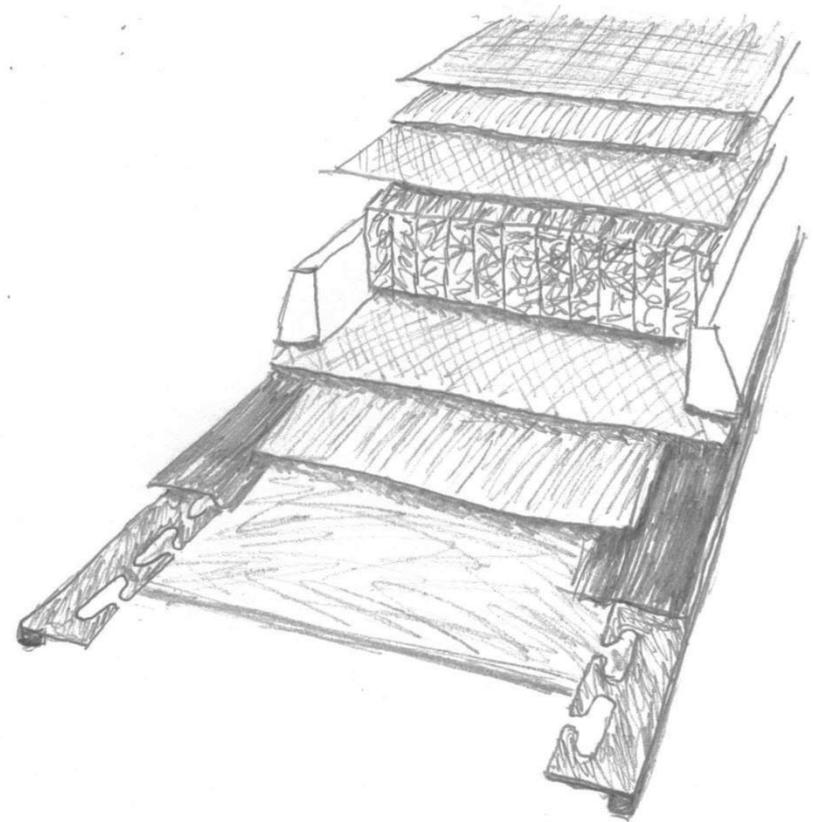
- Langfaseriges Hartholz → Esche

## Schutz des Holzkerns vor Impact, Delamination und Eindringen von Wasser

- ABS-Einleger seitlich am Holzkern

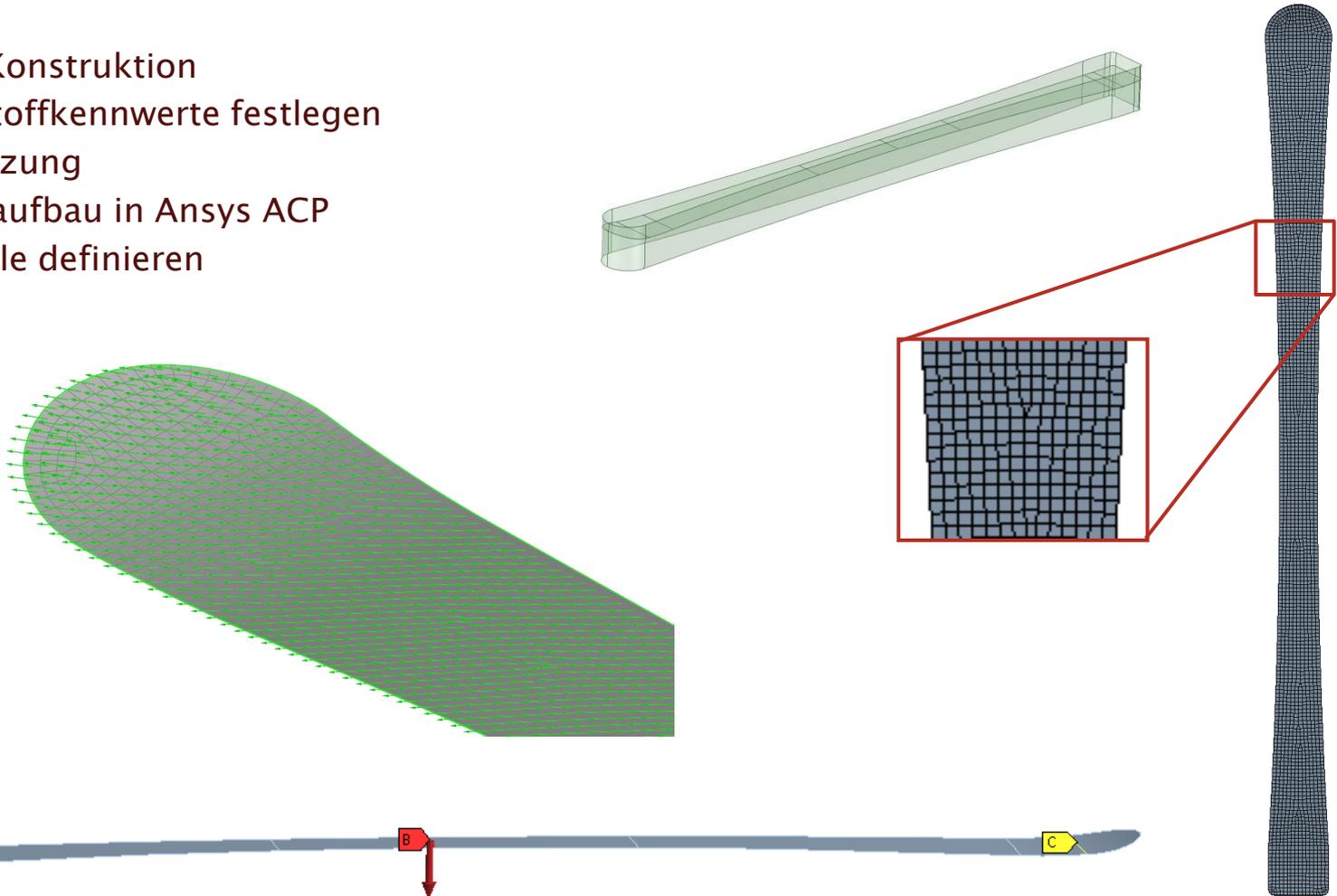
## Dämpfung und thermische Entkopplung

- 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

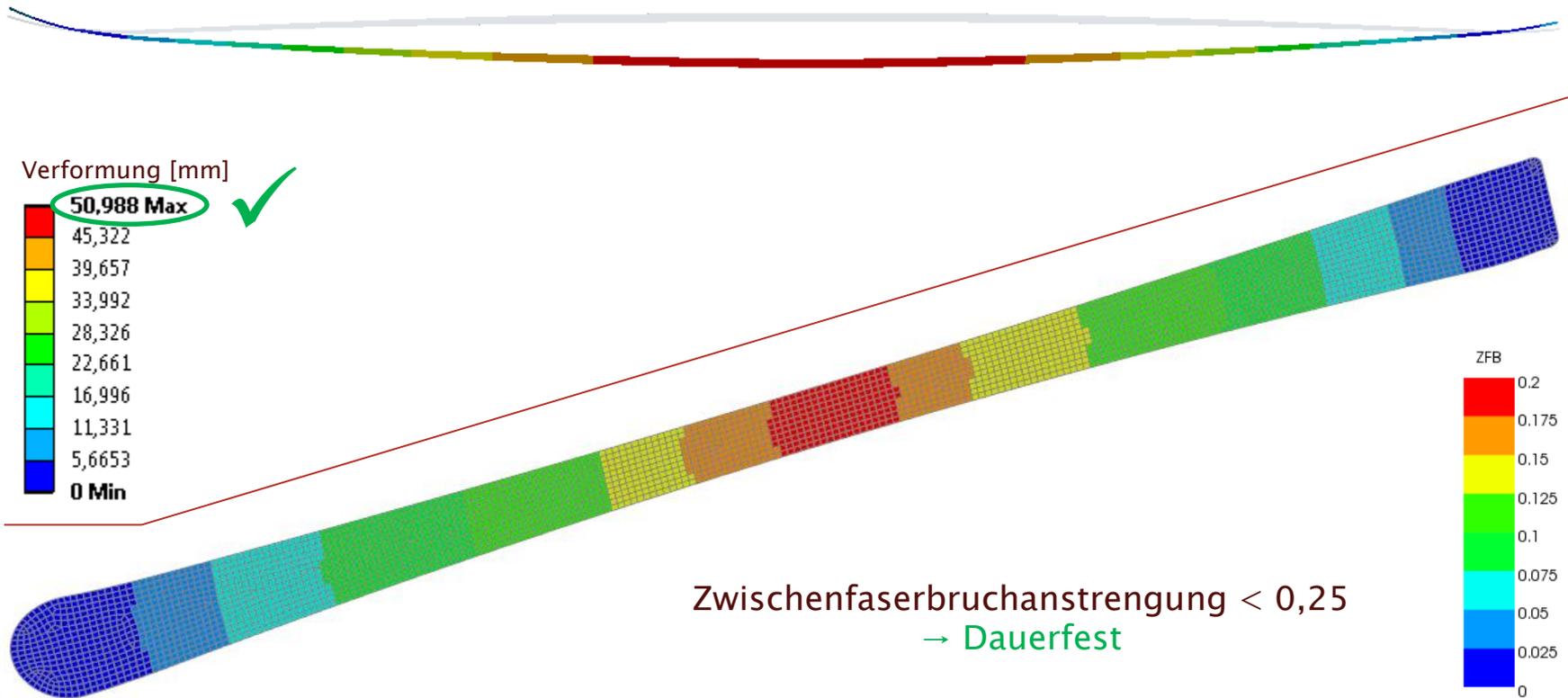
Dicke (mm)



# FEM Simulation – Auswertung

## Lastfall Biegung

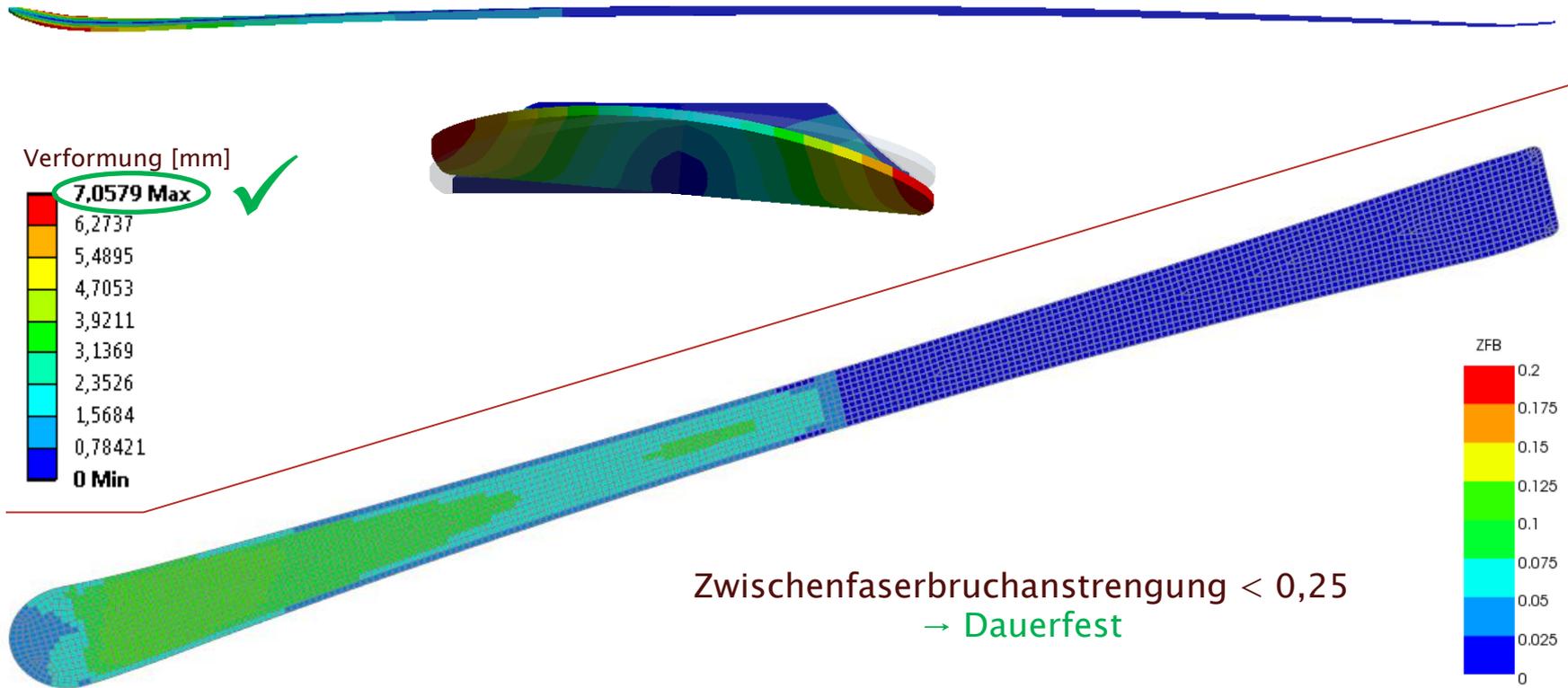
Verformung maßstabsgetreu



# FEM Simulation – Auswertung

## Lastfall Torsion Nose

Verformung maßstabsgetreu



# Prototypenbau

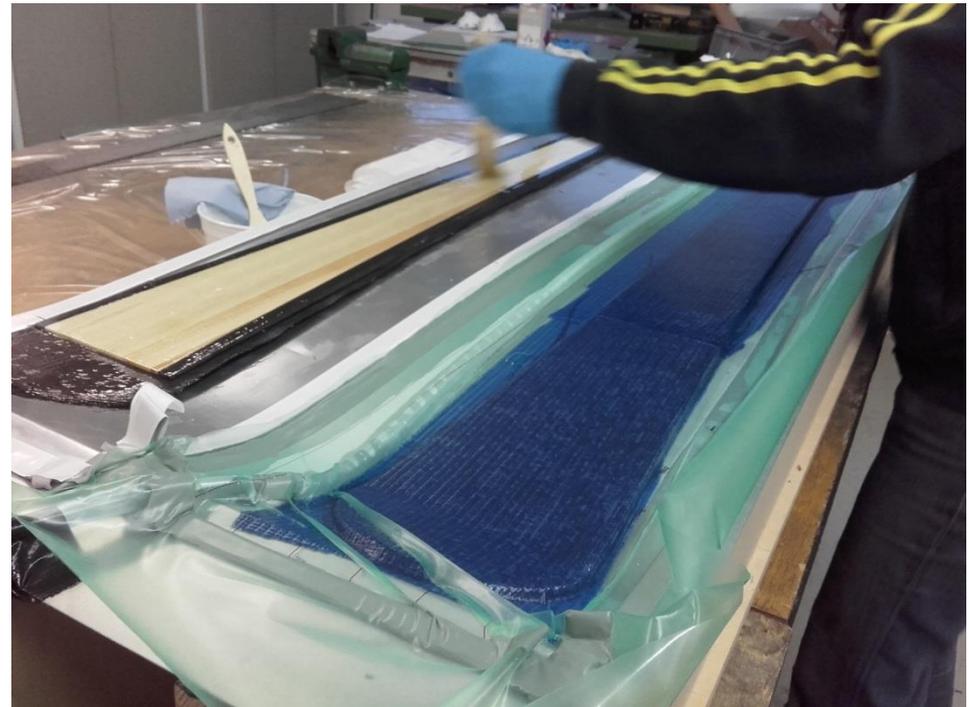
## Formenbau



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](http://www.fkl-ing.de)  
[j.schumacher@fkl-ing.de](mailto:j.schumacher@fkl-ing.de)  
+49 6150 830 89 84