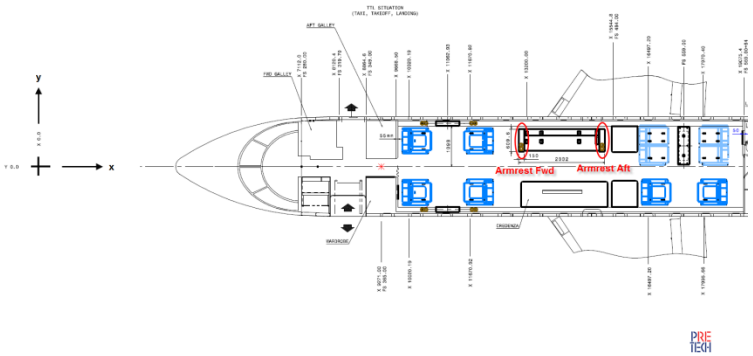
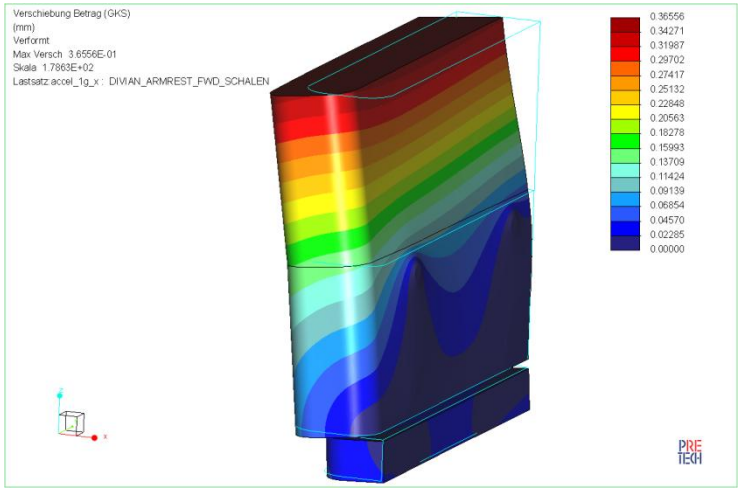
Analysen an Flugzeuginneneinrichtungen

Dr. Stefan Reul, PRETECH GmbH



- » Kurzvorstellung PRETECH
- » Projektbeispiel Flugzeuginneneinrichtung (Teilbaugruppe)
  - Aufgabenstellung
  - FEM-Modell
  - Ergebnisse
  - Fazit



All rights reserved – Copyright per DIN 34

PRETECH Predictive Design Technologies GmbH

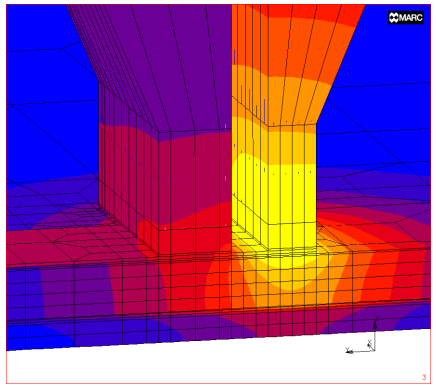
- Geschäftsführender Gesellschafter: Dr.-Ing. Stefan Reul
- Gründung: Ende 1992
- Internet: **pretech.de**
- **Reseller für PTC** (Parametric Technology), Needham, MA, USA; Schwerpunkt Simulations-Produkte
- Mitgliedschaften:
  - **Hanse-Aerospace e.V.**
  - **CAE-Forum**
  - **Hanse Supplier**

SILVER 2013
PTC ChannelAdvantage
VALUE ADDED RESELLER

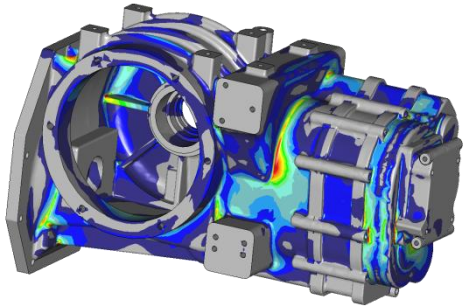
PTC®
ServiceAdvantage
AUTHORIZED TRAINING PARTNER

All rights reserved – Copyright per DIN 34

Unsere Leistungen für Sie I



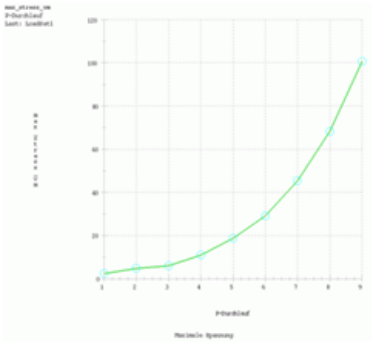
- **HighEnd Engineering** für z.B. Raumfahrt, Luftfahrt, Fahrzeugtechnik, Medizintechnik, Maschinenbau, Elektronik, Schiffbau, Konsumgüter, etc.
- **Berechnungen und Simulationen als Dienstleistung** mit Creo Simulate (MECHANICA), Autodesk Simulation CFD (CFdesign), ABAQUS explizit und Creo Parametric (Pro/ENGINEER) MDO/MDX für statische, thermische, dynamische, kinematische/kinetische, strömungsmechanische, etc. Modelle und Probleme
- **Reseller für PTC** Simulationsprodukte: Creo Simulate, MDO/MDX, etc.
- **Trainingspartner für PTC** Simulationsprodukte: Creo Simulate, MDO/MDX, etc.

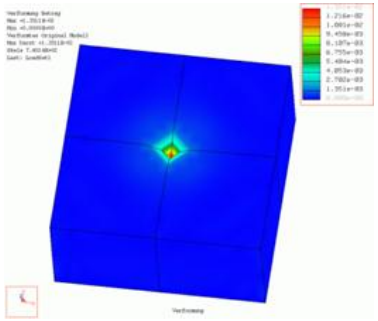


All rights reserved – Copyright per DIN 34

Unsere Leistungen für Sie II

- Lehrgänge/Unterstützung
  - **„Virtuelle Mechanik“**
    (Grundlagen der Mechanik für zukünftige FEM-Anwender)
  - **„Bewertung von Spannungen“**
    (Wie sind FEM-Ergebnisse bezüglich der statischen und Betriebsfestigkeit zu bewerten ?, eine Einführung)
  - **„COMPOSITE|WORKS“**
    (Grundlagen der Anwendung von Faserverbunden, „konstruieren“ + „berechnen“ + „fertigen“)
  - **„Einführung in Creo Simulate (MECHANICA)“**
    (Umgang mit diesem FEM-/GEM-System)
  - **„Wärmeübertragung“**
    (Arbeiten mit Temperaturfeldern und Wärmedehnung)
  - **„MKS-System“**
    (Mehr-Körper-Dynamik mit MDO/MDX)
  - **„Implementierungs-Beratung für Berechnungssysteme“**
    (Management der Einführung, sowie Training und Consulting)



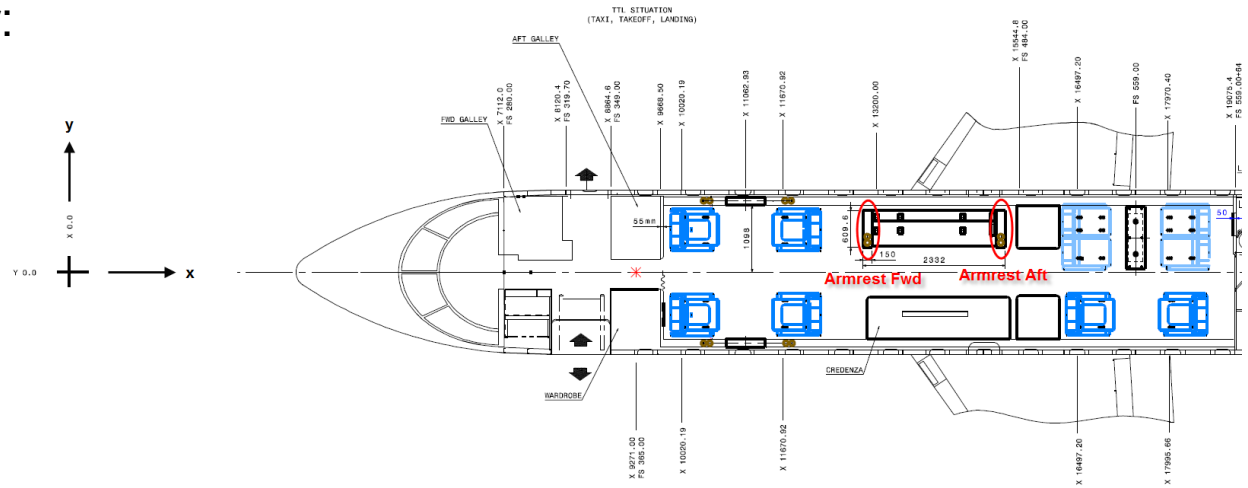


All rights reserved – Copyright per DIN 34

Projektbeispiel „Armrest“ I

» Aufgabenstellung I

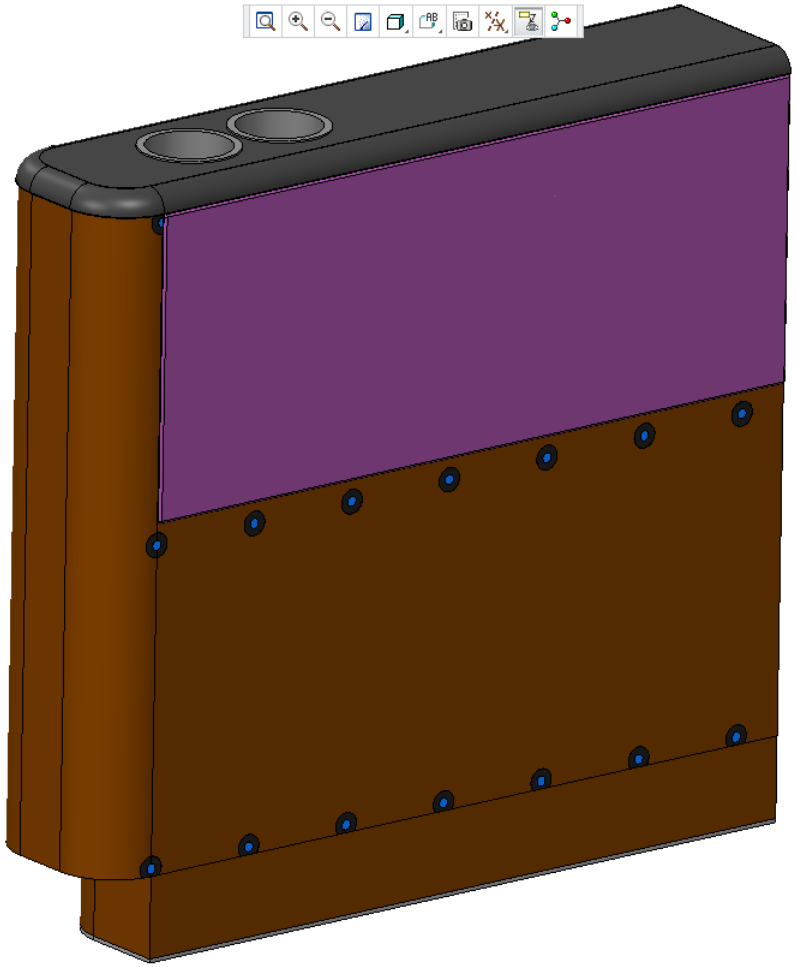
- Eine Armlehne für eine Flugzeug-Sitzbank muss strukturmechanisch bei diversen Beschleunigungs-Lasten (z.B. 9,0 g vorwärts) nachgewiesen werden
- Der Korpus ist aus Sandwiches aufgebaut (ein Honeycomb-Kern und oben/unten je 2 dünne Gewebelagen; kosmetische Schichten werden vernachlässigt -> Modellierung als 5 Laminatschichten)
- Lage im Flieger:



All rights reserved – Copyright per DIN 34

Projektbeispiel „Armrest“ II

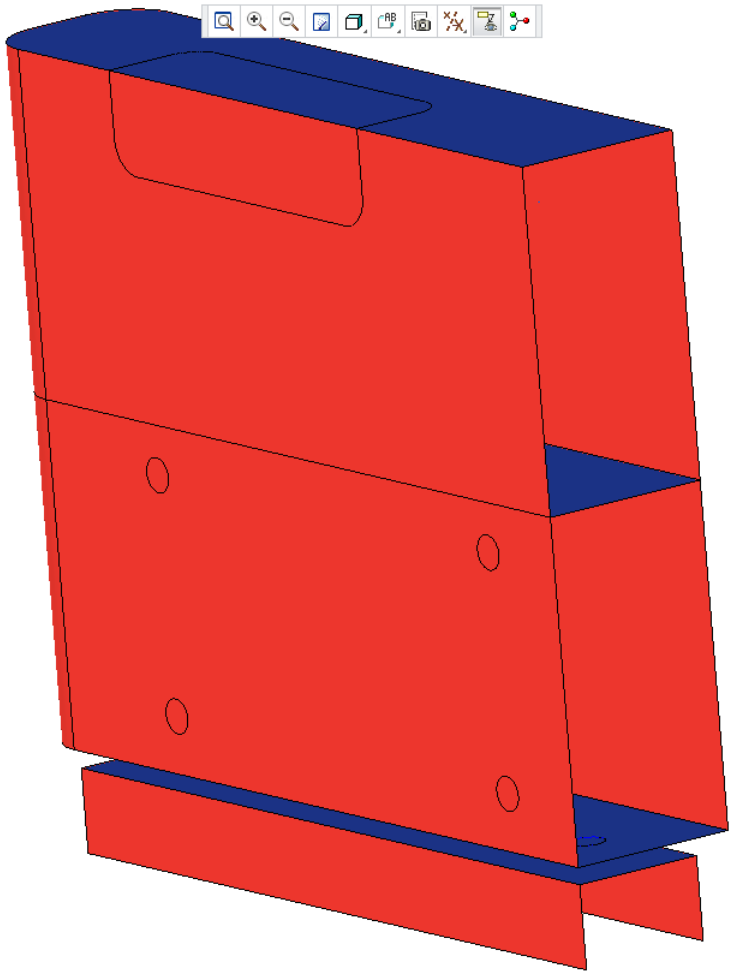
- Aufgabenstellung II
  - Geometrie:
    - 3D-CAD-STEP-Modell
  - Eingelesen in Creo Parametric (PTC)
  - Befestigung an Sitzbank: zunächst vier Verschraubungen unbekannter Position
  - „Problem“:
    - Nur endgültige eingebaute Version ist für EASA-Freigabe zulässig!!



All rights reserved – Copyright per DIN 34

Projektbeispiel „Armrest“ III

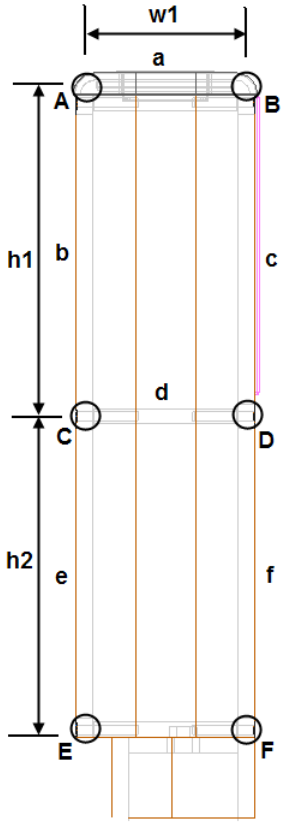
- Aufgabenstellung III
  - Basis-Design:
    - 2 Typen SandwichPlatten
    - Befestigung untereinander: Teile verstiftet und verklebt
  - Mittenflächen-Schalen
  - Eigenschaften:
    - Kern: orthotrop
    - Decklagen: transversal isotrop je unidirektionale Schicht

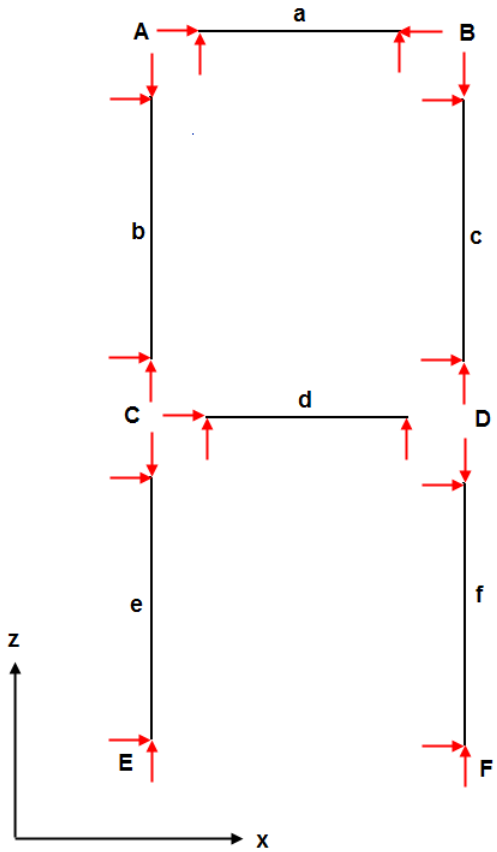


All rights reserved – Copyright per DIN 34

Projektbeispiel „Armrest“ IV

- Aufgabenstellung IV
  - Diverse Beschleunigungs-Lasten
  - Beim Beispiel: 1 g vorwärts -> da linear auch für 9 g nutzbar
  - Lagerung: vorläufig 4 Stellen an den Seiten e/f
  - Bestimmung der Verformungen und Spannungen in allen Schichten
  - Bestimmung aller Kräfte und Momente an den Eckstößen A bis F

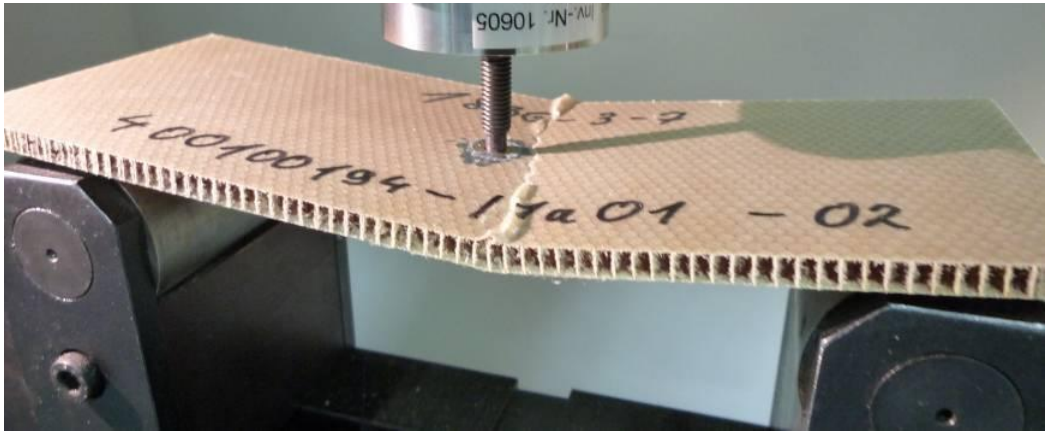




All rights reserved – Copyright per DIN 34

Projektbeispiel „Armrest“ V

- Material-Limits
  - Für die eingesetzten Materialien bzw. Baugruppen (Sandwich-Platten) müssen geeignete Grenzwerte definiert werden
  - In umfangreichen Messungen wurden maximal zulässige Spannungen und Lasten (Kräfte und Momente) ermittelt

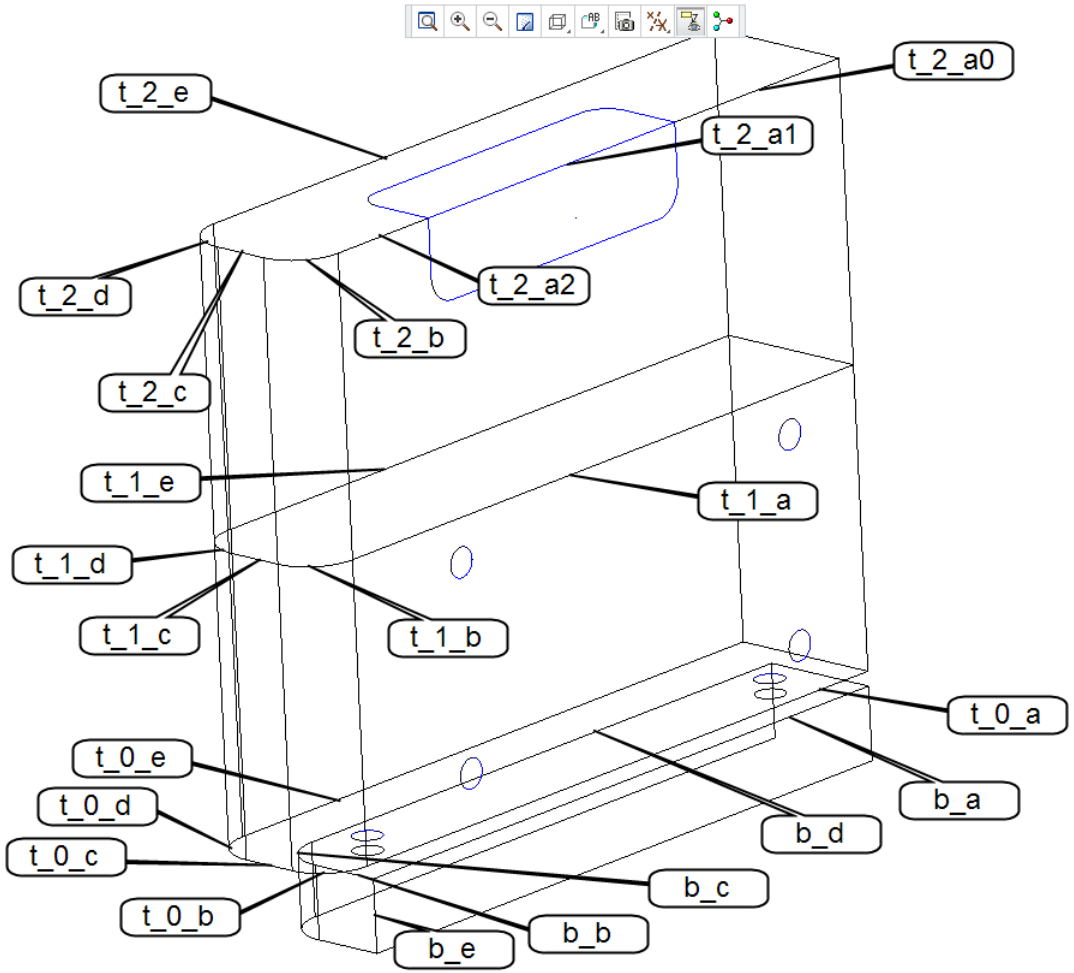


  - Dazu nötig: Zug-, Druck-, Scher-und Biegeversuche für alle vorkommenden Konfigurationen
  - Wichtig dabei: Statistik
  - Es sind die jeweils geringsten Festigkeitswerte (z.B. -2σ) als Limits zu wählen
  - Weiterhin: Berücksichtigung von z.B. Temperaturschwankungen und Luftfeuchte durch Sicherheitsfaktoren

All rights reserved – Copyright per DIN 34

Projektbeispiel „Armrest“ VI

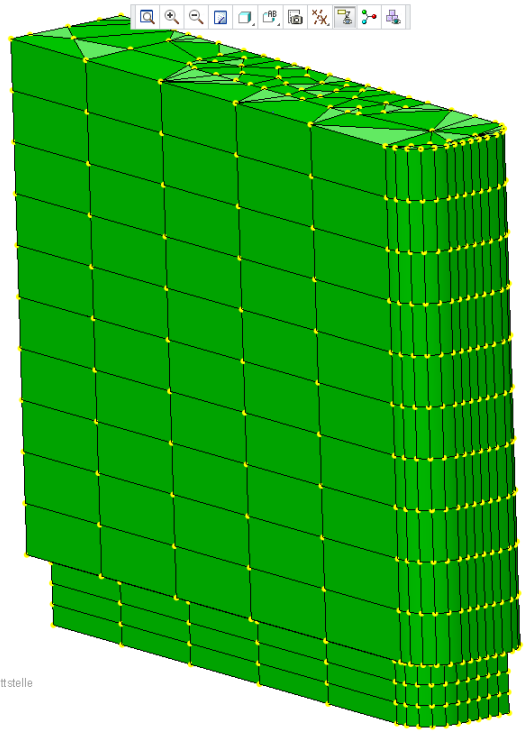
» FEM-Modell I
- Modell enthält vituelle Messungen (siehe Bild) für Kräfte/Momente an allen nachzuweisenden Stellen (Stifte, Inserts, Verklebungen, etc.)
- Spannungen an diesen Stellen werden nicht ausgewertet (können singulär sein), nur die Lasten (Kräfte und Momente)



All rights reserved – Copyright per DIN 34

Projektbeispiel „Armrest“ VII

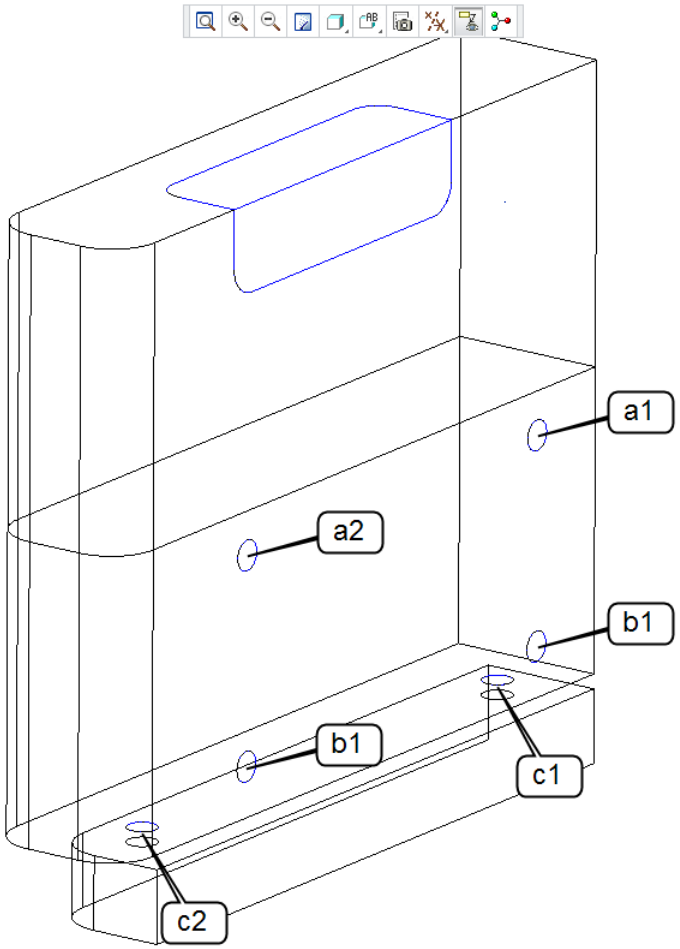
- FEM-Modell II
  - Idealisierung mit Schalen (Laminate)
  - Modellaufbau und statische Analysen mit Creo Simulate 2.0 gerechnet
  - Wichtige Merkmale von Creo Simulate:
    - Dank der P-Methode kann eine präzise Aussage zur numerischen Qualität einer Analyse gemacht werden -> zuverlässige Ergebnisse
    - Je nach Analyse-Art werden automatisch die richtigen Elemente ausgewählt -> keine Element-Zuordnungs-Fehler
    - Die Geometrie-Elemente folgen exakt der Geometrie (GEM) -> keine geometrischen Fehler durch „Knicke“
    - Details bitte bei mir oder am PTC-Stand erfragen



All rights reserved – Copyright per DIN 34

Projektbeispiel „Armrest“ VIII

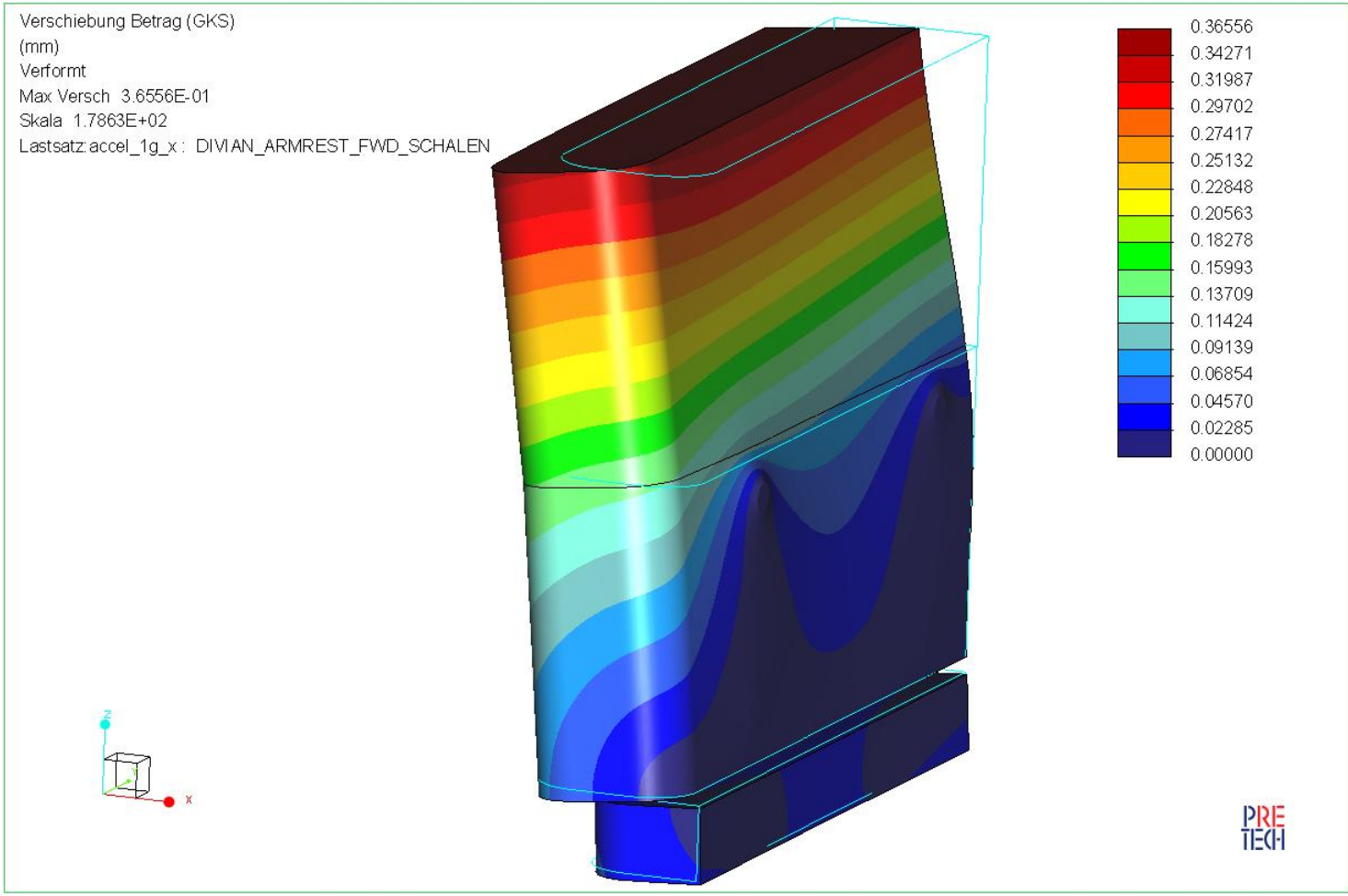
- Vorgehen/Ergebnisse
  - Teilweise parmetrisiertes 3D-CAD-Modell erstellt
  - FEM-Modell muss von der Geometrie direkt abgeleitet sein und bei Änderungen die FEM-Modell-Definitionen „mitziehen“
  - Gilt insbesondere für alle von Hand definierten Messungen (siehe vorige Folien)



All rights reserved – Copyright per DIN 34

Projektbeispiel „Armrest“ IX

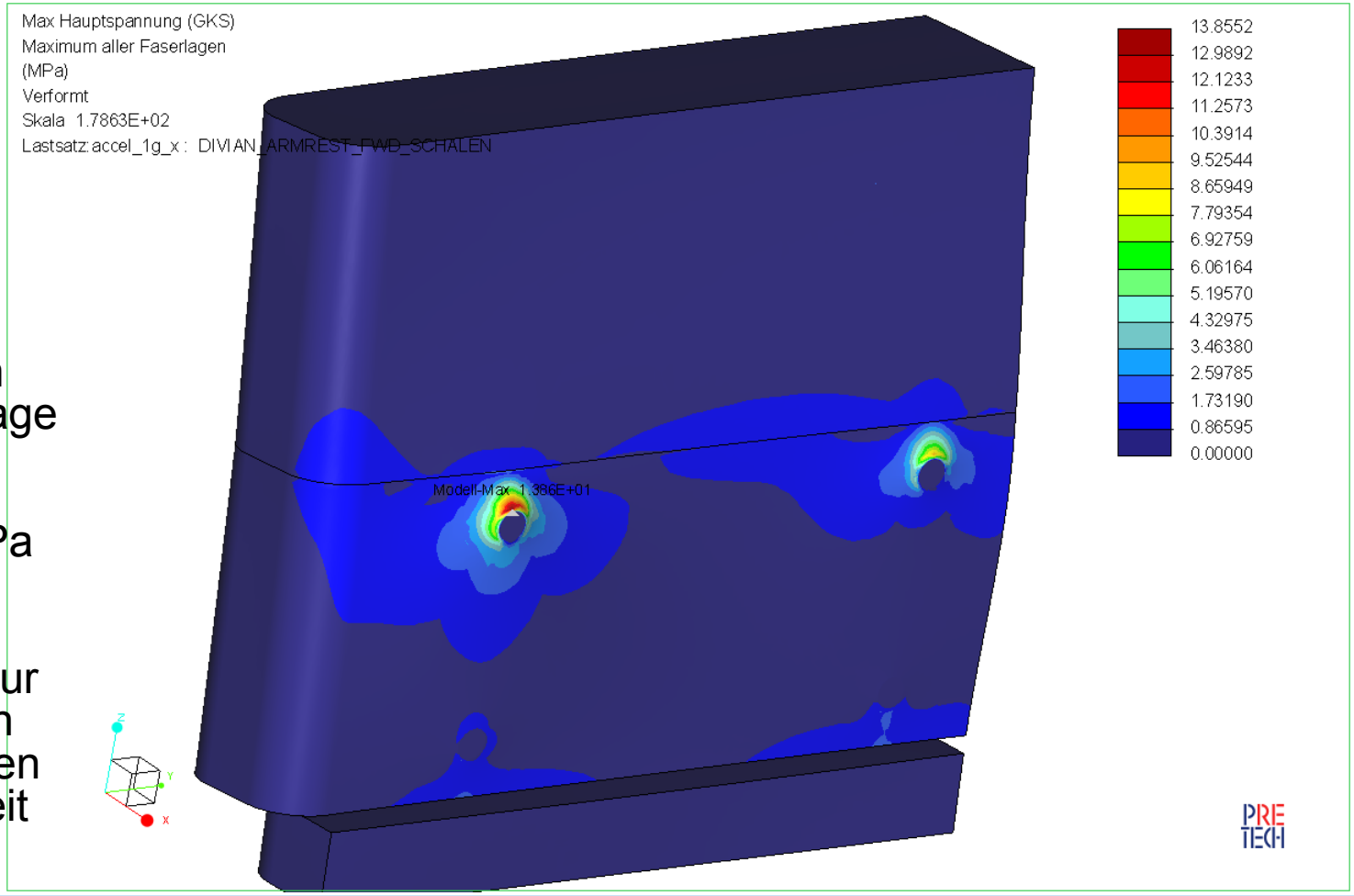
- Verformung
  - Lastfall „Vorwärts“ (hier 1 g)
  - Max. Verformungs-Betrag 0,366 mm
  - Bei 9 g wären das 3,37 mm



All rights reserved – Copyright per DIN 34

Projektbeispiel „Armrest“ X

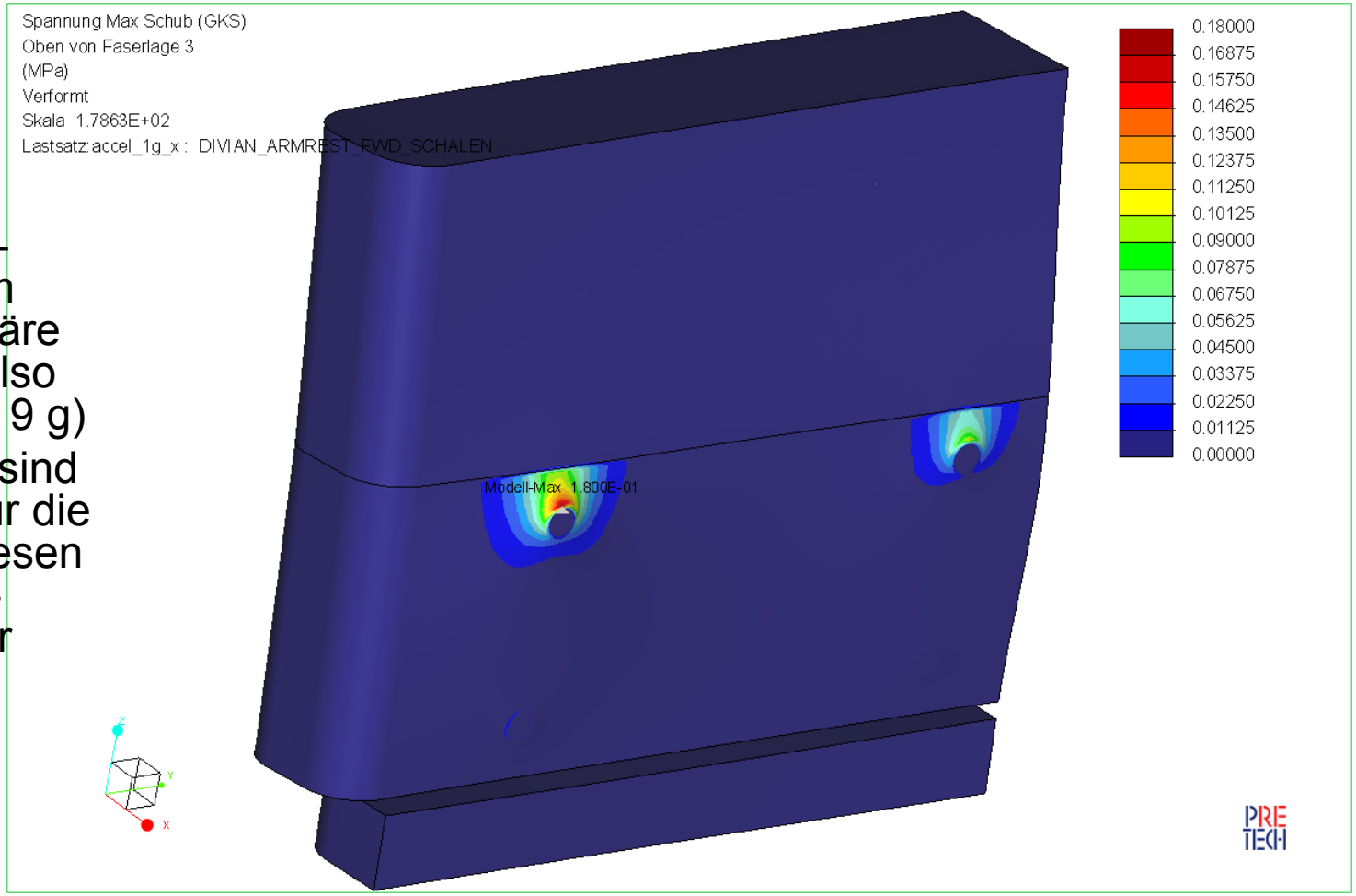
- Spannungen I
  - Lastfall „Vorwärts“ (hier 1 g)
  - Max. der Maximalen Haupt-spannung in einer Decklage (singuläre 13,86 MPa, also 125 MPa bei 9 g)
  - Auswertbar sind somit nur die Kräfte an diesen Stellen (Zugfestigkeit der Inserts)



All rights reserved – Copyright per DIN 34

Projektbeispiel „Armrest“ XI

- Spannungen II
  - Lastfall „Vorwärts“ (hier 1 g)
  - Max. Schub-spannung im Kern (singuläre 0,18 MPa, also 1,6 MPa bei 9 g)
  - Auswertbar sind auch hier nur die Kräfte an diesen Stellen(Zug-festigkeit der Inserts)



All rights reserved – Copyright per DIN 34

Projektbeispiel „Armrest“ XII

» Fazit
- In diesem Fall sind alle Limits erfüllt
- Da die anfänglich angenommenen Befestigungsstellen nicht der Einbausituation entsprechen, mussten diese verschoben werden und alle Analysen (insgesamt 7 Lastfälle) erneut berechnet und ausgewertet werden
- Wichtig dazu ist mindestens eine teil-parametrisierte 3D-Geometrie, die das Berechnungs-Modell ebenfalls automatisch modifiziert
- Wichtig für eine zuverlässige Bewertung der Ergebnisse sind die statistisch relevanten Messungen der nötigen Eigenschaften aller verbauten Komponenten (Minimalwerte) um eine ausreichende Qualität nachzuweisen
- Physikalische Tests an den Möbel-Komponenten sind nicht opportun, da jeweils nur ein Modul hergestellt wird (zu zeit- und kostenintensiv)

All rights reserved – Copyright per DIN 34

Danke !

» Fragen ?

» Kommentare ?

» Bitten ?

» Bei Fragen zu Creo Simulate bitte mich kontaktieren oder auf dem Stand von PTC nachfragen

All rights reserved – Copyright per DIN 34