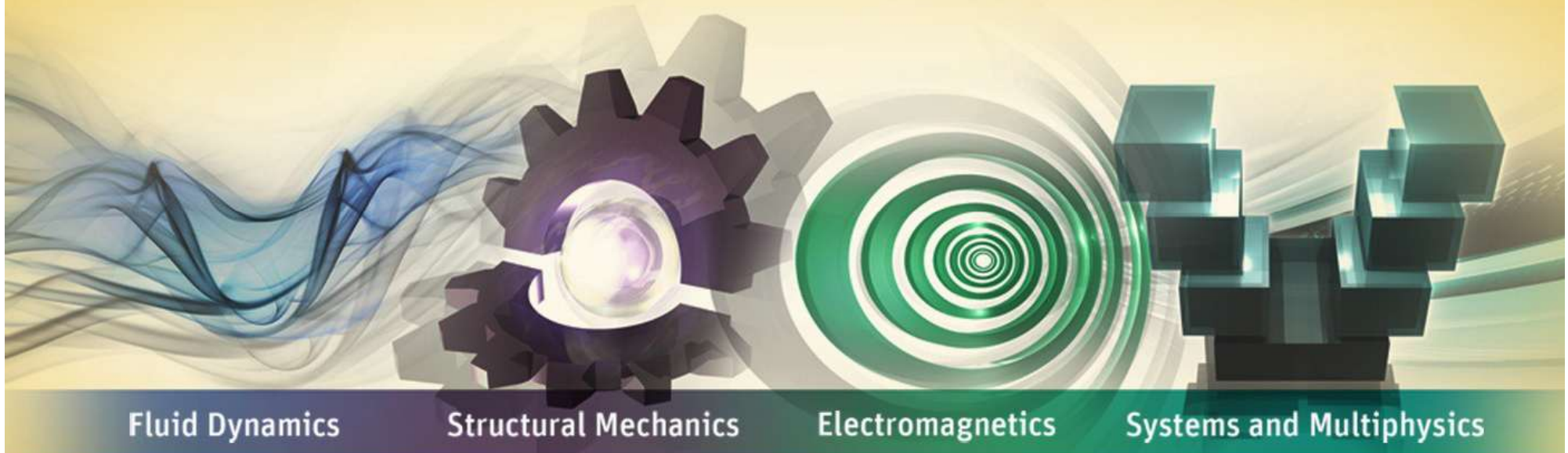


# Auslegung einer Hubschrauber-Rumpfstruktur in Composite-Bauweise



Fluid Dynamics

Structural Mechanics

Electromagnetics

Systems and Multiphysics

**thomas.hirche@ansys.com, Juni 2013**

**EVEN – Evolutionary Engineering AG**  
Technoparkstrasse 1  
8005 Zurich  
Switzerland

**Phone:** +41 (0) 44 500 93 60  
**Fax:** +41 (0) 44 500 93 61  
**Mail:** [info@even-ag.ch](mailto:info@even-ag.ch)  
**Web:** [www.even-ag.ch](http://www.even-ag.ch)

- **Über uns**
- **Gesamtüberblick Marengo SKYe SH09**
- **Strategie Composite-Auslegung komplexer Strukturen**
- **Herangehensweise Hubschrauber – Gesamtmodell**
- **ANSYS ACP – Aspekte der Modellierung von Composite-Strukturen**
  - **Assoziativität**
  - **Referenzrichtung und Aufbaurichtung des Laminates**
  - **Von der Einzellage zum Laminat**
  - **Versagensanalyse für Composites**
  - **Fertigungsdaten und Fertigung**



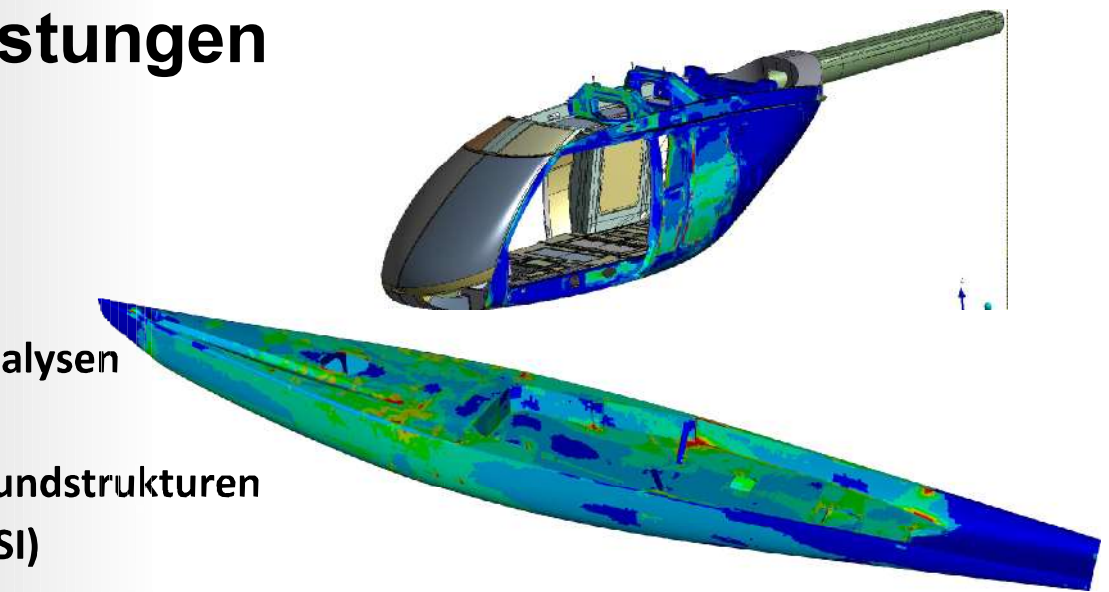
In Zusammenarbeit mit  
Marengo Swiss Helicopter

- Spin-Off der ETH-Zürich
- Gründer:
  - **O. König**                    **Dr. sc. techn.**
    - Dissertation: Evolutionary design optimization: Tools and applications.
  - **M. Wintermantel**        **Dr. sc. nat.**
    - Dissertation: Design-encoding for evolutionary algorithms in the field of structural optimization
  - **N. Zehnder**                    **Dr. sc. techn.**
    - Dissertation: Global Optimization of Laminated Structures
- Mitarbeiter:        12
- Gründung:            2004
- ANSYS Switzerland: since April 2013



# EVEN Kernkompetenzen I: Ingenieur Dienstleistungen

- Dienstleistungen
  - Optimierungstechnologien
  - Finite Element Simulationen und Analysen
  - CAD-Technologien
  - Entwurf und Analyse von Faserverbundstrukturen
  - Iterative Fluid-Struktur-Kopplung (FSI)
- Einige Referenzen
  - United Internet Team Germany (Americas Cup) (D)
  - BMW Oracle (Americas Cup) (USA)
  - StarragHeckert AG (CH)
  - BBS Kraftfahrzeugtechnik AG (D)
  - VESTAS (DK)
  - Ferrari Gestione Sportiva (I)
  - REpower (D)



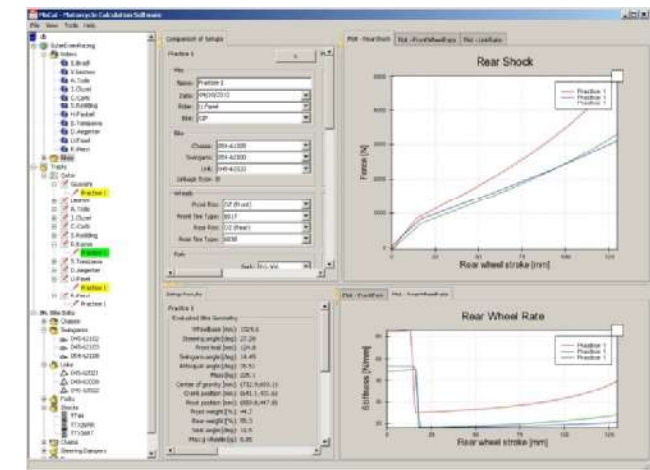
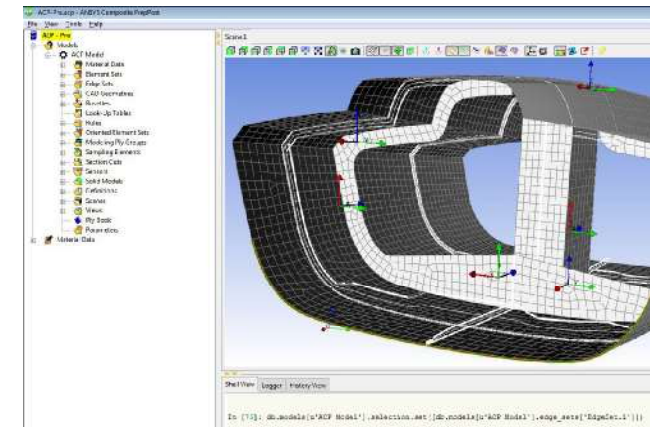
# EVEN Kernkompetenzen II: Software Entwicklung

- **Products**

- **ACP - Ansys Composite PrepPost**  
Pre- und Postprozessor für die Finite Elemente Analyse von Faserverbundstrukturen
- **OpLyX - Generische Optimierungsumgebung**
- **CoLyx - The Coupling Library eXperiment (FSI)**
- **MoCal - Geometrische Analyse von Rennmotorrädern**
- Mehr Produkte finden Sie unter: [www.even-ag.ch](http://www.even-ag.ch)

- **Einige Referenzen**

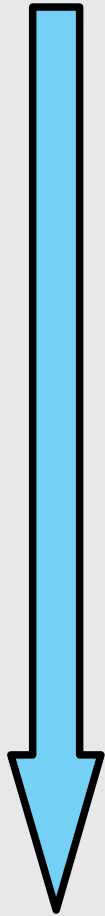
- **ANSYS (USA)**
- **Sauber F1 Team (CH)**
- **Advance AG (CH)**
- **Suter Racing Technologies (CH)**



- Marenco SKYe SH09
  - ca. 50 Mitarbeiter (Schweiz, Deutschland, Südafrika)
- Anforderungen Prototyp
  - Funktionstest
  - Validation Lasten
  - Validation Struktureigenschaften
- Prototyp – Auslegung und Konstruktion
  - ca. 25 globale Lastszenarien (Statik, Dynamik, Stabilität)
  - Zertifizierungsanforderungen aus EASA CS-27 und FAA
  - ca. 70 Composite – Strukturbauteile

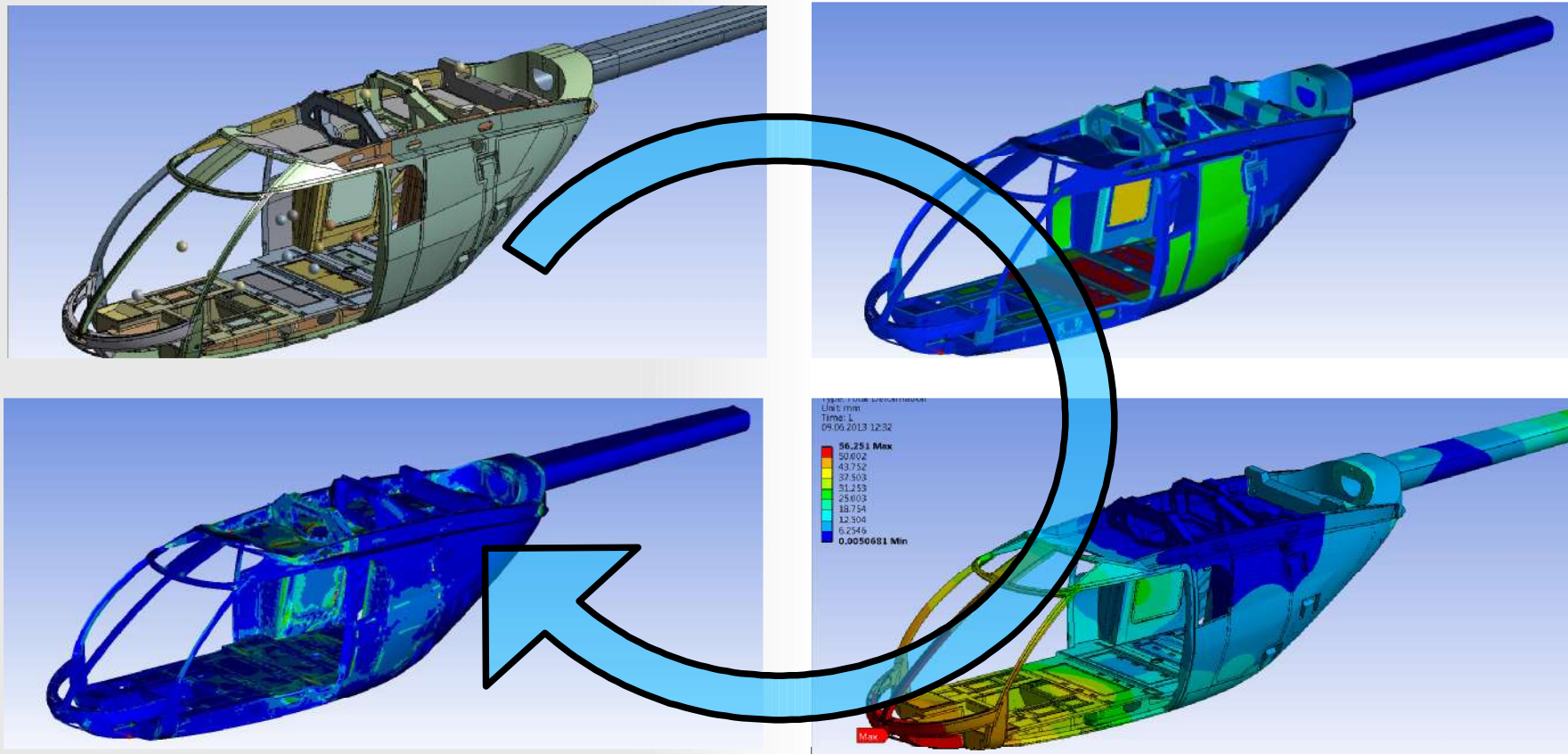


# Strategie Composite Auslegung komplexer Strukturen



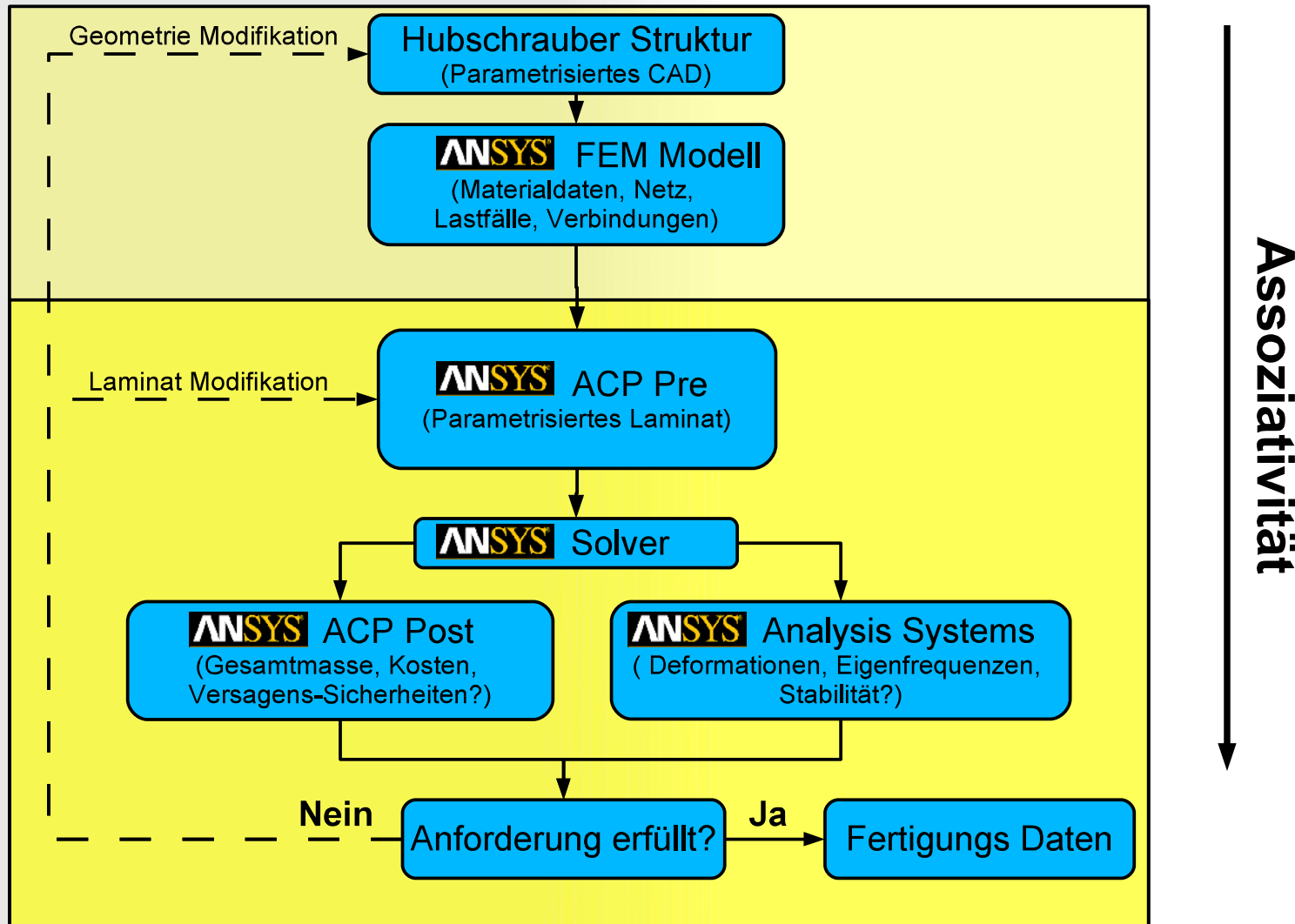
- **Isotropes Modell**
  - Ermittlung der bestimmenden Lastszenarien
  - Abschätzung der ungefähren Bauteildicken
  - Hauptspannungen und resultierende Lastpfade
  - Abschätzung der massgebenden Bauteilbeanspruchungen (Schub, Zug, Druck, Beulen)
- **Basis-Laminatmodell**
  - „Standard-Laminate“ für Schub, Zug, Druck, etc.
  - Sandwich-Regionen
- **Belastungsgerechte Laminat-Verfeinerung an jeder Teilkomponente**
  - Detailliertes Dimensionierung von Schubfeldern, unidirektionalen Verstärkung an Hauptlastpfaden, Sandwich oder Stringer an beulgefährdeter Strukturregionen

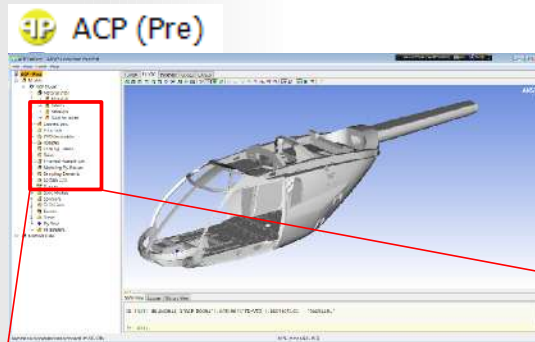
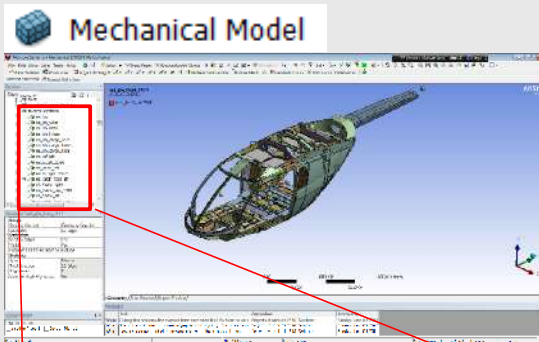
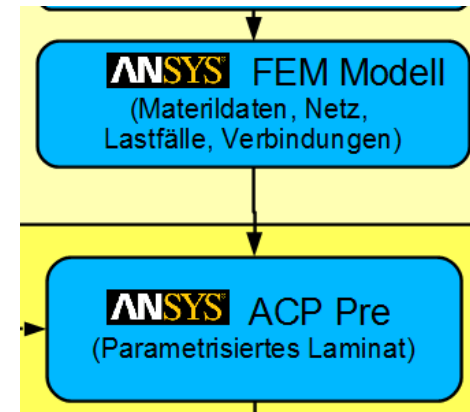
# Herangehensweise Hubschrauber Gesamtmodell





# Herangehensweise Hubschrauber Gesamtmodell





**Named Selections**

- els\_bw
- els\_bh\_vorn
- els\_bh\_mitte
- els\_bh\_hinten
- eds\_frame\_left
- eds\_frame\_right
- eds\_frame\_aft

**Element Sets**

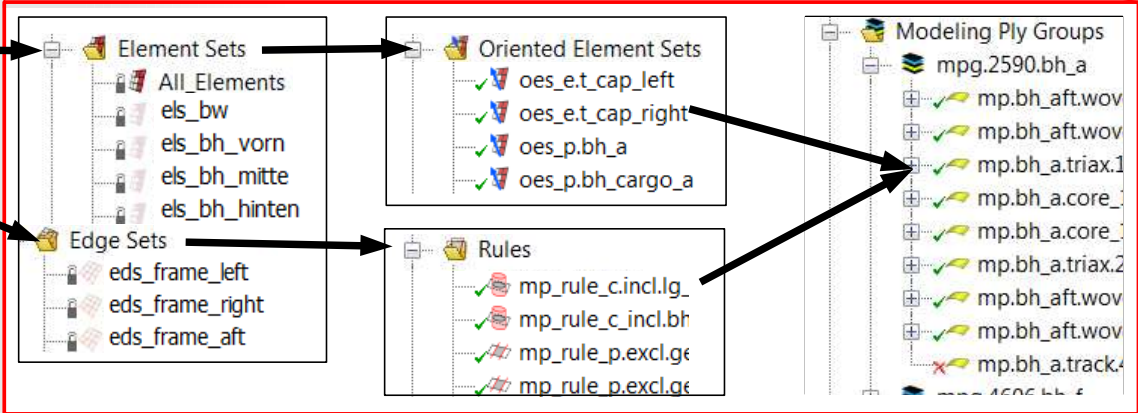
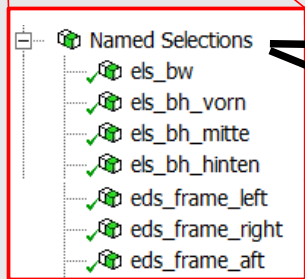
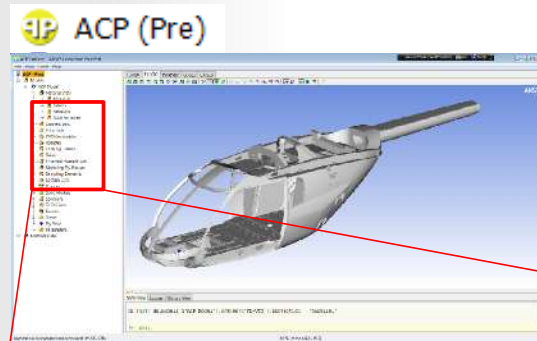
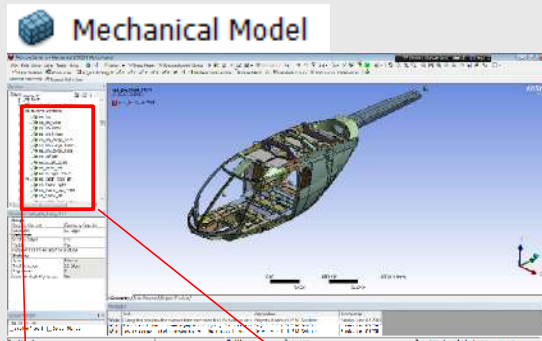
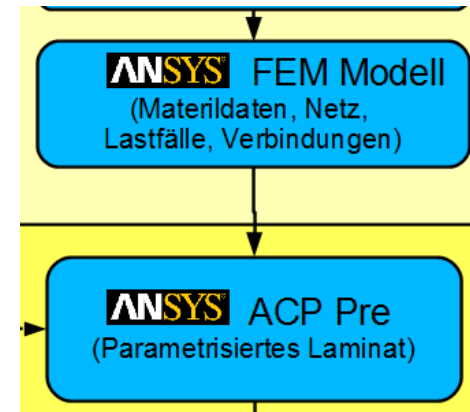
- All\_Elements
- els\_bw
- els\_bh\_vorn
- els\_bh\_mitte
- els\_bh\_hinten

**Edge Sets**

- eds\_frame\_left
- eds\_frame\_right
- eds\_frame\_aft

- Separate Strukturbauteile
- Bauteil-Regionen
- Bauteil-Kanten

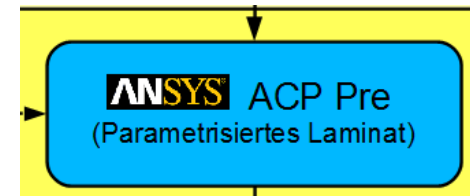
# ANSYS® Assoziativität



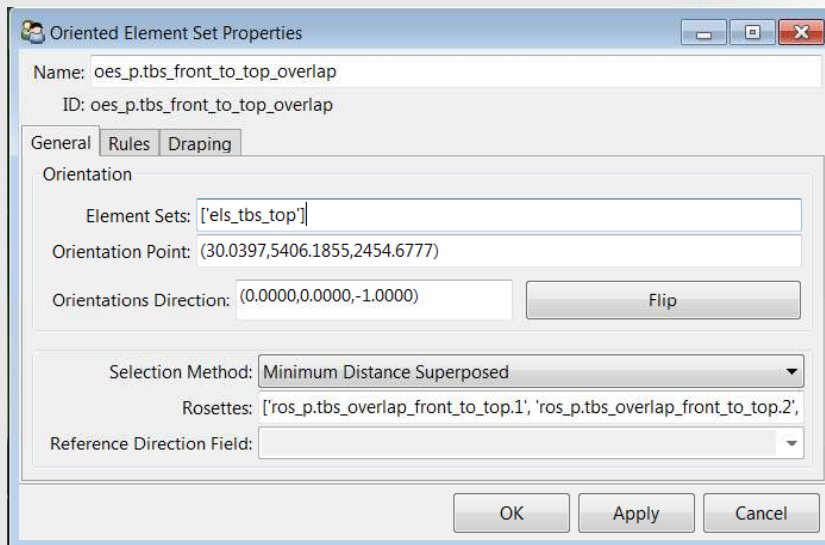
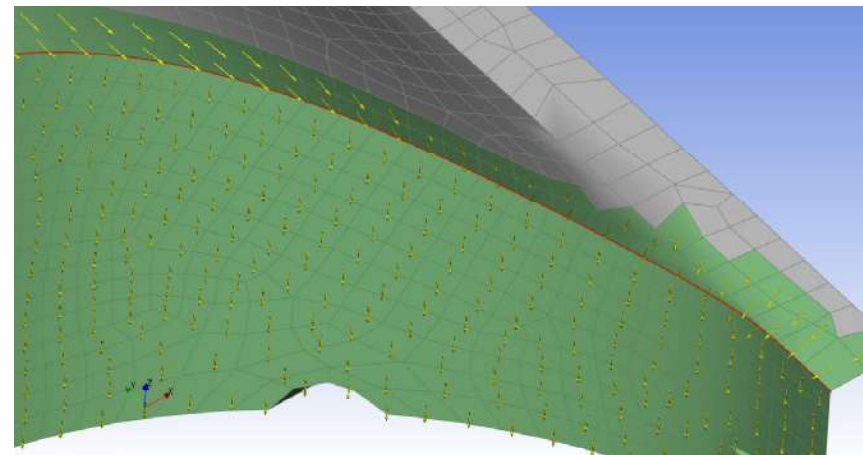
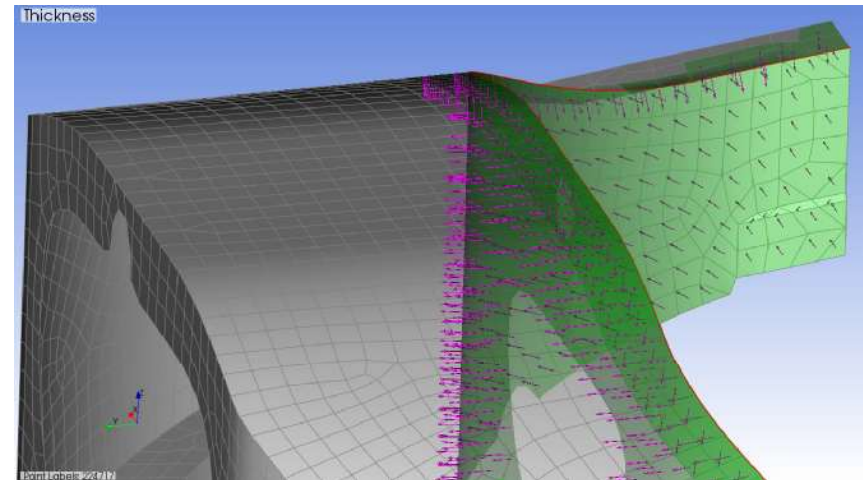
- Separate Strukturbauteile
- Bauteil-Regionen
- Bauteil-Kanten

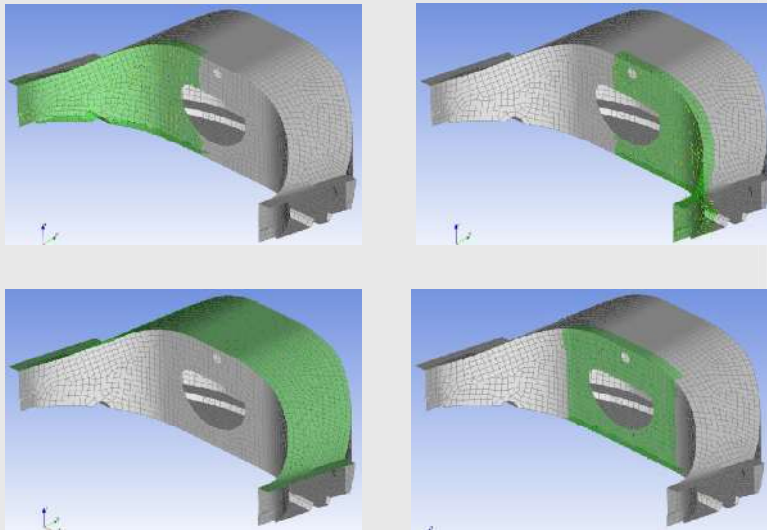


# Referenz- und Aufbaurichtung des Laminats

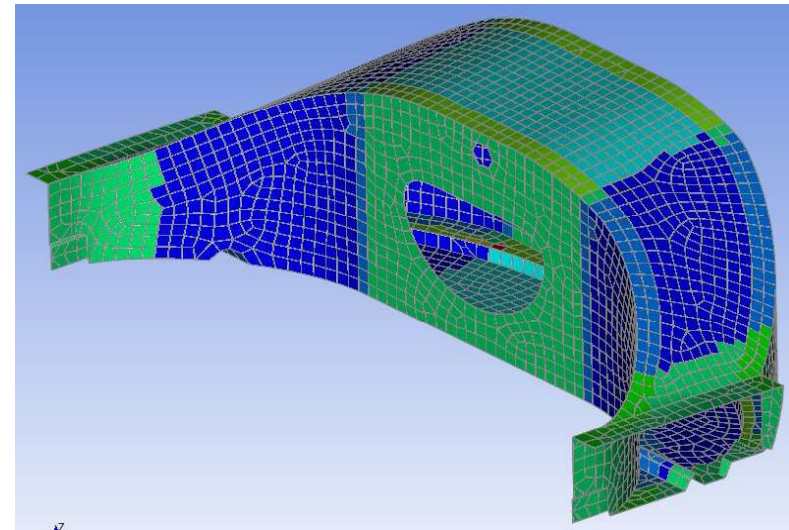


- **Oriented Element Set**
  - Definition der Aufbaurichtung des Laminats (*Orientation Direction*)
  - Variable Referenzrichtung für Faserwinkel durch Rosetten-Typ (z.B. *Edgewise Rosette*) und/oder Anwendung multipler Rosetten:





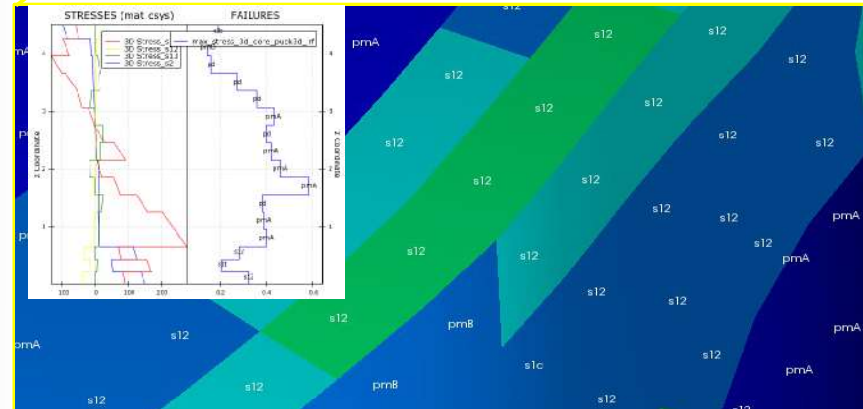
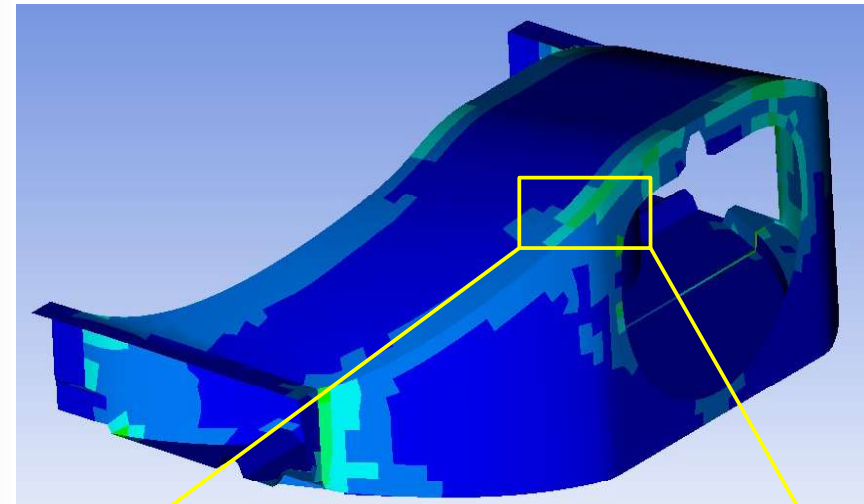
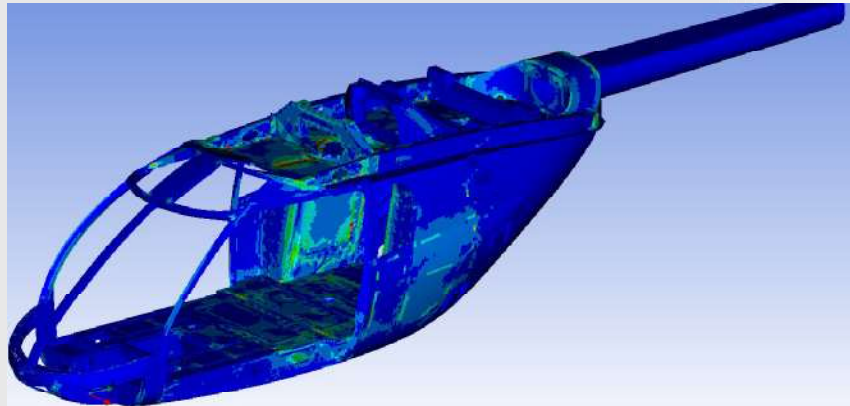
- Einzel-Lagen mit Stößen, Überlappungen.
- Schichtenweiser Aufbau.
- Lagenausdehnung ist unabhängig vom Netz und ist gesteuert durch „Rules“ und Oriented Element Sets (OES).
- „Drapierbarkeit“ durch variable Referenzrichtung des OES gegeben.



- Schichtenweiser Laminataufbau mit resultierender Dickenverteilung am Bauteil.

ANSYS ACP Post  
( Matrix, Faser, Delamination  
Versagen?)

- Versagensanalyse der Gesamtstruktur
  - Partielle Anwendung verschiedener Versagenskriterien.
  - Gleichzeitige Auswertung verschiedener Lastfälle. (Envelope-Solution)
  - Darstellung des Versagenskriteriums und des entsprechenden Versagensmodus für Gesamtstruktur oder Teilbereich.
  - Darstellung der Beanspruchung jeder Lage durch Sampling Plot



- Plybook für jedes separates Bauteil
  - Automatisierte Erstellung der Plybooks für jedes Bauteil.
  - Detaillierte Ansichten jeder Einzellage, deren Ausdehnung und Faserorientierung in jeder Bauteilzone.
  - Angabe von Material, Kosten, Gewicht.

ANSYS Composite PrepPost

### Ply Book

REVISION A

**Table of Contents**

Legend	5
Chapter - prep_S259.tbs	7
Ply P1__mp_tbs_all_woven_3 (ID: ProductionPly_1808)	8
Ply P1__mp_tbs_all_woven_5 (ID: ProductionPly_1809)	10
Ply P1__mp_tbs_all_woven_8 (ID: ProductionPly_1810)	12
Ply P1__mp_tbs_all_woven_7 (ID: ProductionPly_1811)	14
Ply P1__mp_tbs_all_woven_local_1 (ID: ProductionPly_1812)	16
Ply P2__mp_tbs_all_woven_local_1 (ID: ProductionPly_1813)	18
Ply P2__mp_tbs_all_woven_local_2 (ID: ProductionPly_1814)	19
Ply P2__mp_tbs_all_woven_local_3 (ID: ProductionPly_1815)	21
Ply P2__mp_tbs_all_woven_local_5 (ID: ProductionPly_1816)	22
Ply P2__mp_tbs_all_woven_local_3 (ID: ProductionPly_1817)	24
Ply P2__mp_tbs_all_woven_local_7 (ID: ProductionPly_1818)	26
Ply P2__mp_tbs_all_woven_local_7 (ID: ProductionPly_1818)	27
Ply P2__mp_tbs_all_woven_local_1 (ID: ProductionPly_1820)	28
Ply P2__mp_tbs_all_woven_local_1 (ID: ProductionPly_1820)	30
Ply P1__mp_tbs_all_woven_3 (ID: ProductionPly_1822)	31
Ply P1__mp_tbs_all_woven_5 (ID: ProductionPly_1823)	33
Ply P1__mp_tbs_all_woven_8 (ID: ProductionPly_1824)	35
Ply P1__mp_tbs_all_woven_7 (ID: ProductionPly_1825)	37
Ply P1__mp_tbs_all_woven_8 (ID: ProductionPly_1826)	39
Ply P1__mp_tbs_all_woven_8 (ID: ProductionPly_1827)	41
Ply P1__mp_tbs_all_woven_7 (ID: ProductionPly_1828)	43
Ply P1__mp_tbs_all_woven_8 (ID: ProductionPly_1829)	45
Ply P1__mp_tbs_all_woven_5 (ID: ProductionPly_1830)	47
Ply P1__mp_tbs_all_woven_10 (ID: ProductionPly_1831)	49
Ply P1__mp_tbs_all_woven_11 (ID: ProductionPly_1832)	51
Ply P1__mp_tbs_all_woven_12 (ID: ProductionPly_1833)	53
Ply P1__mp_tbs_all_woven_13 (ID: ProductionPly_1834)	55
Ply P1__mp_tbs_all_woven_14 (ID: ProductionPly_1835)	57

2013-01-18 1 of 173

ANSYS Composite PrepPost

### Ply P1\_\_mp\_tbs\_all\_woven\_3 (ID: ProductionPly\_1808)

Workshop Information

Parameter	Value	Unit
Orientation	45.0	[degrees]
Material	mat_PCG205_220GPa	[ ]
Thickness	0.25	[mm]
Area	435486.216608	[mm^2]
Weight	5.00293811187946	[kg]
Cost	0.0	[\$/kg]

Modeling Information

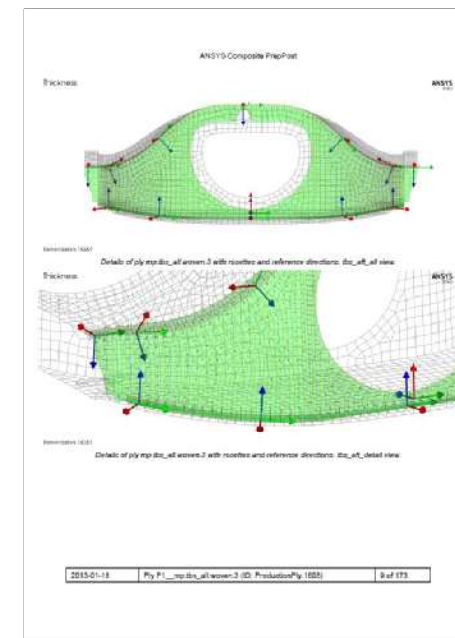
- Ply Group Name: prep\_S259.tbs (prep\_S259.tbs)
- Modeling Ply Name: mp\_tbs\_all\_woven\_3 (mp\_tbs\_all\_woven\_3)
- Ply Name: P1\_\_mp\_tbs\_all\_woven\_3 (ProductionPly\_1808)

Cutting Element

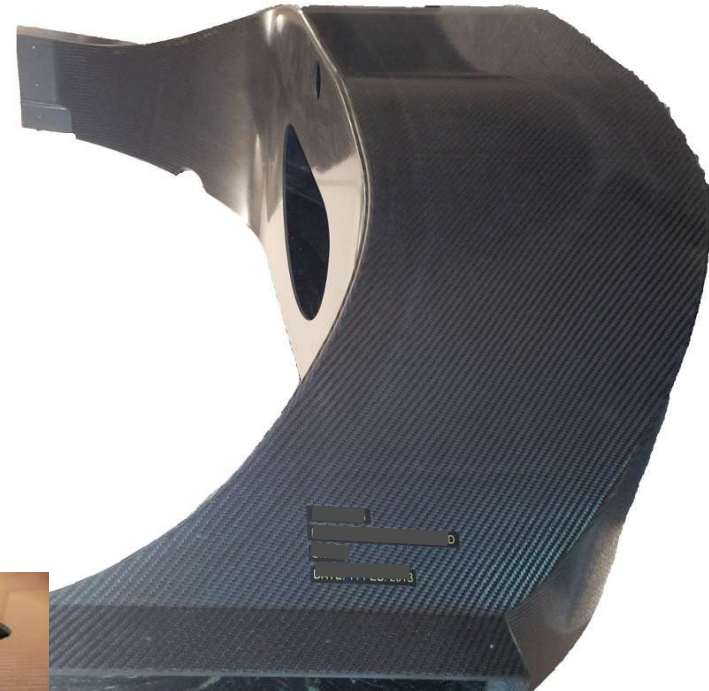
- None

Other Direction and Reference Directions

2013-01-18 Ply P1\_\_mp\_tbs\_all\_woven\_3 (ID: ProductionPly\_1808) 8 of 173



- Prüfen und Freigabe der Fertigungsanweisung
- Composite-Fertigung und Nachbearbeitung
- Bauteilprüfung
  - Massgenauigkeit
  - Verzug
  - Oberflächenqualität
  - Fehlstellenprüfung Ultraschall





## Nächste Session:

# „Auslegung und Dimensionierung des Rotorkopf- Sterns in Composite-Solidbauweise“

Rene Roos

Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit!