Aspekte der Bauteilauslegung für den Leichtbau

Technologietag „Wirtschaftlich leicht bauen“
26.03.2009, Traboch

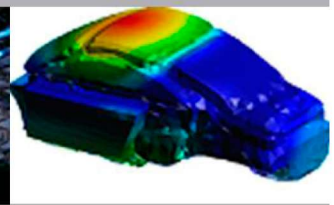
Franz Ruprechter

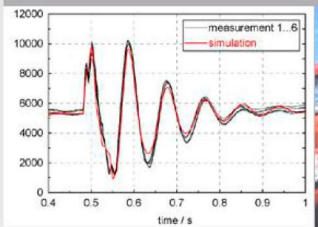
Vortragsübersicht

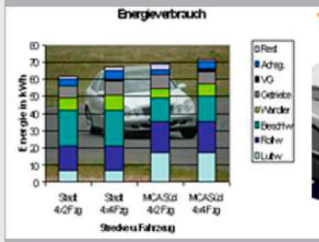
- **Einleitung**
- Simulation Steifigkeit
- Lebensdauerabschätzung
- Optimierung punktförmiger Fügestellen am Beispiel Schweißpunkt

Gesamtfahrzeugentwicklung / Aufgabenbereiche

Gesamtfahrzeug

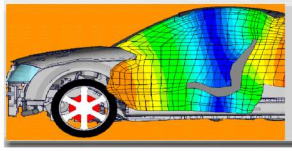
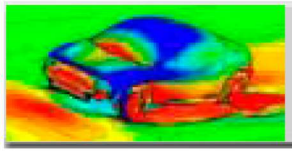




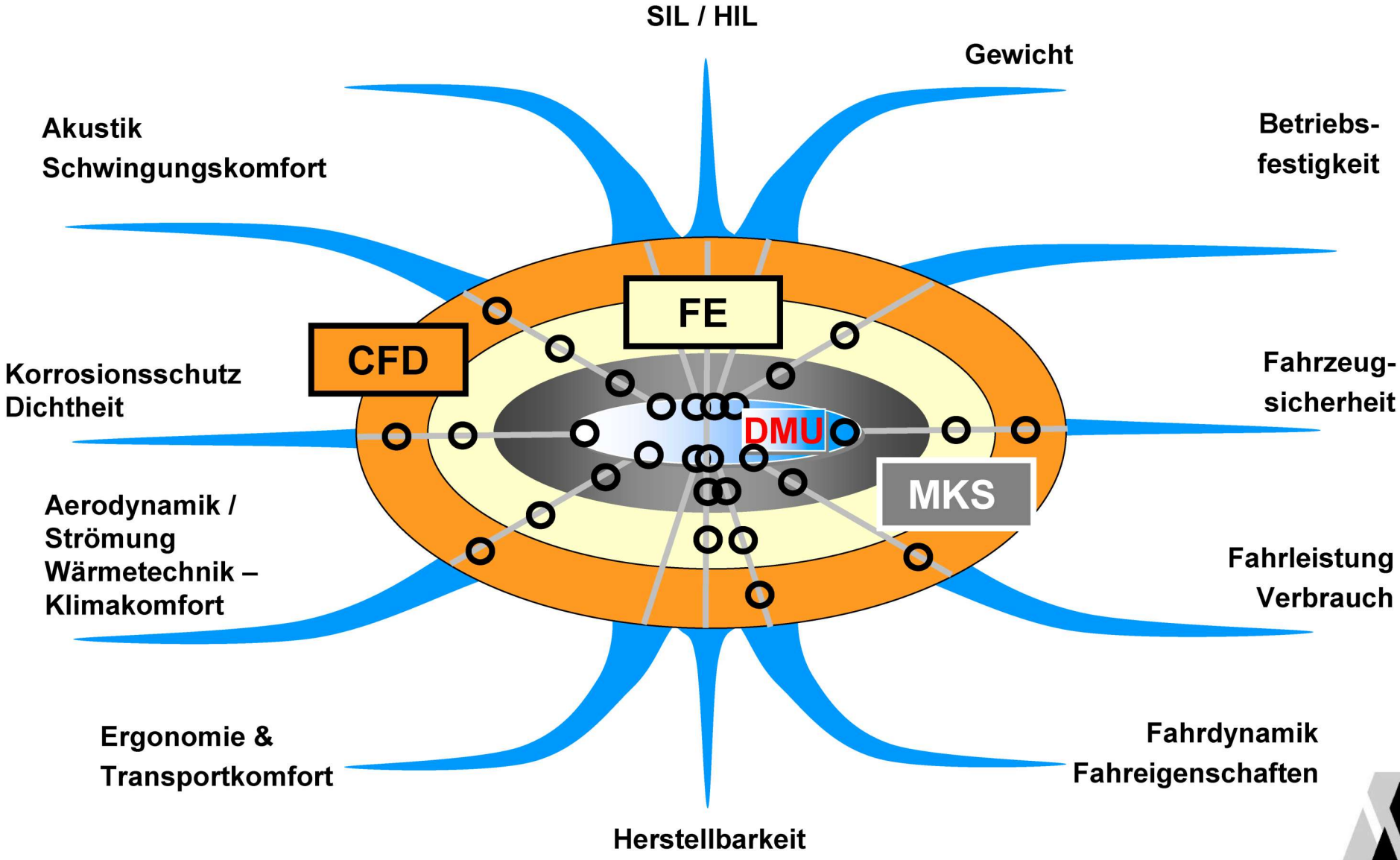


- Akustik & Schwingungskomfort
- Fahrzeugsicherheit
- Betriebsfestigkeit
- Fahrkomfort
- Fahrleistung / Verbrauch / Emission
- Ergonomie / Transportkomfort
- Aerodynamik / Wärmetechnik / Klimakomfort
- Umwelt / Recycling / HC-Emission
- Korrosion / Dichtheit, Allgemeine Funktionen

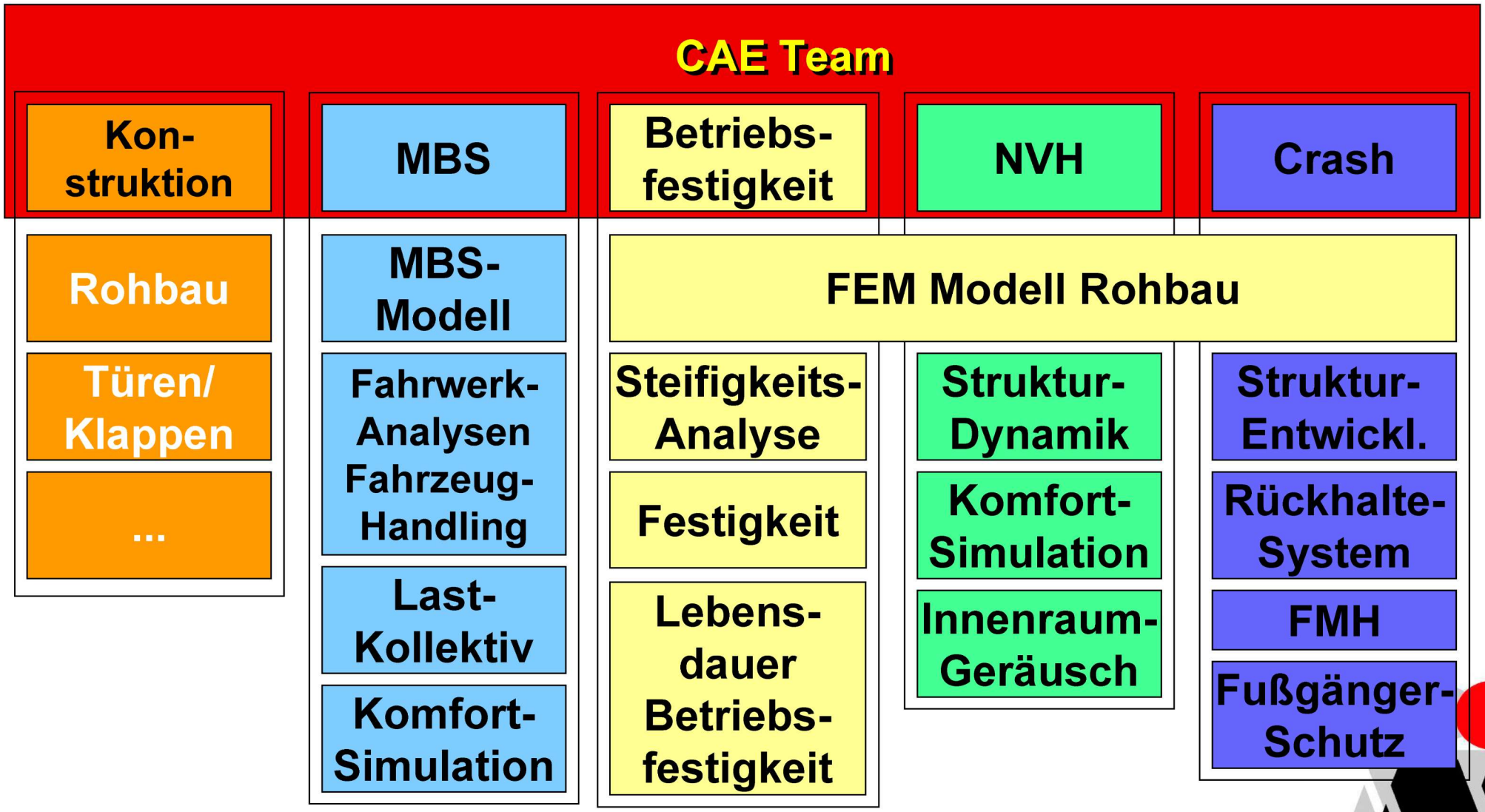
Gesamtfahrzeugentwicklung

Simulation	Erprobung	
DMU	Ergonomie	Bench-marking
MKS	Fahrdynamik	Fahrleistung Verbrauch
Betriebs-festigkeit	Betriebs-festigkeit	Umwelt, HC, Recycling
 Akustik	Akustik Komfort	Korrosion Dichtheit
Passive Sicherheit	Passive Sicherheit	Allgemeine Funktionen
 Strömung	Aero-, HVAC Wärmetech.	Messtechnik Labor

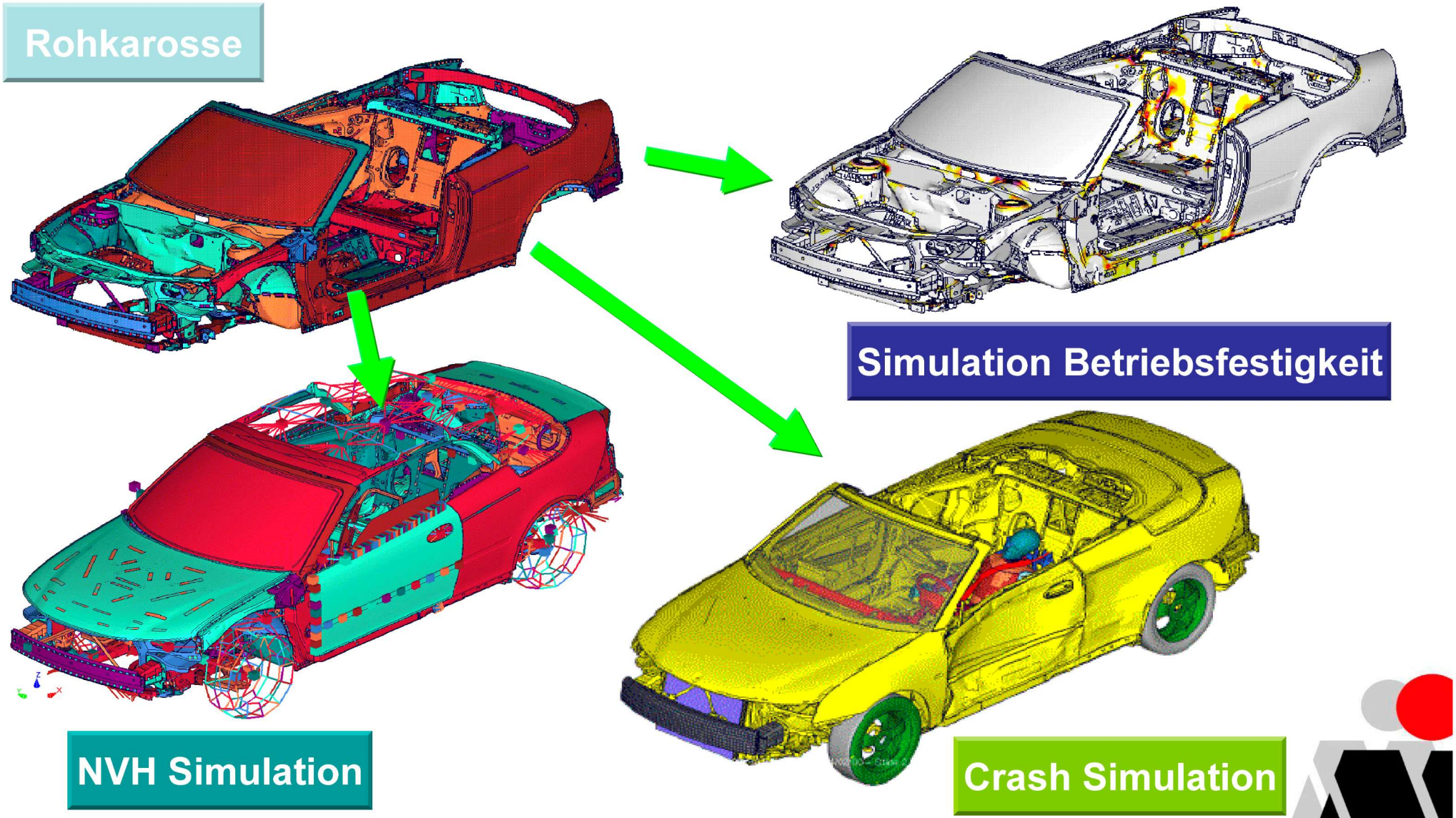
Simulation / Virtuelle Methoden - Vernetzung



CAE Entwicklungsprozess - Strukturentwicklung



Identisches Basismodell für FEM-Simulationen

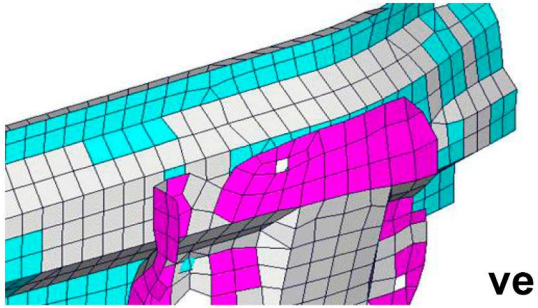


Vortragsübersicht

- Einleitung
- **Simulation Steifigkeit**
- Lebensdauerabschätzung
- Optimierung punktförmiger Fügestellen am Beispiel Schweißpunkt

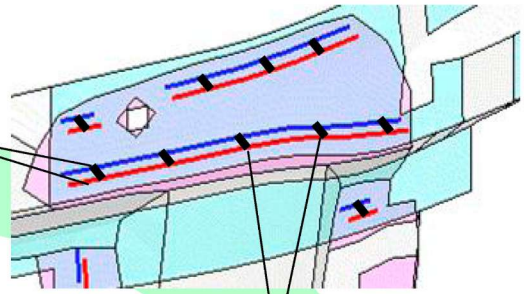
Ablauf der FE- Modellerstellung

automatisiert mit Medina / FEMSITE



Automatisch vernetzte Einzelteile

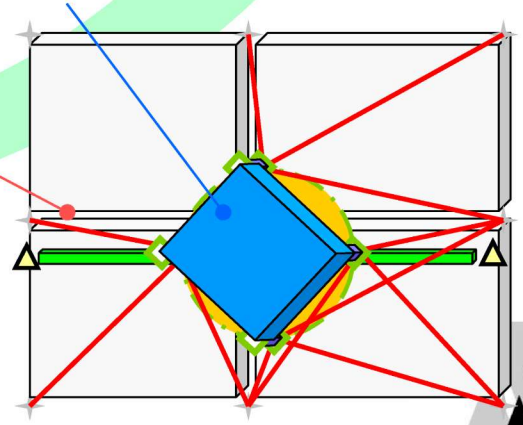
Fügestellen-Linien

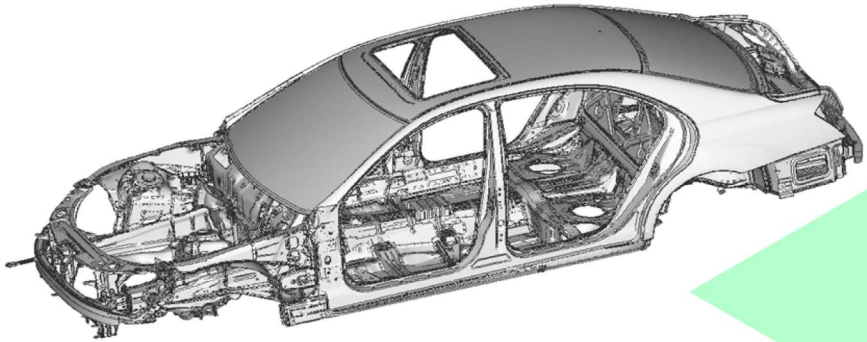


Fügestellen-Positionselemente, z.B. Schweißpunkte, Stanznieten

Fügestellen-Strukturelemente

MPC-Gleichungen

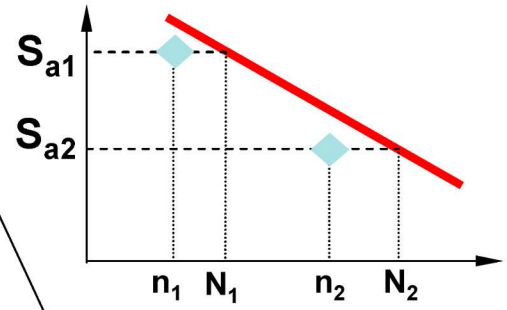




Simulation Betriebsfestigkeit - Hierarchie

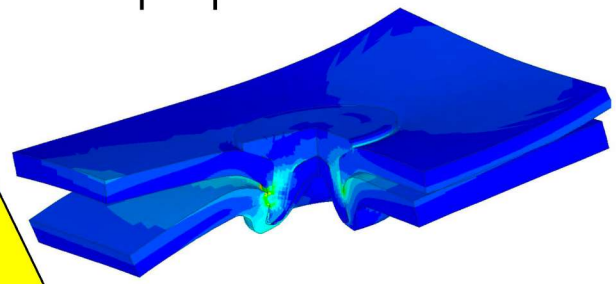
OPTIMIERUNG

LEBENSDAUER-ABSCHÄTZUNG

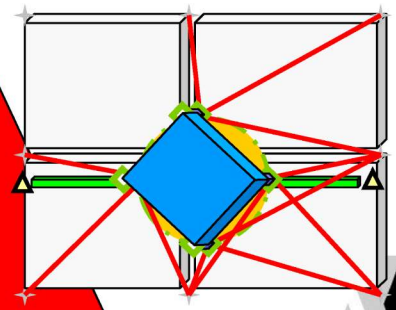


$$D = \Sigma\, n_i/N_i$$

FESTIGKEIT

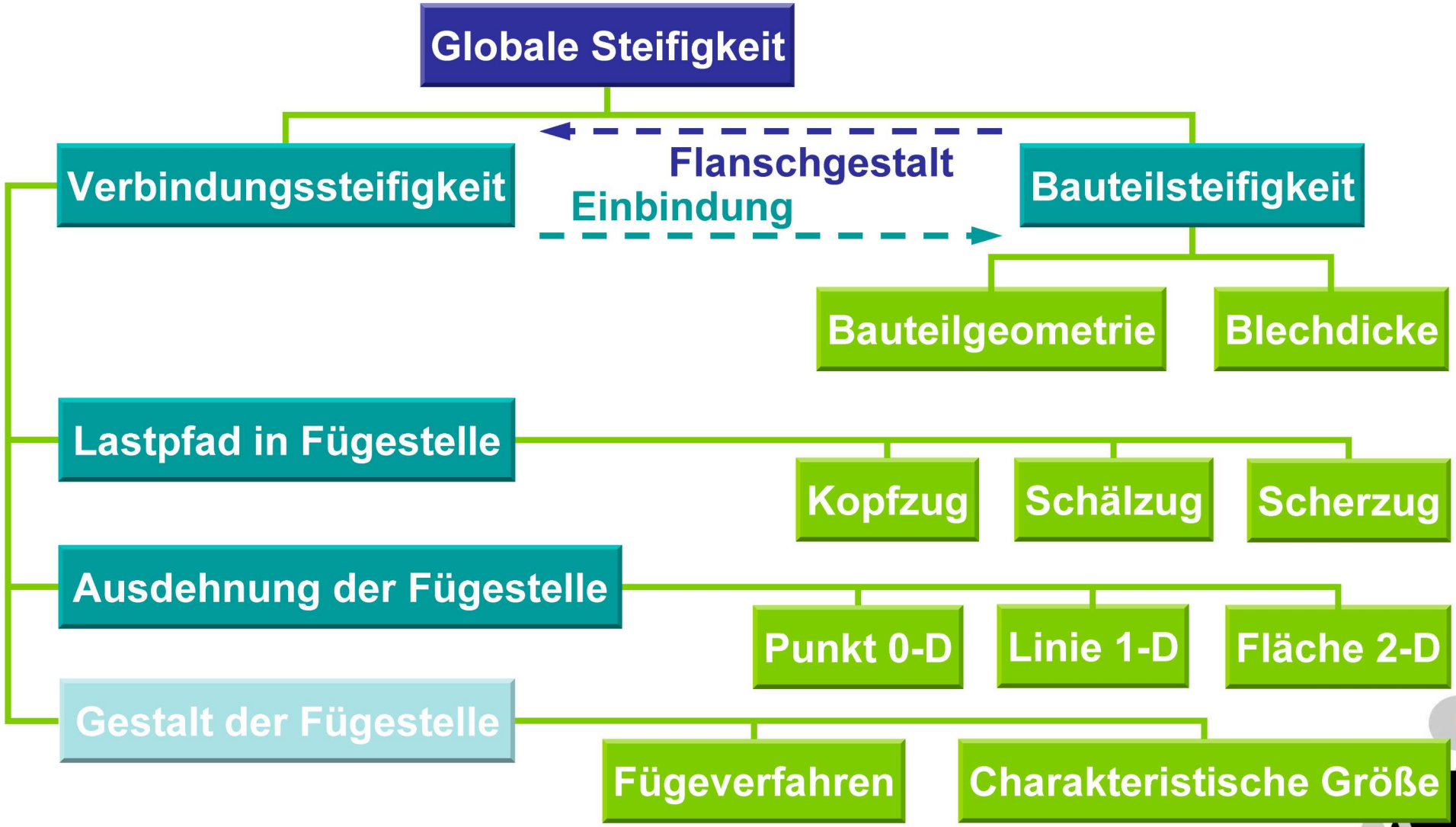


STEIFIGKEIT



Steifigkeitshierarchie in der Karosserie

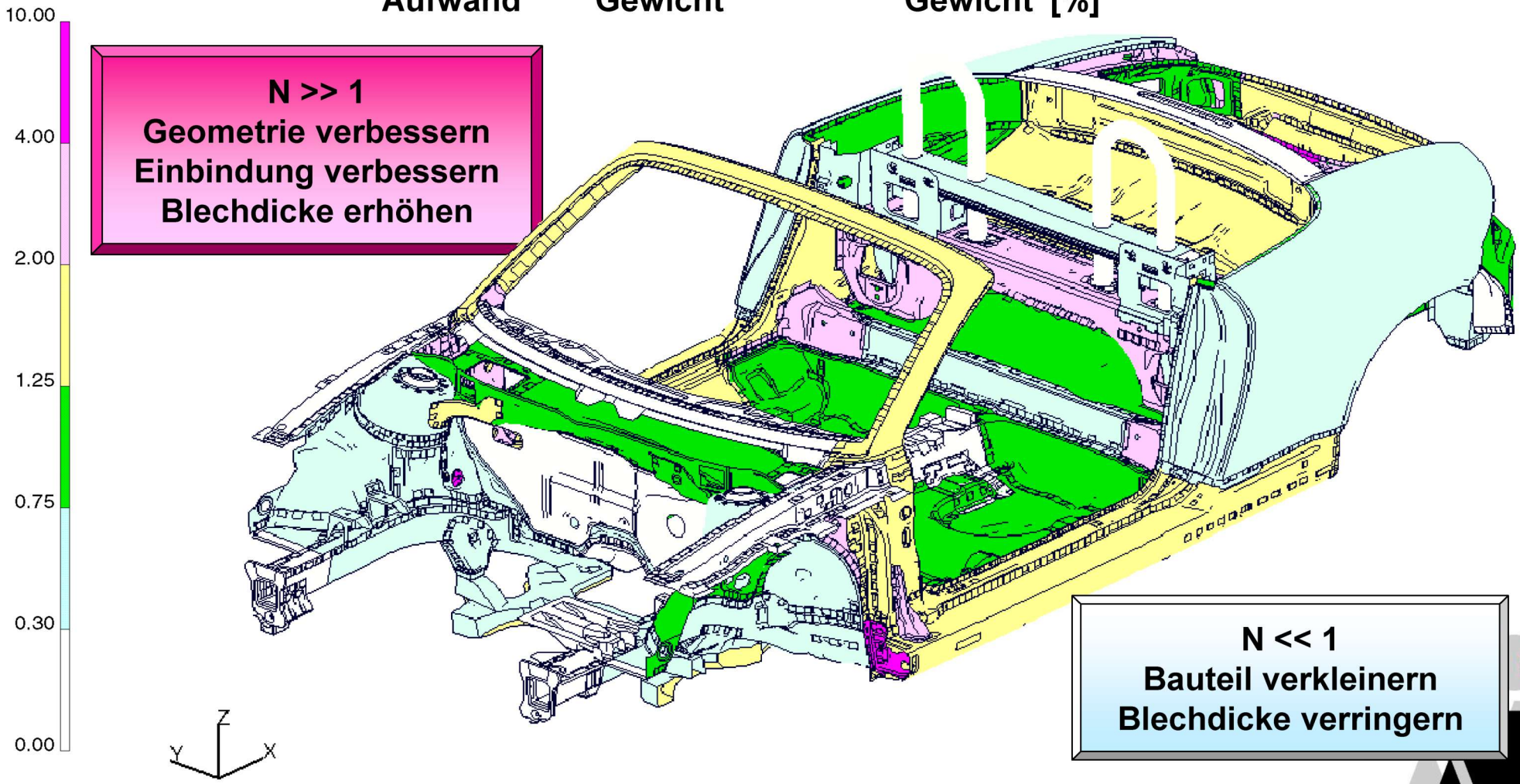
Strukturoptimierung Steifigkeit und Gewicht



Nutzungszahl - Lastpfadanalyse

Strukturoptimierung Steifigkeit und Gewicht

$$\text{Nutzungszahl} = \frac{\text{Nutzen}}{\text{Aufwand}} = \frac{\text{Widerstand}}{\text{Gewicht}} = \frac{\text{Verformungsenergie [\%]}}{\text{Gewicht [\%]}}$$



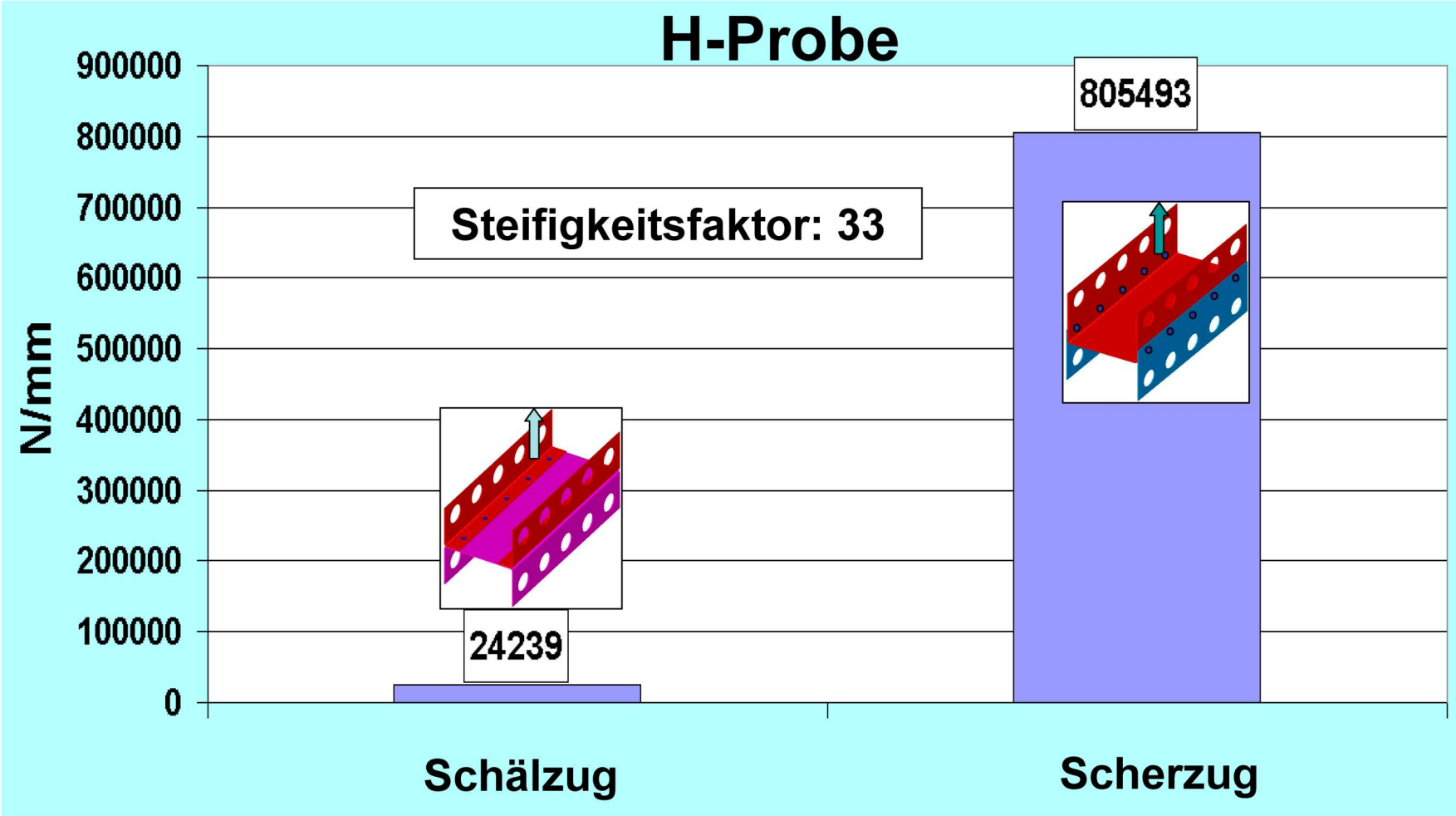
N >> 1
Geometrie verbessern
Einbindung verbessern
Blechdicke erhöhen

N << 1
Bauteil verkleinern
Blechdicke verringern

Einfluss der Flanschgestaltung auf die globale Steifigkeit

MAGNA STEYR

Strukturoptimierung Steifigkeit und Gewicht

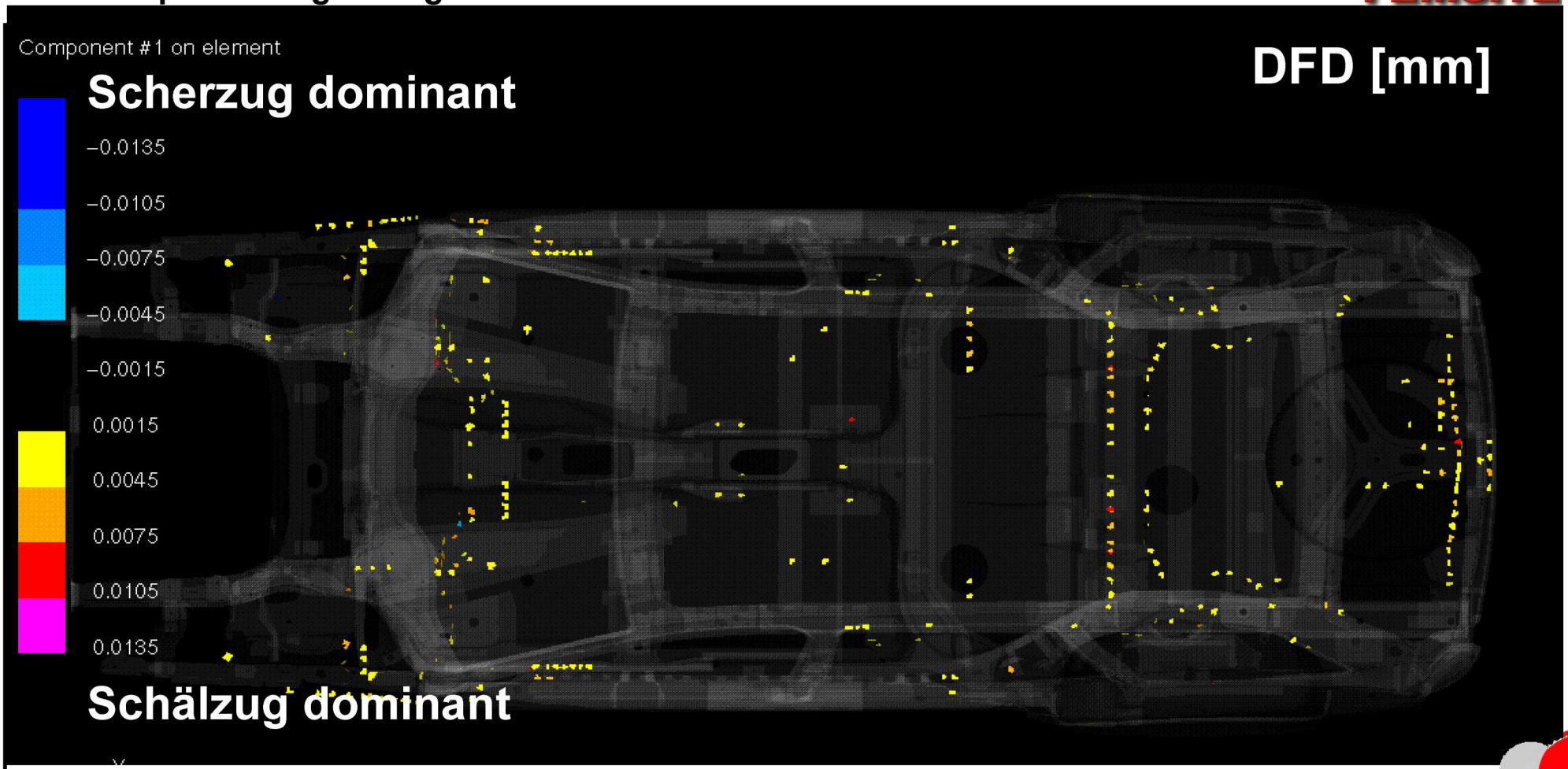


Flanschanalyse:
Dominante Flanschdeformation (DFD)

MAGNA STEYR

Strukturoptimierung Steifigkeit und Gewicht

FEMSITE



5 definierte Steifigkeitslastfälle:
2 globale Torsionen, 2 globale Biegungen, 1 Vorderwagenbiegung

Vortragsübersicht

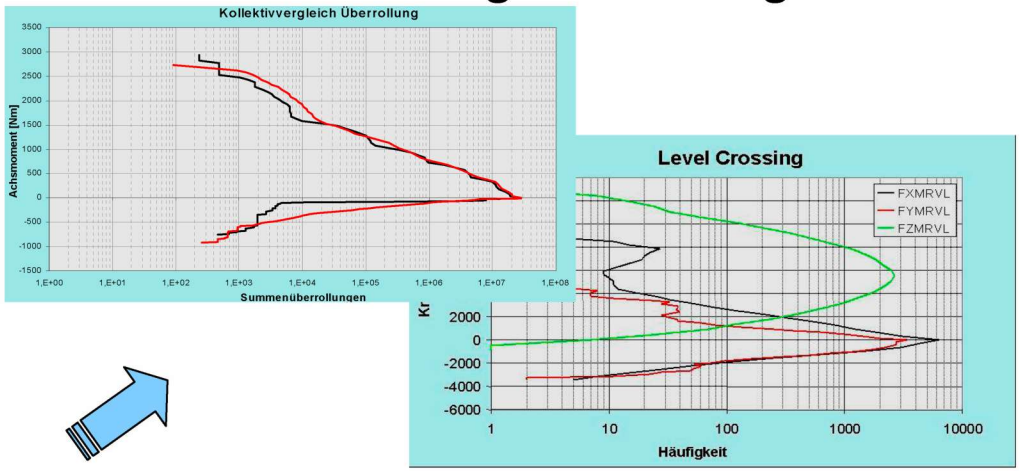
- Einleitung
- Simulation Steifigkeit
- **Lebensdauerabschätzung**
- Optimierung punktförmiger Fügestellen am Beispiel Schweißpunkt

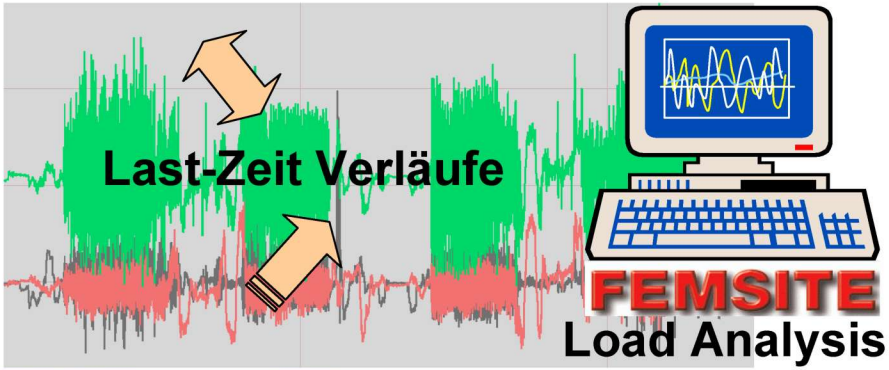
Belastungsanalyse – Aufbau, Fahrwerk und Antriebsstrang

MAGNA STEYR

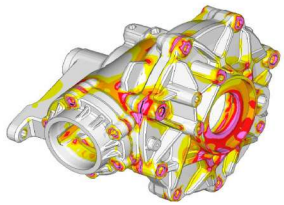
MKS-Simulation

Kollektivauswertungen und Vergleiche



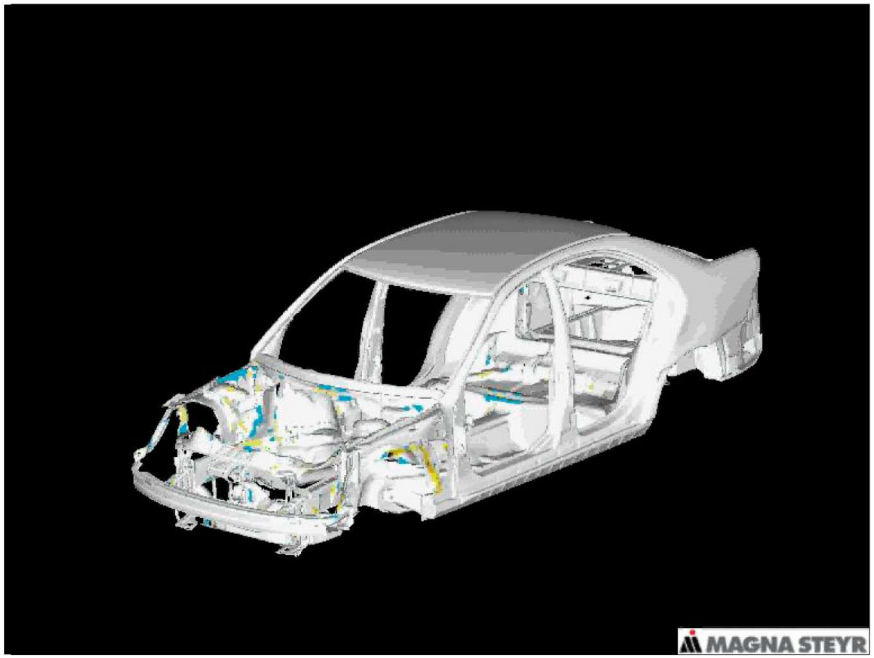


Messung

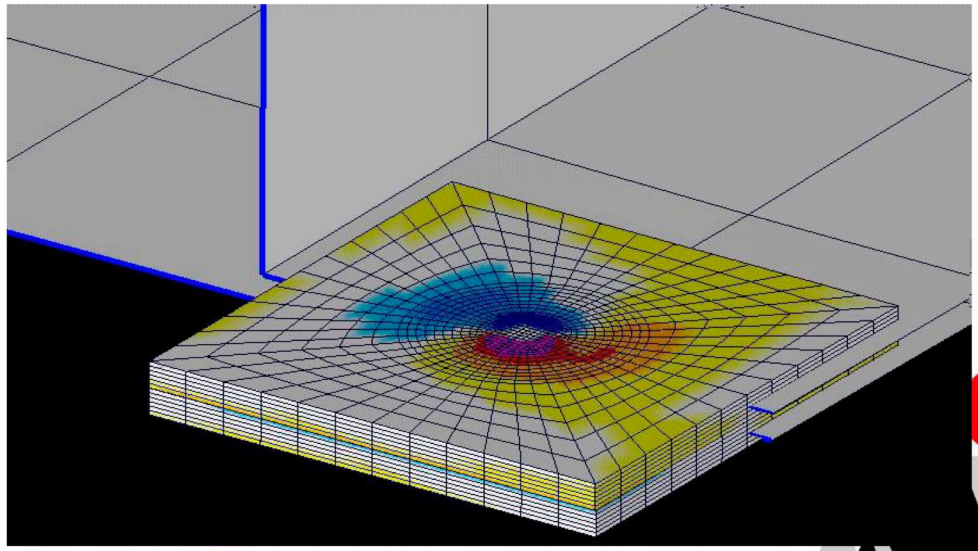


Datenaufbereitung für Prüfstand und Simulation

Simulation Schlechtweg Lebensdauerlauf

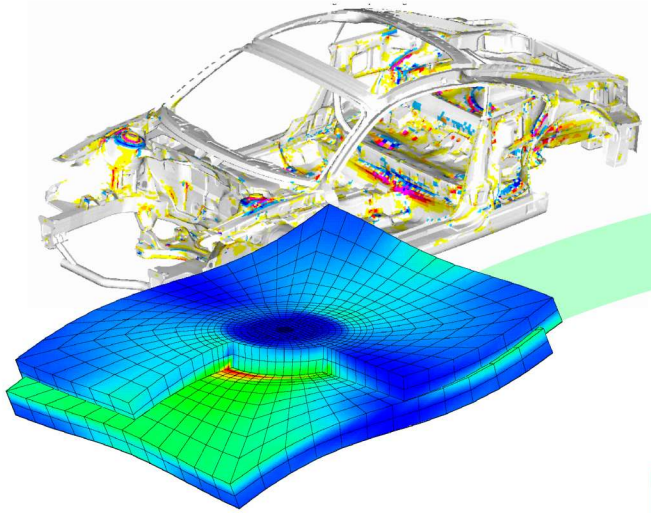


- **Lebensdauerabschätzung Grundmaterial**



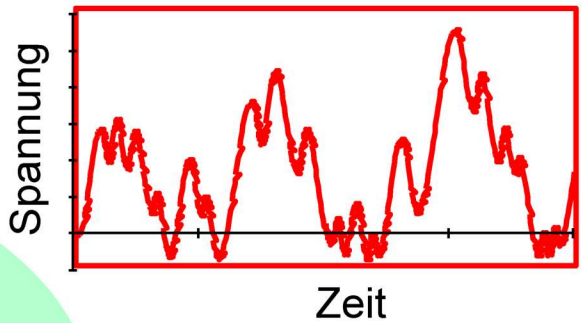
- **Lebensdauerabschätzung Netzunabhängige punktförmige Fügestellen, z.B. Schweißpunkt am Parametermodell**

Ablauf Lebensdauerabschätzung



Superposition der Einheitslastfälle

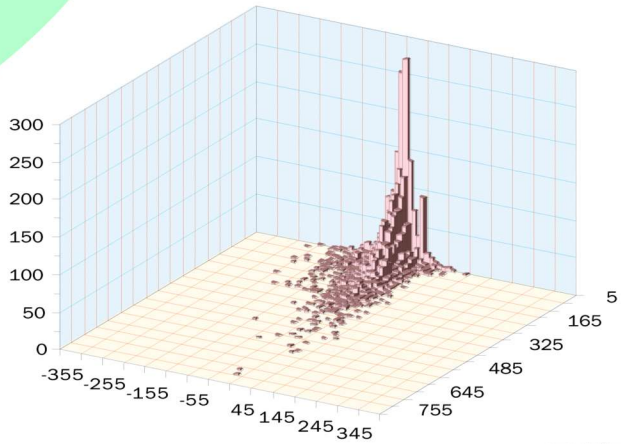
Berücksichtigung des Werkstoffmodells

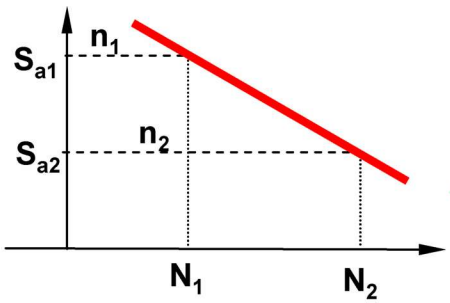


FEMSITE

Fatigue Multiaxial bzw. Spot Weld

Rainflow Analyse



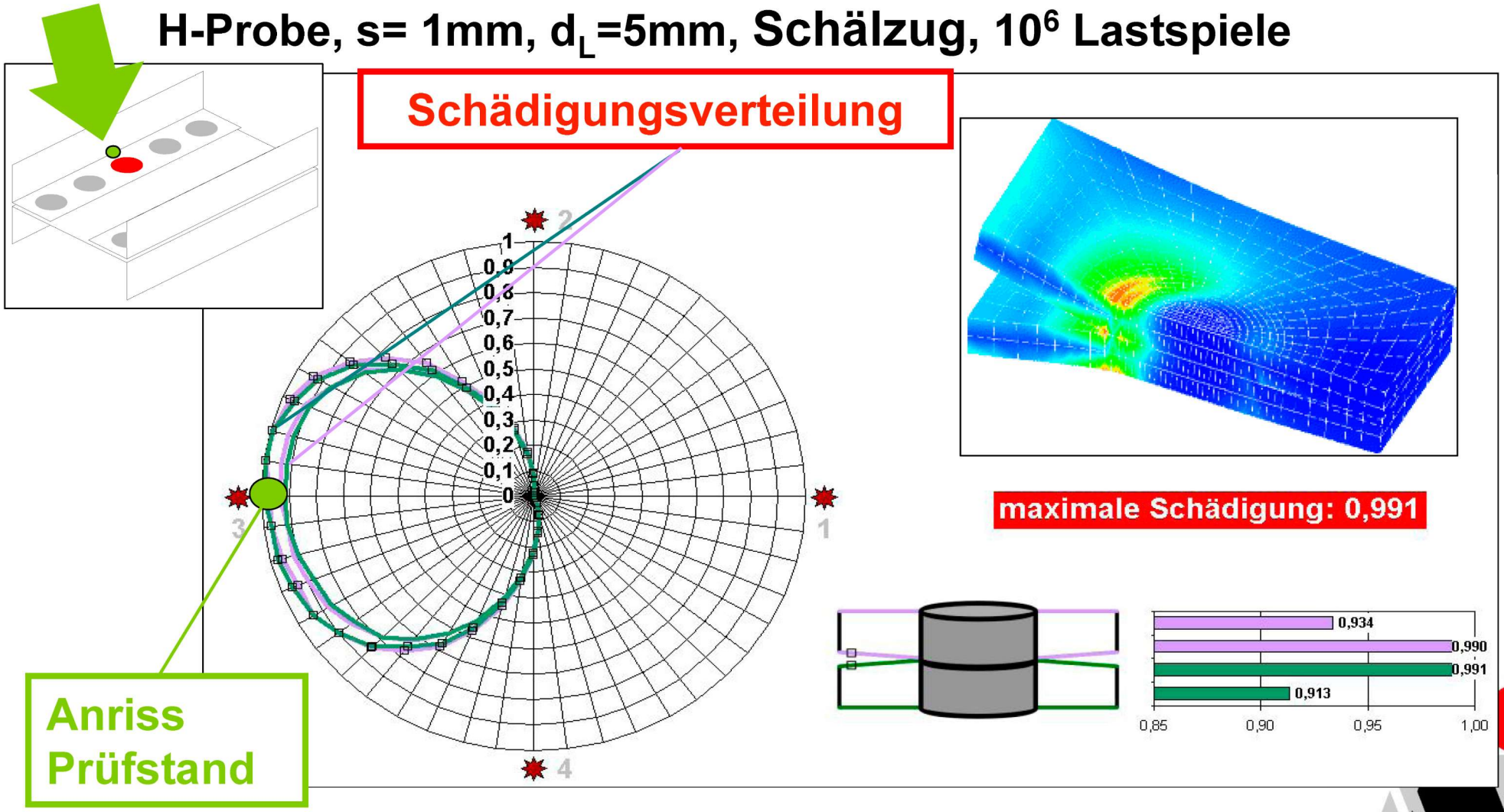


$D = \Sigma\, n_i/N_i$ **Schädigungsrechnung**

Schädigungsverteilung am Schweißpunkt

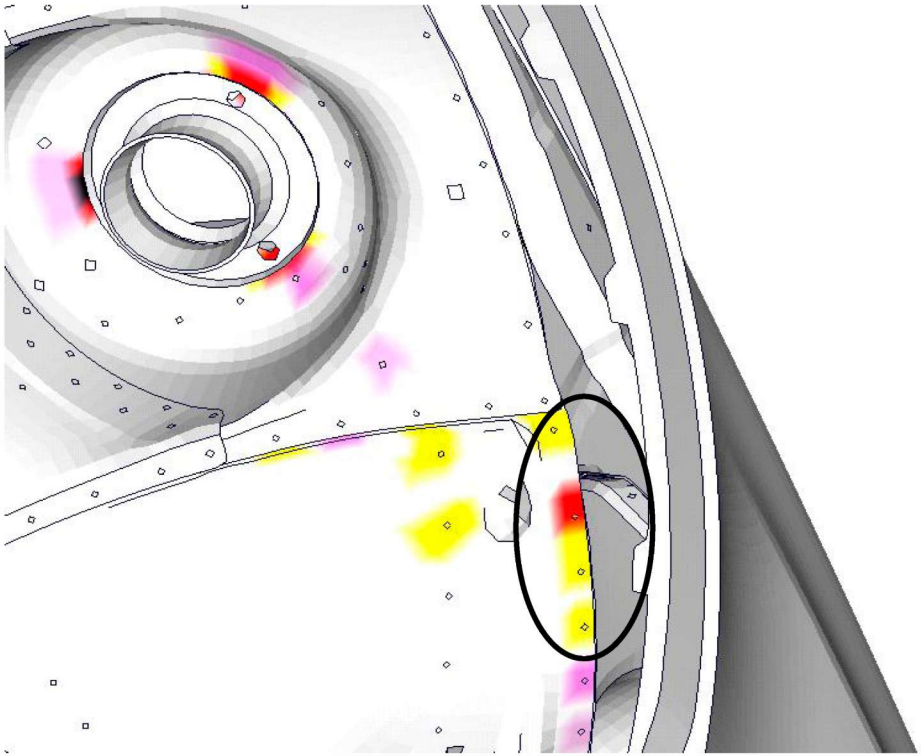
FEMSITE

H-Probe, s= 1mm, d_L=5mm, Schälzug, 10^6 Lastspiele

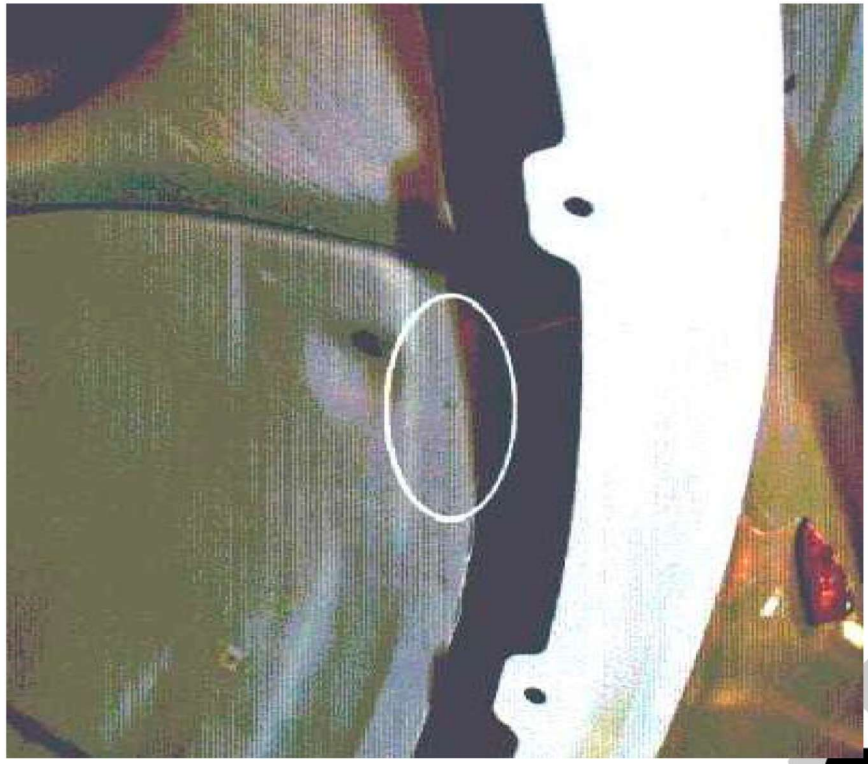


Lebensdauerabschätzung Karosserie

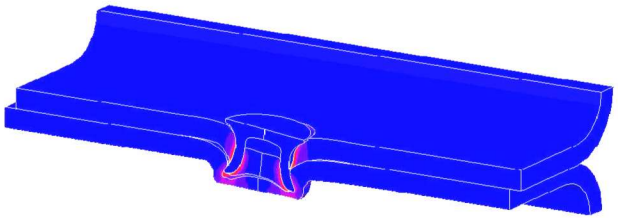
Lebensdauerabschätzung Schlechtwegüberfahrt (BIW und Schweißpunkte)

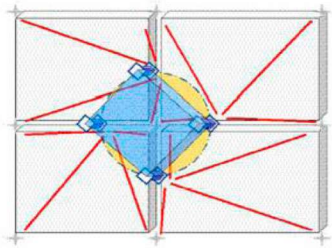


Schweißpunktversagen am Schlechtweg



Lebensdauerabschätzung von Stanznieten



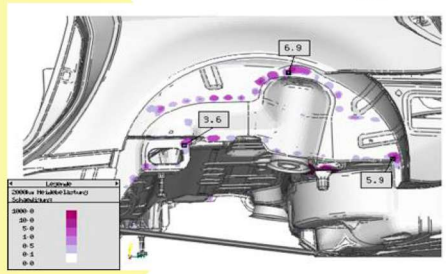


FEMSITE

Referenz-Detailmodell

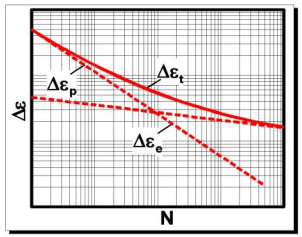
Schalen-Ersatzmodell

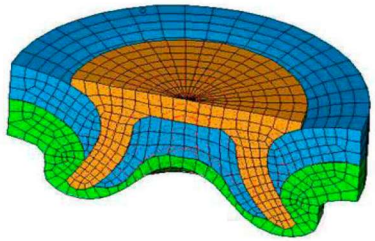
Lebensdauer-abschätzung



Lebensdauermodell

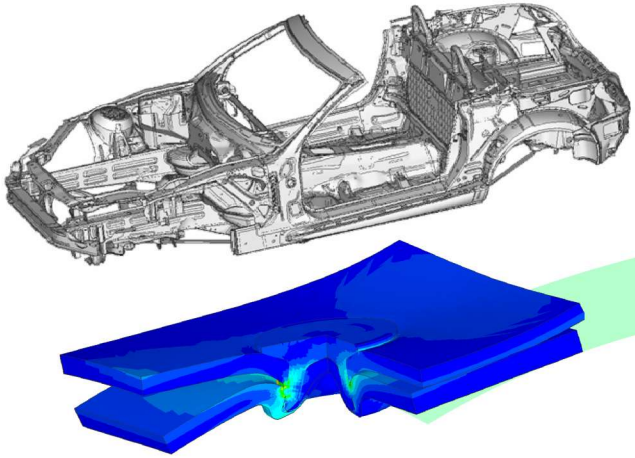
Parametrisiertes Detailmodell





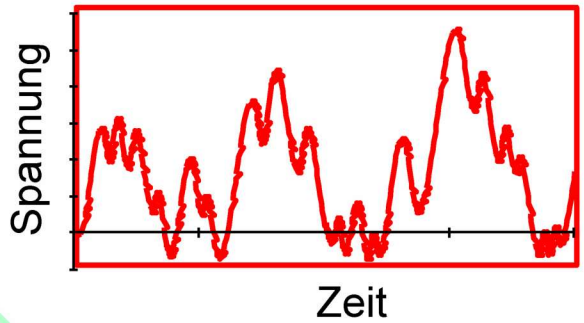
Ablauf der Lebensdauerabschätzung von Stanznietverbindungen

MAGNA STEYR



Superposition der Einheitslastfälle

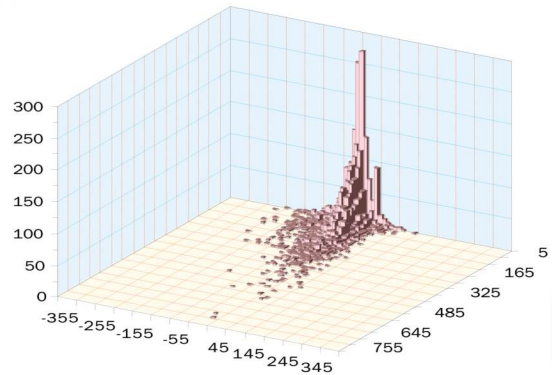
Berücksichtigung der Mikrostützwirkung

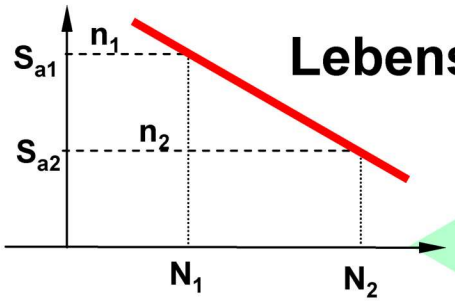


FEMSITE

Fatigue multiaxial Stanznieten

Rainflow Analyse





Lebensdauerabschätzung

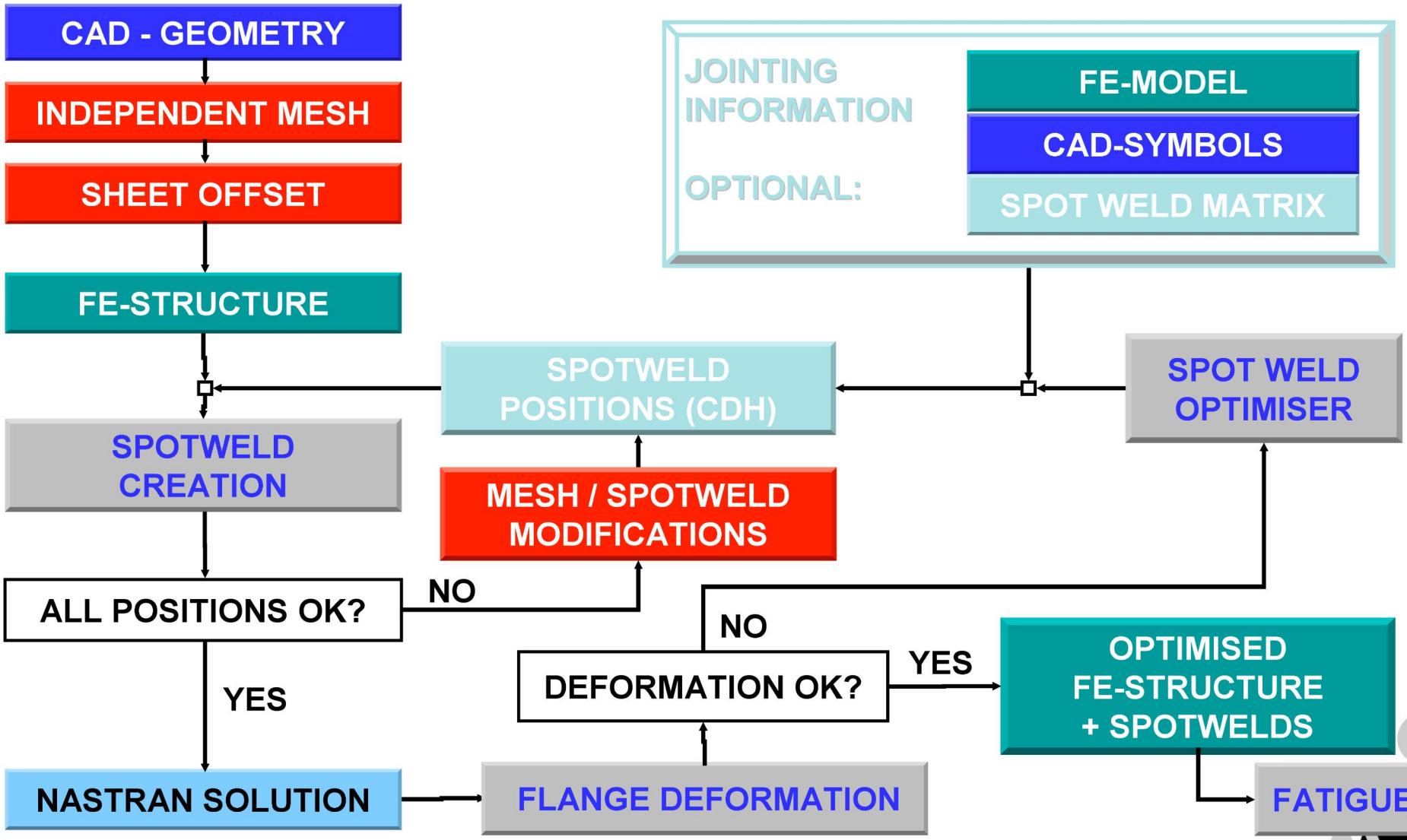
Berücksichtigung Werkstoffmodell

$$D = \Sigma\, n_i/N_i$$

Vortragsübersicht

- Einleitung
- Simulation Steifigkeit
- Lebensdauerabschätzung
- **Optimierung punktförmiger Fügestellen am Beispiel Schweißpunkt**

Ablauf der Schweißpunkt-Simulation



Strategie für Schweißpunktoptimierung

1.) Hohe Abweichung von ΔBFV : $\overline{BFV}$

NEUE RECHNUNG	Hoher negativer Wert	Hoher positiver Wert	Mittlerer Wert
	Punkt löschen	Punkt hinzufügen	Nächster Schritt

2.) Mittlere Abweichung von ΔBFV : $\overline{BFV}$

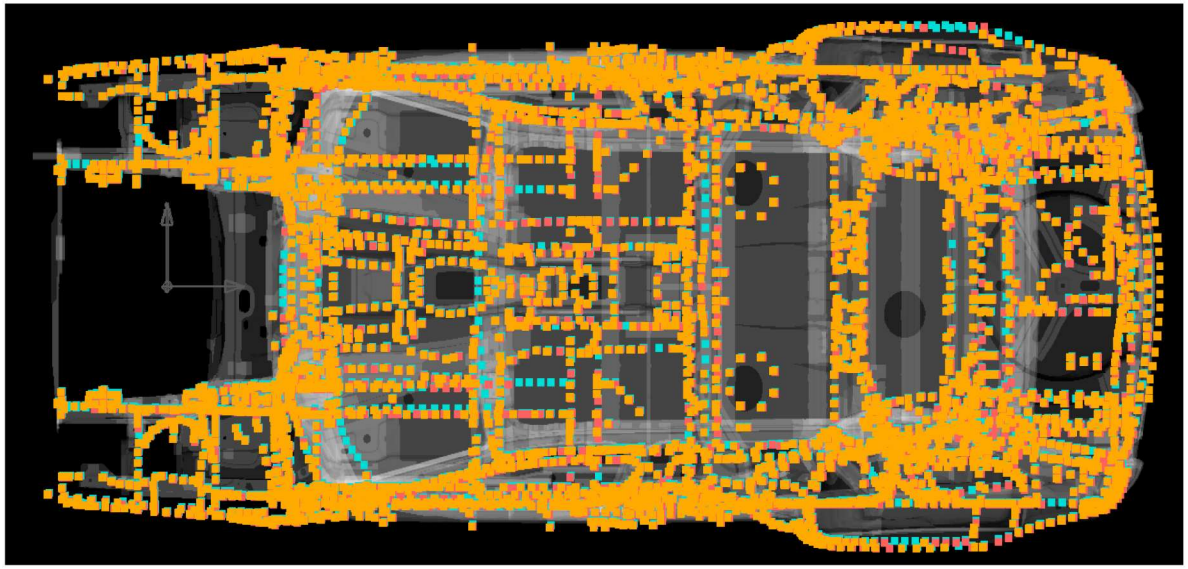
NEUE RECHNUNG	negativer Wert	positiver Wert	geringer Wert
	Punkte verschieben weg von -Δ BFV	Punkte verschieben hin zu +Δ BFV	Nächster Schritt

3.) Mittelwert $\overline{BFV}$

NEUE RECHNUNG	Geringer Wert	Hoher Wert	Mittlerer Wert
	Punktabstände am Flansch erhöhen	Punktabstände am Flansch verringern	OPTIMIERUNG ABGESCHLOSSEN

Fügestellenoptimierung: Anzahl und Verteilung

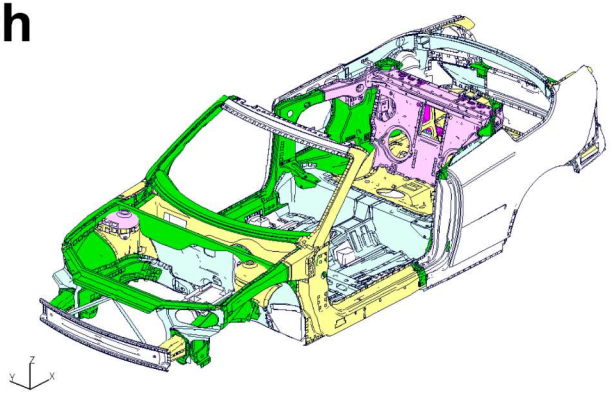
FEMSITE

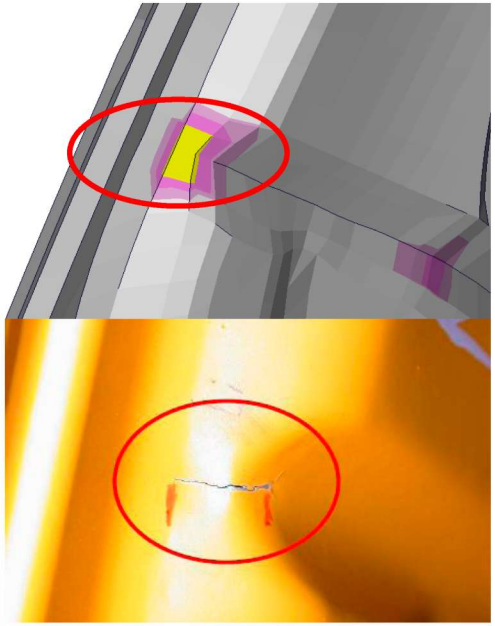


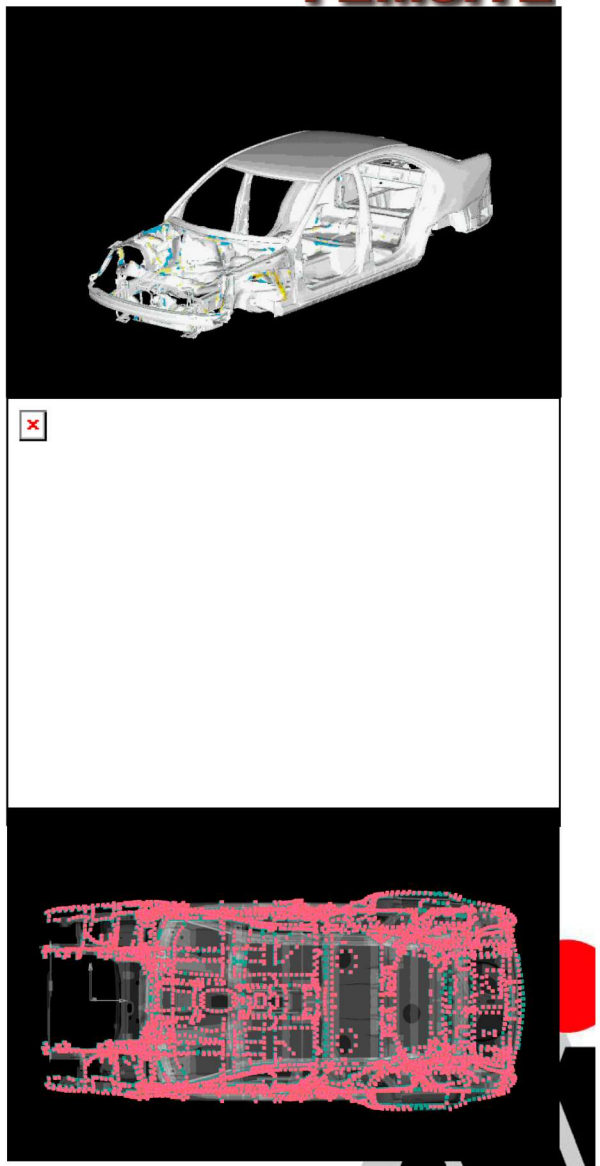
- Löschen, Setzen bzw. Verschieben von Schweißpunkten
- Mögliche Reduktion von ca. 450 Schweißpunkten (ca. 8%) bei einer geringfügigen Änderung der Steifigkeiten unter 1%
- Abgleich der optimierten Fügestellenverteilung mit Konstruktion, Crash, NVH

Übersicht Simulation Aufbau

- **Steifigkeit statisch/dynamisch**
  - Basisauslegung
  - Sensibilitätsanalyse
- **Nichtlineare Analyse**
  - Festigkeit lokal
  - Stabilität
- **Lebensdauerabschätzung**
  - Grundwerkstoff, Verbindungen, wie Schweißpunkte, Schweißnähte, etc.
- **Optimierung**
  - Geometrie und Blechdicke
  - Punktförmige Verbindungen
  - Flansche, Gewicht







Aspekte der Bauteilauslegung für den Leichtbau

Technologietag „Wirtschaftlich leicht bauen“
26.03.2009, Traboch

Franz Ruprechter (franz.ruprechter@magnasteyr.com)