

ANSYS Conference & 25. CADFEM Users' Meeting 2007

Berechnung von verschraubten Fendt-Traktoren-Gehäusen mit Abgleich zum Versuch

21.-23. November 2007
Dresden



Dipl.Ing (FH) Eberhard Würtele
AGCO GmbH, Marktoberdorf

- 1 Einleitung
- 2 Firma AGCO GmbH, Marke Fendt
- 3 Auswahl der möglichen Anbaugeräte
- 4 Ermittlung der Lastfälle
- 5 Beispiel: Pendelanschlag mit Zwillingsbereifung
- 6 Modellerstellung mit Pro/E
- 7 Berechnungsmodell und Vernetzung
- 8 Berechnung und Auswertung der Ergebnisse
- 9 Vergleich mit Messung und Festigkeitsversuch
- 10 Zusammenfassung



➔ **VDI 2230**

Nicht sinnvoll bei asymmetrischer Geometrie und Belastung ➔ FEM anwenden

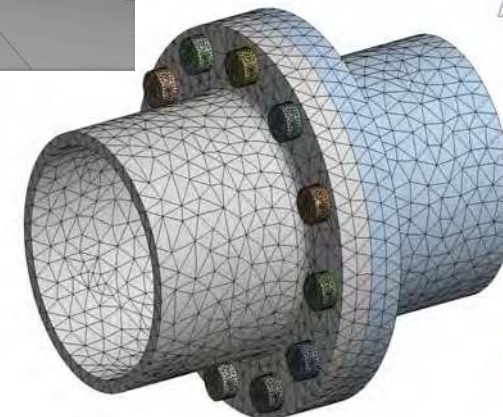
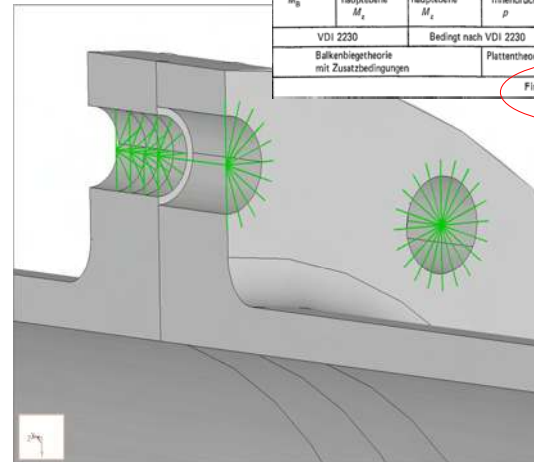
➔ **Schraube als Balken und Spinne**

Für Stäbe hoher manueller Aufwand
Vorspannung über Temperaturbelastung

➔ **Mit ANSYS Professional NLS**

Nach CADFEM einfache Anwendung mit Workbench und schneller Ermittlung von Betriebskraft, Gleitweg, Reibspannung, Spalt und Kontaktdruck in der Flanschfläche

Einschraubenverbindungen		Mehrschraubenverbindungen						Schraubenverb.
zentrisch oder exzentrisch	In einer Ebene	rotationssymmetrisch	symmetrisch	asymmetrisch			Schraubeneisen	
Zylinder oder prismatischer Körper	Balken	Kreisplatte	Flansch mit Dichtung	Flansch mit Flächenauflege	rechteckige Mehrschraubenverb.	Mehrschraubenverb.	Geometrie in Ebene	
$M_x, M_y, M_z, F_x, F_y, F_z$	$F_x, F_y, F_z, M_x, M_y, M_z$	$F_x, F_y, F_z, M_x, M_y, M_z$	$F_x, F_y, F_z, M_x, M_y, M_z, p$	$F_x, F_y, F_z, M_x, M_y, M_z$	$F_x, F_y, F_z, M_x, M_y, M_z$	$F_x, F_y, F_z, M_x, M_y, M_z$	Belastung relevante Lasten	
Axialkraft F_A Querkraft F_Q Betriebsmoment M_b	Axialkraft F_A Querkraft F_Q Moment in der Balkenhauptebene M_x	Axialkraft F_A Querkraft F_Q Moment in der Balkenhauptebene M_x	Axialkraft F_A (Robrkraft) Betriebsmoment M_b Innendruck p	Axialkraft F_A Torsionsmoment M_T Betriebsmoment M_b	Axialkraft F_A Querkraft F_Q Torsionsmoment M_T Betriebsmoment M_b	Axialkraft F_A Querkraft F_Q Torsionsmoment M_T Betriebsmoment M_b	Kräfte und Momente	
VDI 2230	Beding nach VDI 2230	Beding nach VDI 2230	DIN 2906 AD-Merkb. B7 VDI 2230 (Beding)	Beding nach VDI 2230	Beding nach VDI 2230	Beding nach VDI 2230	Berechnung	
Balkenbiegetheorie mit Zusatzbedingungen	Plattentheorie	Plattentheorie	Finite Elemente Methode (FEM)	Beding nach Ersatzmodellen	Beding nach Ersatzmodellen	Beding nach Ersatzmodellen		

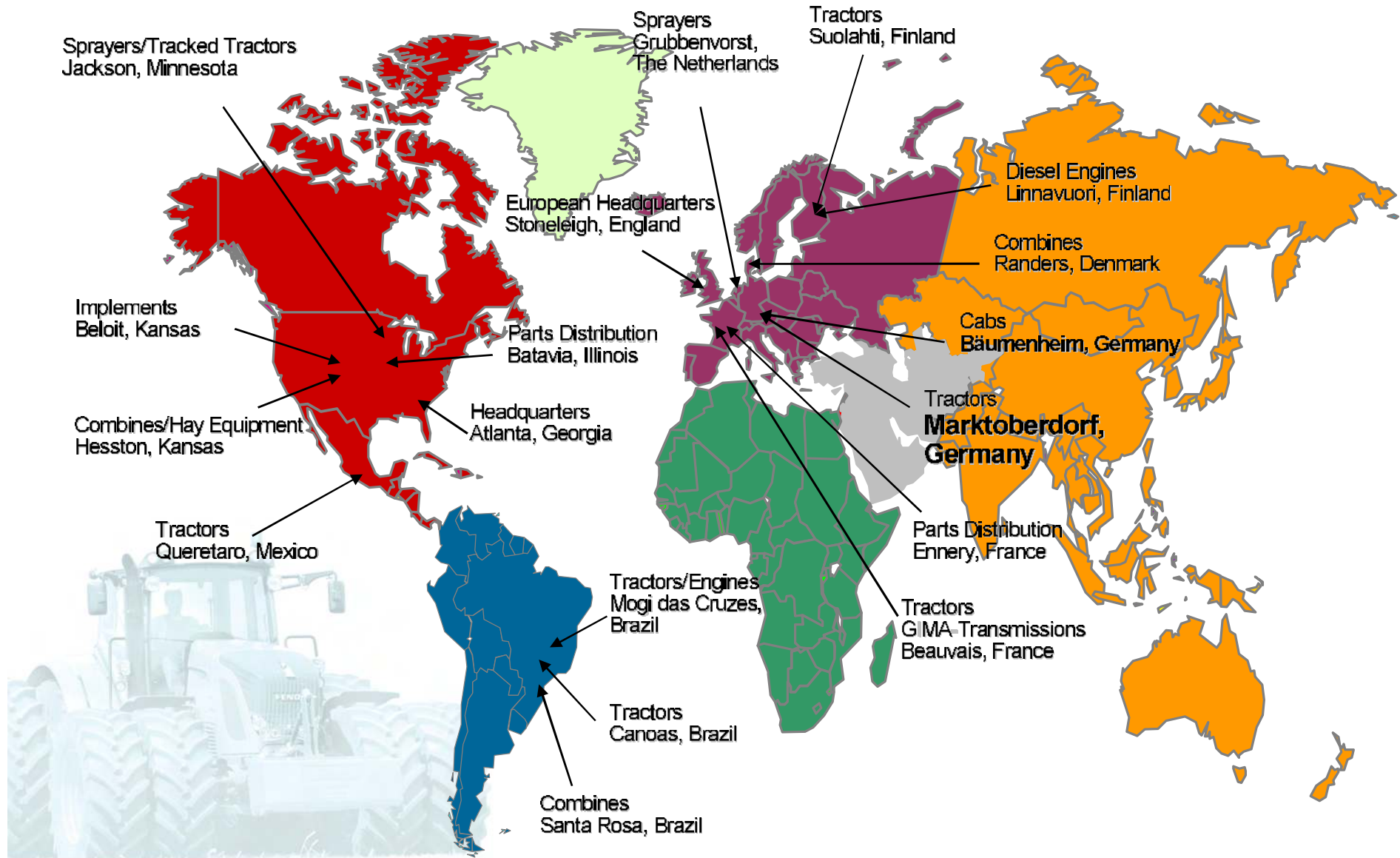


ANSYS

FENDT

Produkte von AGCO





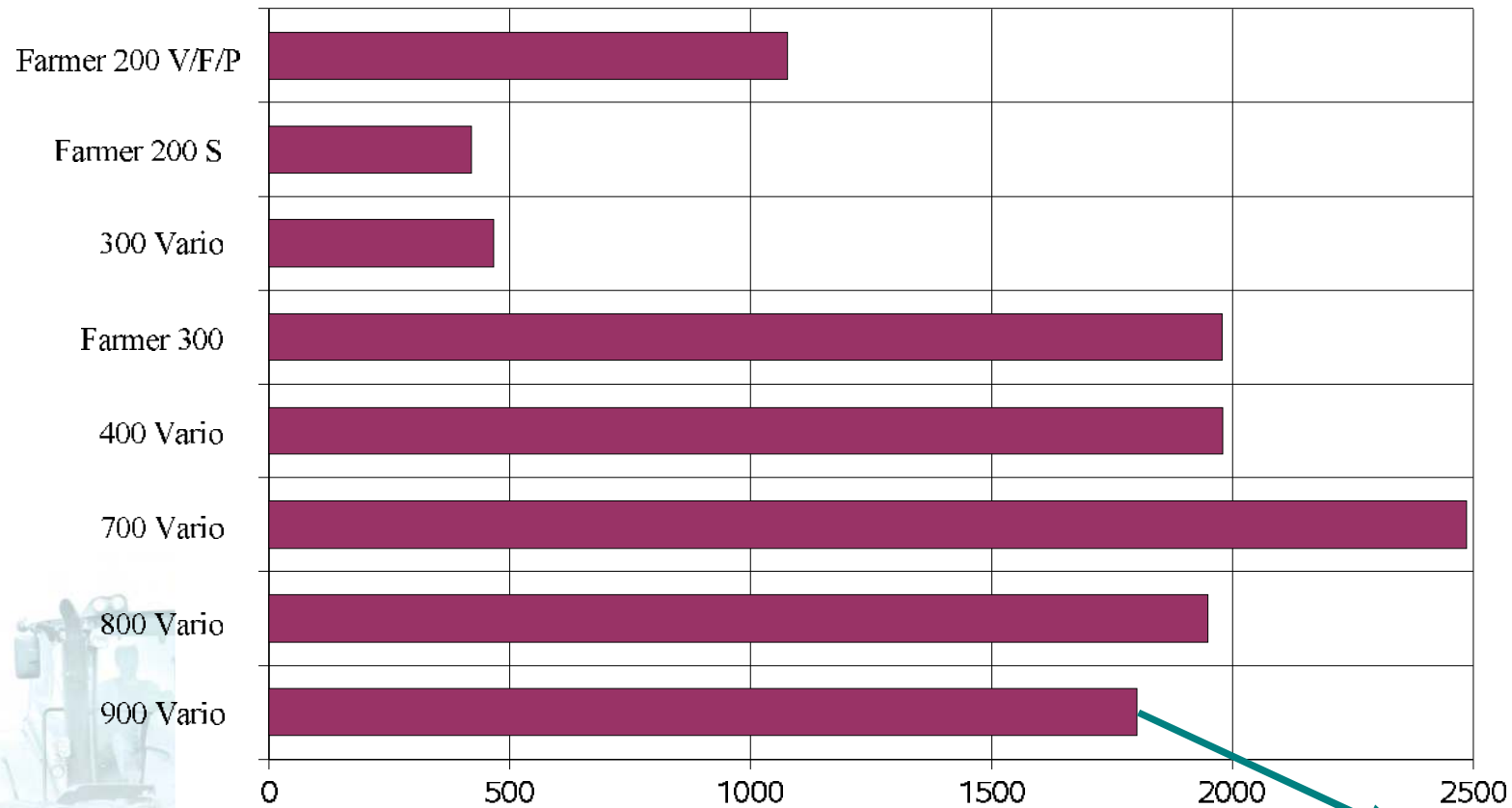
Fendt -Traktoren
von 65 PS bis 360 PS



Fendt - Ballenpressen



Fendt - Mähdrescher



Gesamtabsatz 2006: 12 157 Schlepper

Nachfolger :
Fendt Vario 936

FENDT

Fendt-Vario 936



- Allradschlepper in Blockbauweise
- 360 PS Maximalleistung
- 60 km/h Höchstgeschwindigkeit
- Einzelradfederung vorne
- Hohe Tragfähigkeit

- **Transport von schweren Geräten auf Feldweg oder Acker mit Normal- oder Zwillingsbereifung**

- Biegung und Torsion durch schwere Arbeitsgeräte
- Vortriebs- und Bremskräfte
- Achslasten
- Lenk- und Seitenkräfte



- **Arbeitseinsätze**

- Schwere Zugarbeit
- Frontladen
- Planieren
- Kommunaleinsätze (z.B. Schneepflug, Böschungsmäher u.s.w)



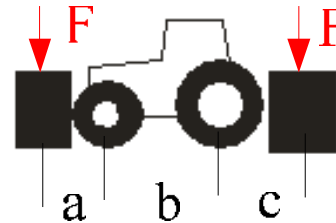
- **Sonder- und Mißbrauchslastfälle**

- Pendelanschlag der Vorderachse (z.B. Rangieren am Hang, Fahren aus der Ackerfurche)
- Einseitiges Anfahren gegen Hindernis



→ Analytisch

- Vorgabe der Geräte und entsp. Umrechnung auf Anlenkpunkte
- Abschätzung der Stoßfaktoren
- zum Teil auch Erfahrungswerte



→ Messungen

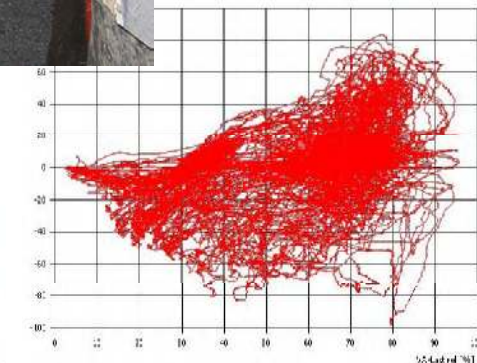
- Messen mit einem Versuchsschlepper :
- (z.B. mit Hilfsrahmen)
 - Kräfte z.B. mit DMS
 - Hydr. Druck
 - Drehmoment
 - Beschleunigung u.s.w

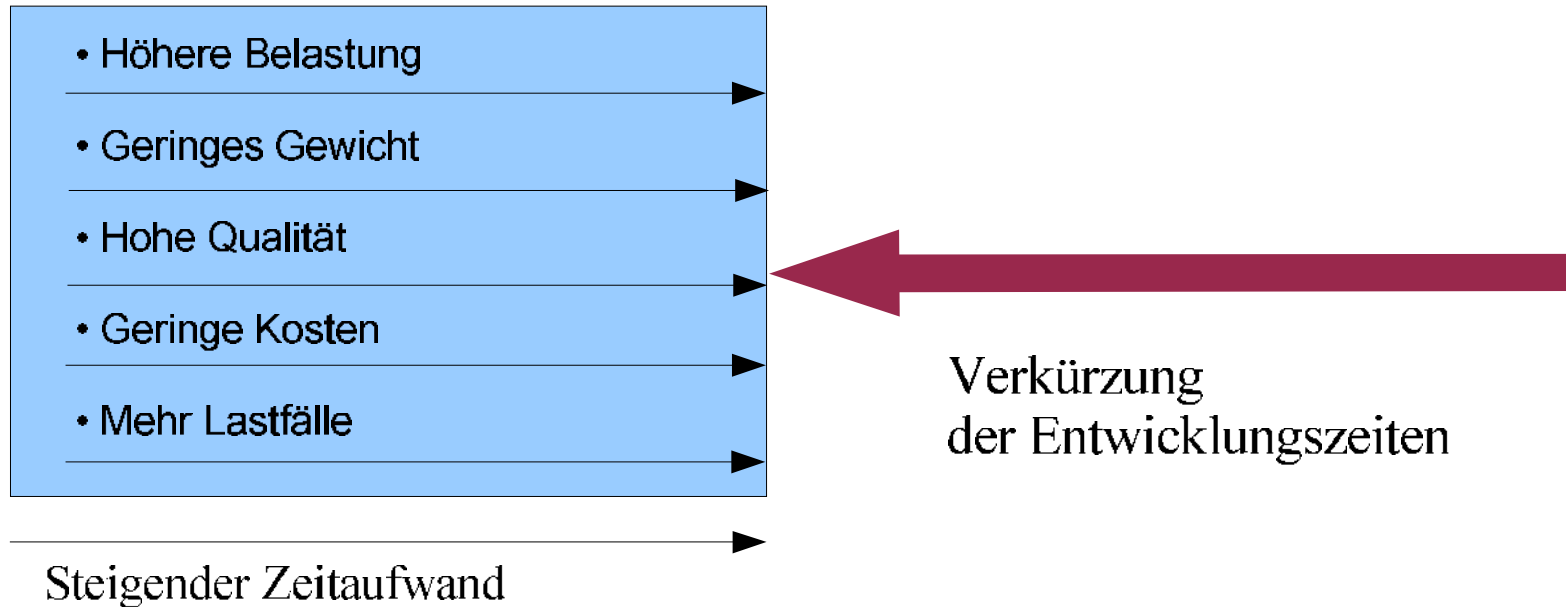


Messergebnis direkt in Berechnung oder in ein MKS - System

→ MKS -System

- Simulation des Gesamtsystem oder Teilsystem mit Vorgabewerte aus Lastenheft und/oder Messungen



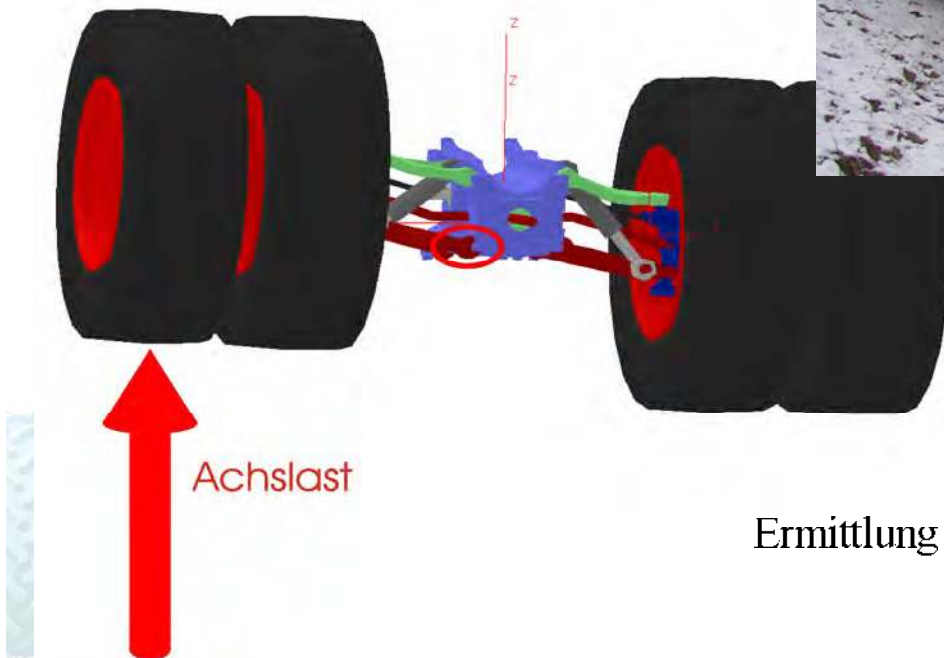


Anforderungen an die FE – Programme :

- Datenübergabe vom CAD – System ohne manuelle Nacharbeitung
- Vernetzung muss schnell und robust erfolgen
- Aufbringen der Randbedingungen einfach und übersichtlich
- Direkte Eingabemöglichkeit zur Schraubenvorspannung
- Flächenkontakt mit Reibung
- CAD – Connection sollte Vorhanden sein (Variantenberechnung)
- Gute Ergebnisdarstellung

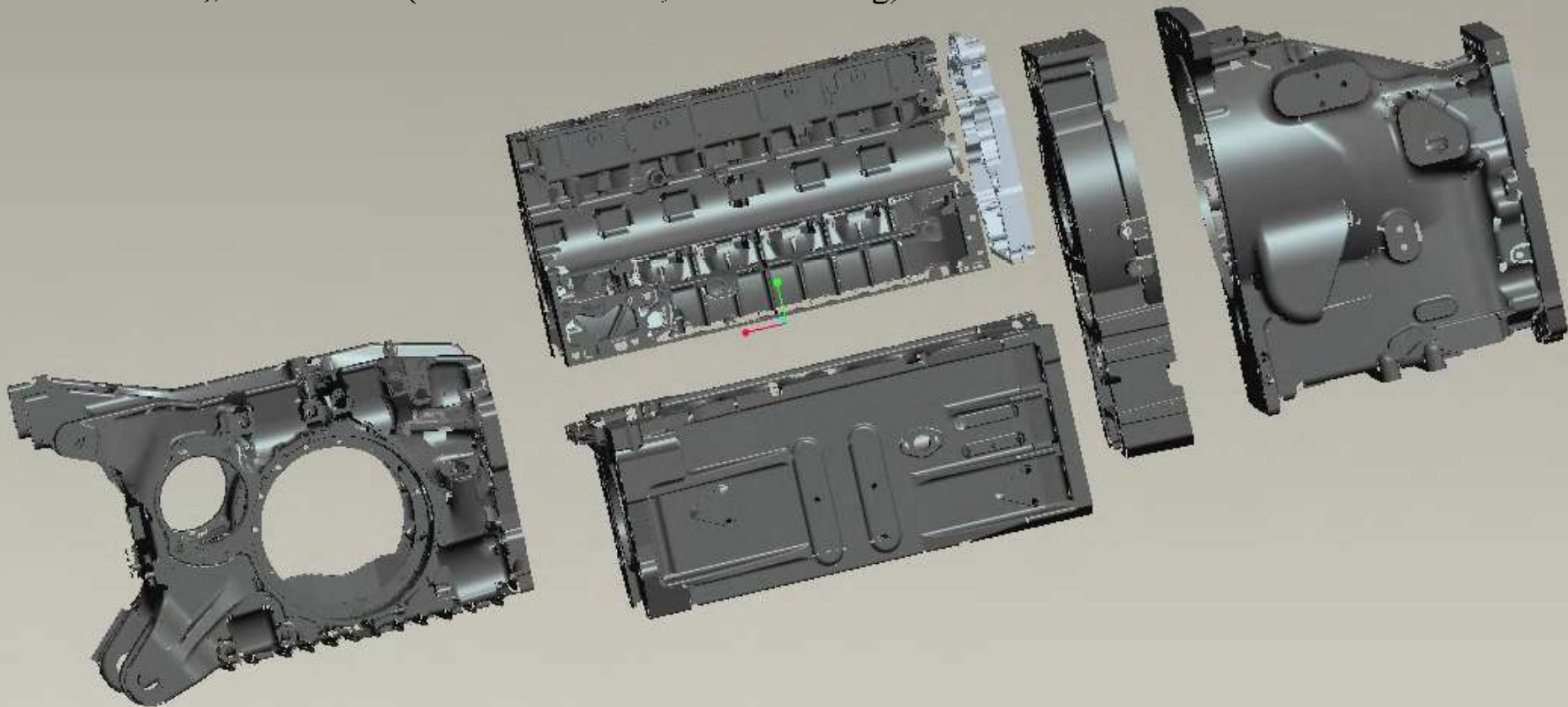


Fahren auf einen Hang
Achslast wird nur über eine
Seite aufgestützt.

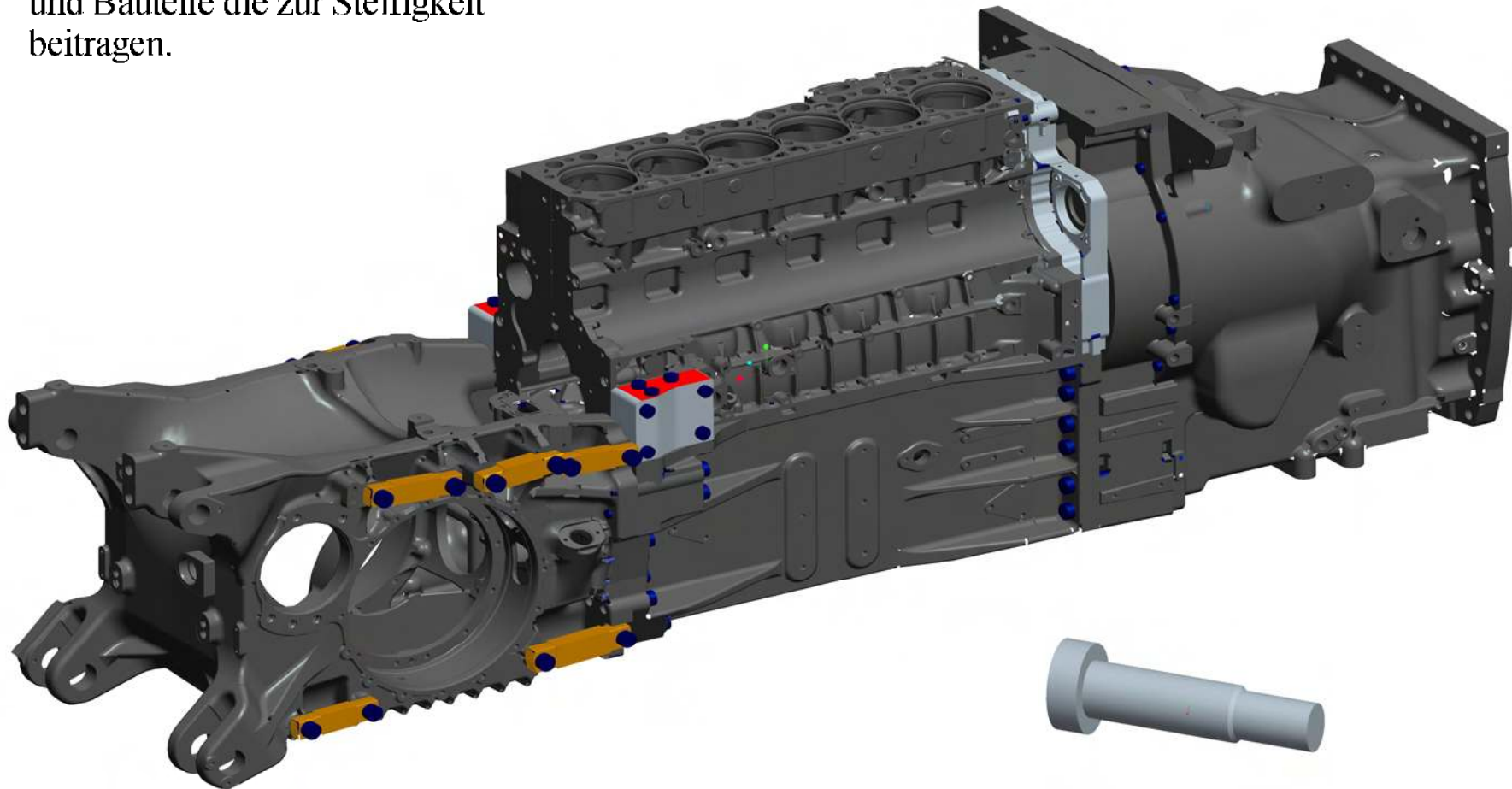


Ermittlung der Lenkerkräfte mit Simpack

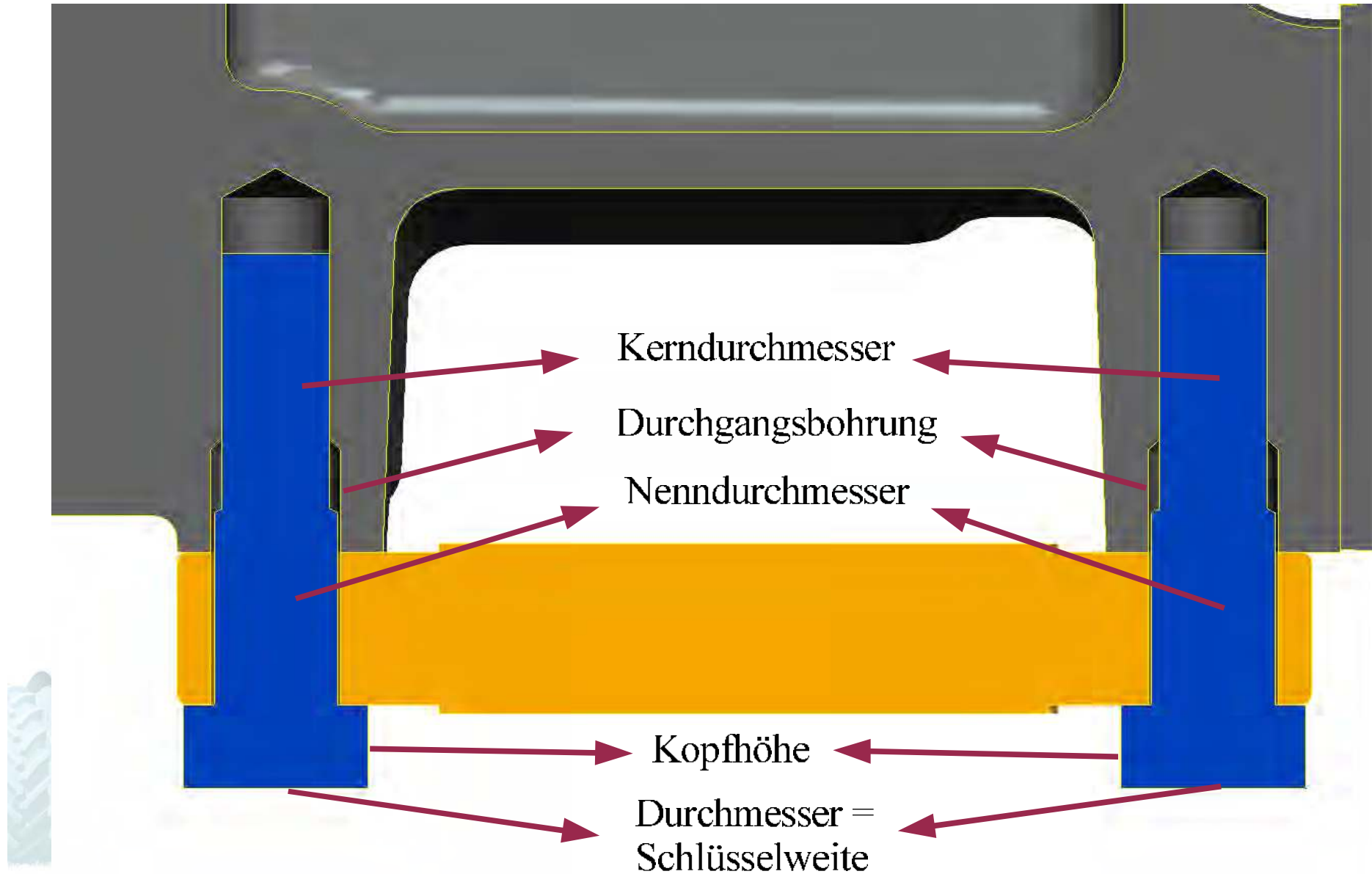
- Alle Gehäuse als Fertigteil
- mit allen Bohrungen und Bearbeitungen
- ohne „Ballast“ (z.B. Kunststoffteile, Halter, Beschriftungen)
- ohne „Innenleben“ (z.B. Kurbelwelle, Antriebsstrang)



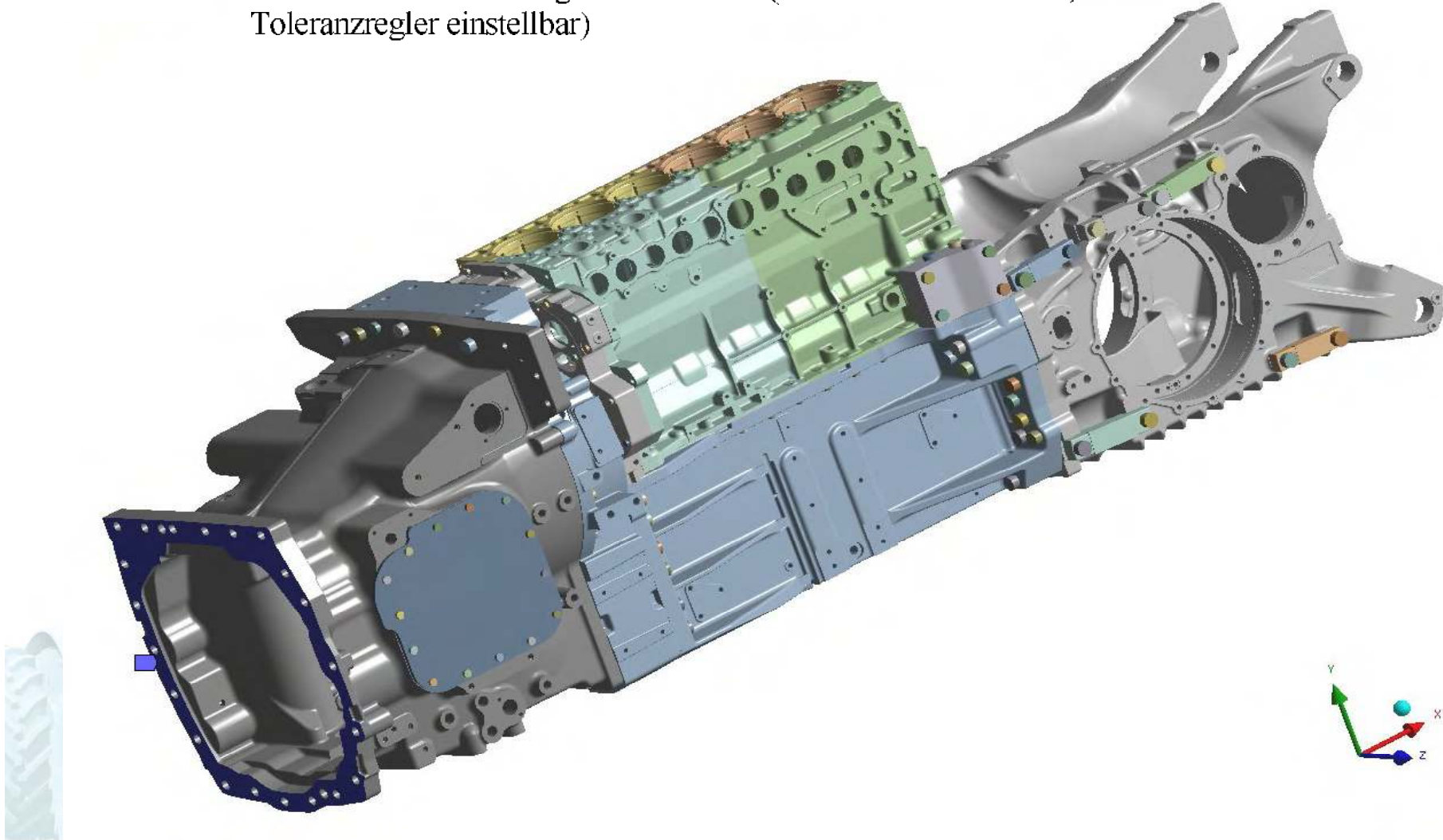
Einfügen aller Schrauben
und Bauteile die zur Steifigkeit
beitragen.



Schrauben nicht nach DIN
sondern als Ersatzmodell



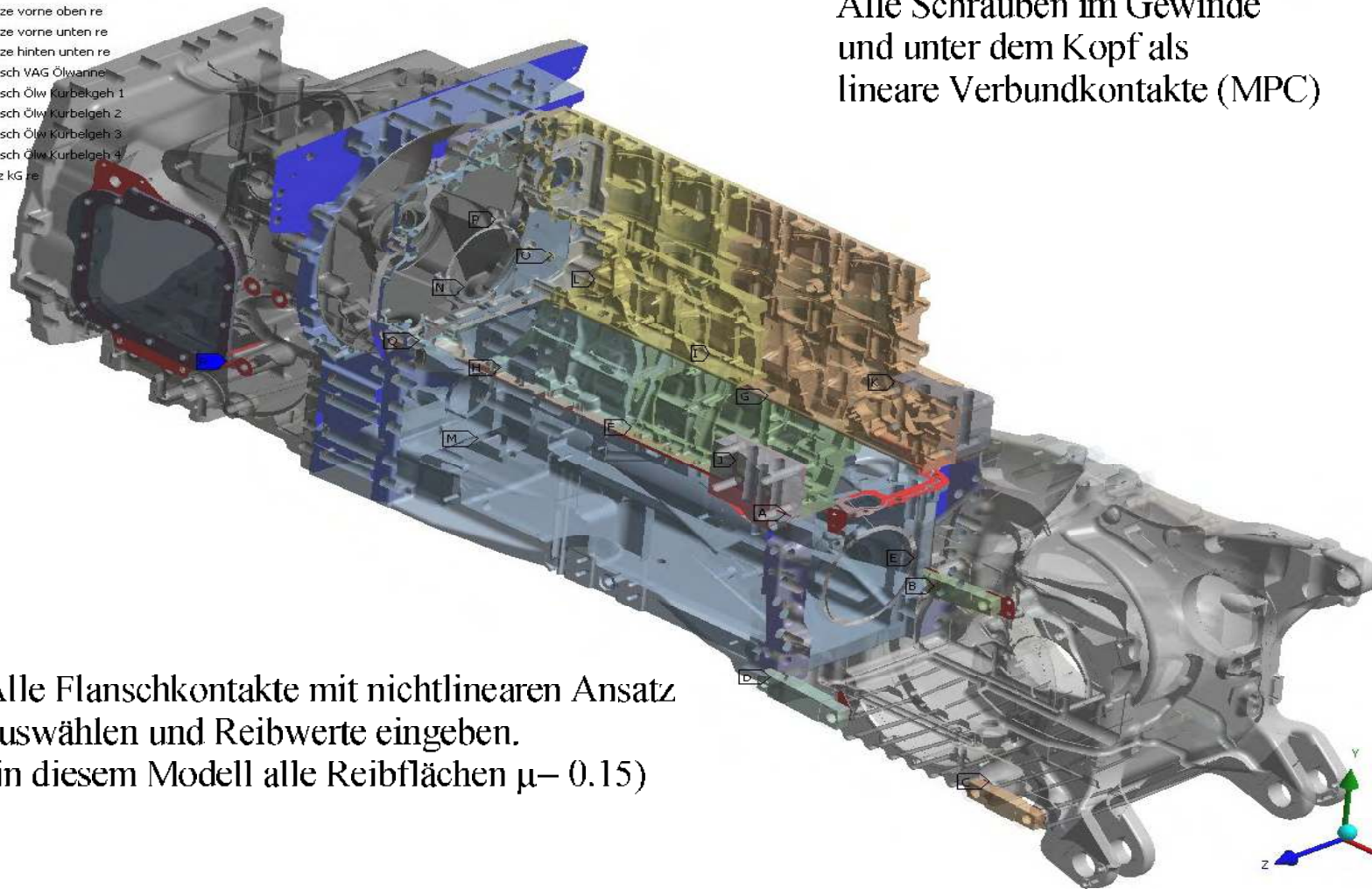
- Übertragungszeit (von CAD zu FEM) für diese Baugruppe ca. 5 bis 10 min
- Automatische Erkennung aller Kontakte (alles Verbundkontakte, durch einen Toleranzregler einstellbar)



Seitendeckel

Elemente: 10 von 18 angezeigt
11.09.2007 15:47

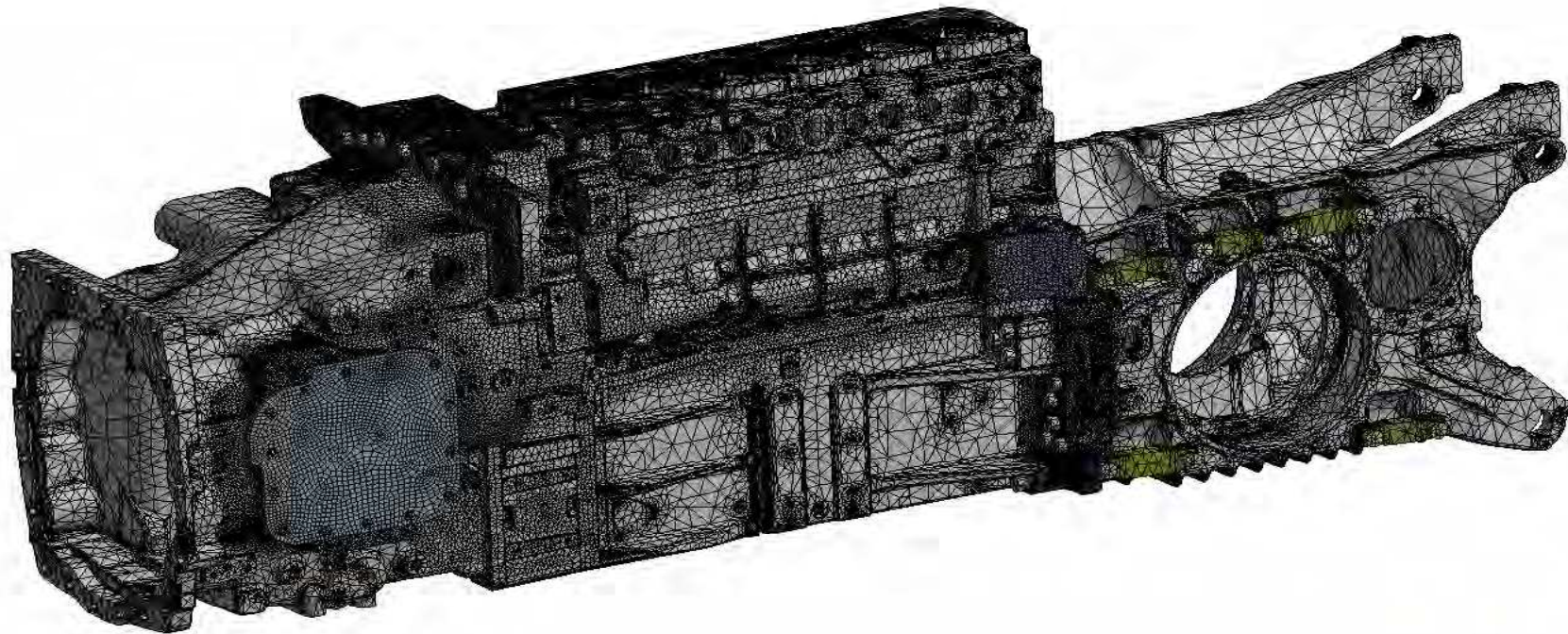
- A** Prätze hinten oben re
- B** Prätze vorne oben re
- C** Prätze vorne unten re
- D** Prätze hinten unten re
- E** Flansch VAG Ölwanne
- F** Flansch Öl w Kurbelgeh 1
- G** Flansch Öl w Kurbelgeh 2
- H** Flansch Öl w Kurbelgeh 3
- I** Flansch Öl w Kurbelgeh 4
- J** Klotz kG re



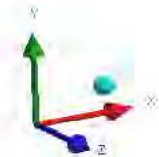
Alle Schrauben im Gewinde
und unter dem Kopf als
lineare Verbundkontakte (MPC)

Alle Flanschkontakte mit nichtlinearen Ansatz
auswählen und Reibwerte eingeben.
(in diesem Modell alle Reibflächen $\mu = 0.15$)

- Vernetzungszeit ca. 2 Stunden
- 3,367,393 Knoten
- 1,861,654 Elemente
- Rechenzeit ca. 24 Std mit ANSYS V10.0



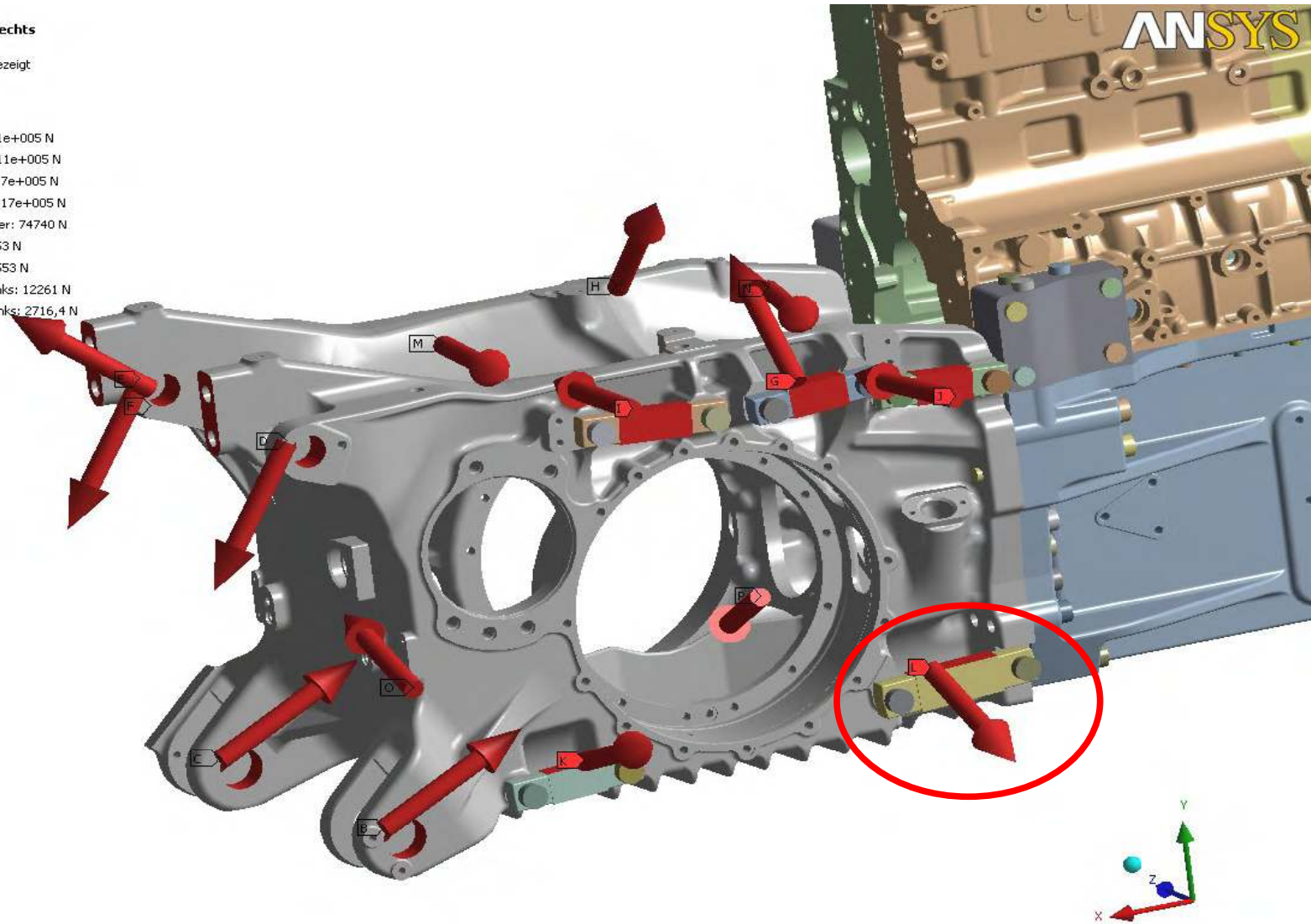
Vernetzung in den nichtlinearen Kontaktflächen feiner



Lenker unten hinten rechts

Zeit: 2, s
 Elemente: 10 von 16 angezeigt
 11.09.2007 15:18

- A** Fixierte Lagerung
- B** Unterlenker li: 1,1311e+005 N
- C** Unterlenker re: 1,1311e+005 N
- D** FKH Zylinder li: 1,3117e+005 N
- E** FKH Zylinder re: 1,3117e+005 N
- F** Frontplatte Oberlenker: 74740 N
- G** Federzylinder li: 67553 N
- H** Federzylinder re: 67553 N
- I** Lenker oben vorne links: 12261 N
- J** Lenker oben hinten links: 2716,4 N



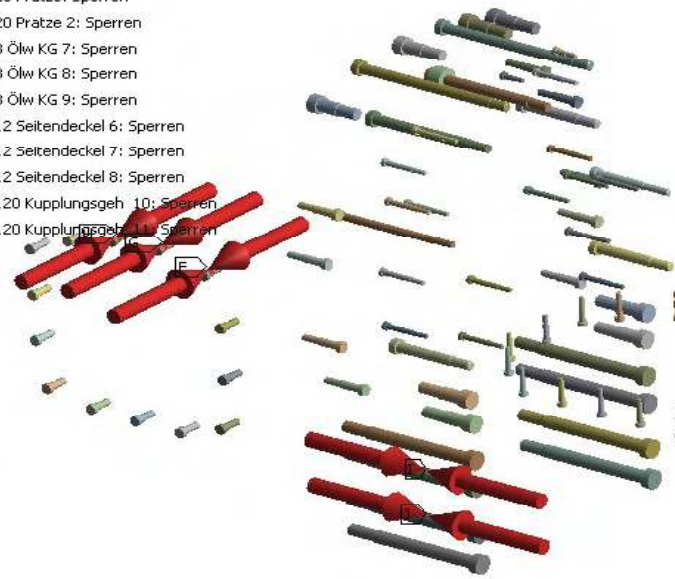
Alle Kräfte aus der Berechnung von Simpack

Schraube M120 Kupplungsgeh 11

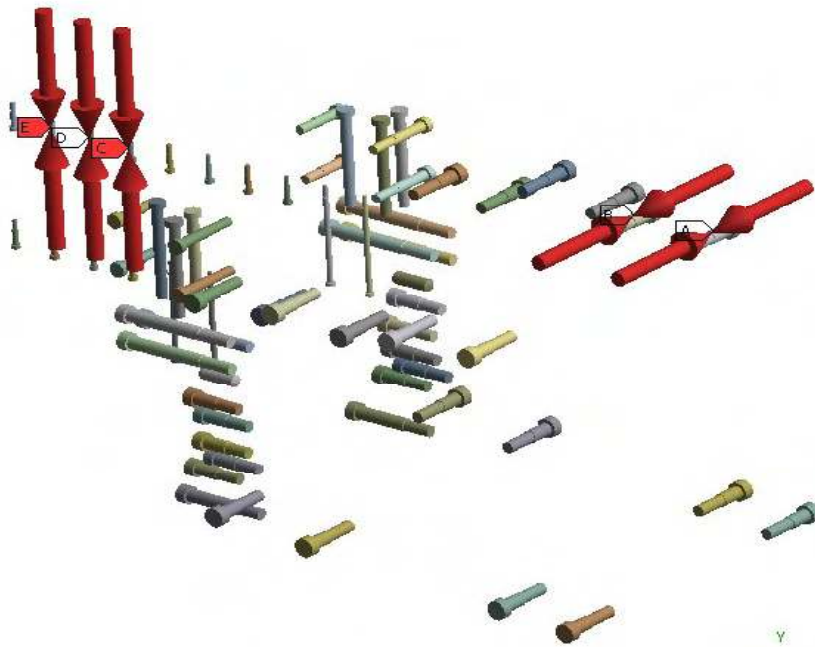
Zeit: 2, s

11.09.2007 15:16

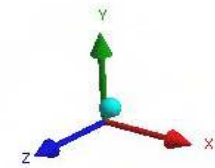
- A** Schraube M20 Prätze: Sperren
- B** Schraube M20 Prätze 2: Sperren
- C** Schraube M8 Ölwg KG 7: Sperren
- D** Schraube M8 Ölwg KG 8: Sperren
- E** Schraube M8 Ölwg KG 9: Sperren
- F** Schraube M12 Seitendeckel 6: Sperren
- G** Schraube M12 Seitendeckel 7: Sperren
- H** Schraube M12 Seitendeckel 8: Sperren
- I** Schraube M120 Kupplungsgeh 10: Sperren
- J** Schraube M120 Kupplungsgeh 11: Sperren



Insgesamt 146 Schrauben



Bearbeiten der Schrauben :
Anklicken einer Schraubenfläche
und eingeben der Vorspannkraft



Hardware und Betriebssystem

- Windows XP x64
- 2 x AMD Opteron Dual-Core 2.80 GHz
- 32 GB RAM
- 750 GB Festplatte

FE - Programm

- ANSYS Workbench Professional NLS
- ohne HPC

Lineare Berechnung

Knoten – 1.724.421
Elemente – 1.033.543
Alle Kontaktflächen verbunden

pro Lastfall – **1 Std 13 min**

Nichtlineare Berechnung

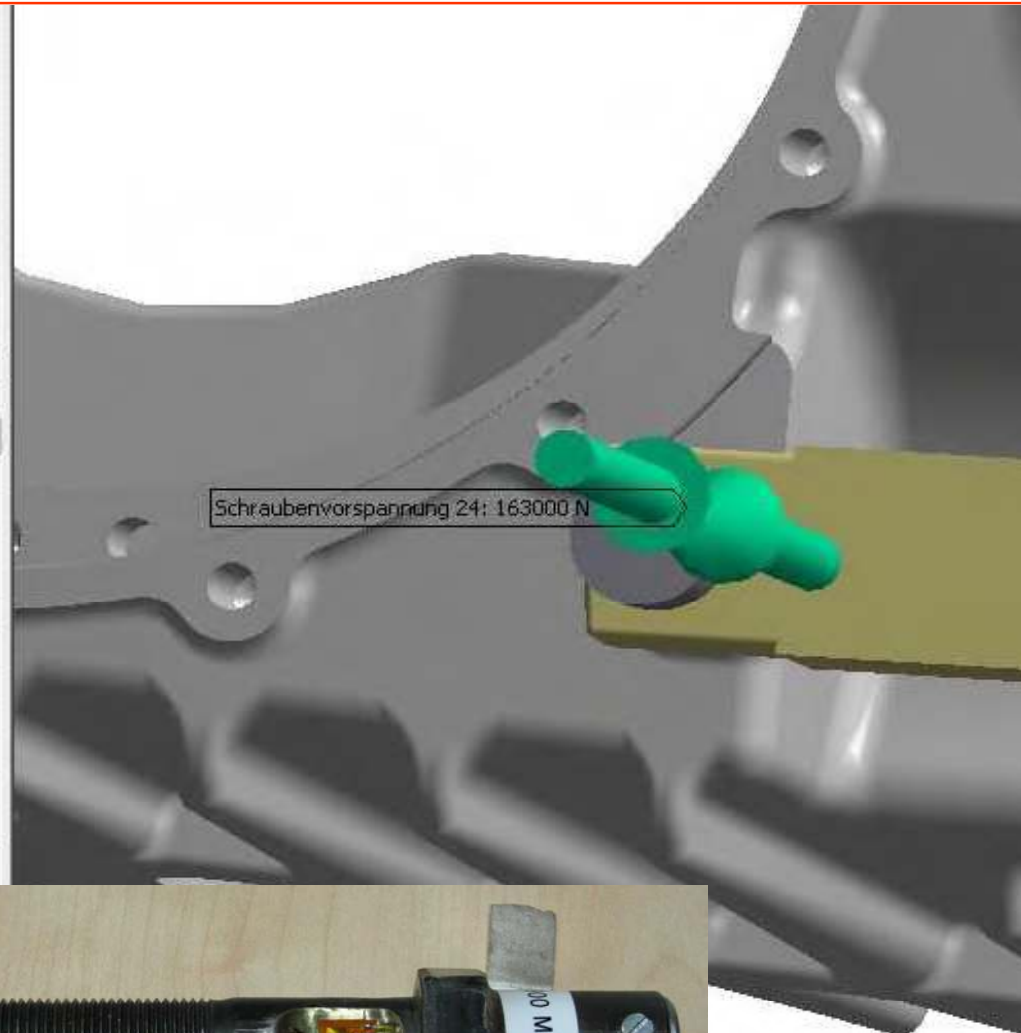
Knoten – 1.724.421
Elemente – 1.033.543
16 Flächen Kontakt + Reibung
116 Schrauben mit Vorspannung

pro Lastfall – **12 Std 35 min**



✓	Schraubenvorspannung 19
✓	Schraubenvorspannung 20
✓	Schraubenvorspannung 21
✓	Schraubenvorspannung 22
✓	Schraubenvorspannung 23
✓	Schraubenvorspannung 24
✓	Schraubenvorspannung 25
✓	Schraubenvorspannung 26
✓	Schraubenvorspannung 27
✓	Schraubenvorspannung 28
✓	Schraubenvorspannung 29
✓	Schraubenvorspannung 30

Details von "Schraubenvorspannung 24"	
Bereich	
Kontaktfindungs-Methode	Geometrieauswahl
Geometrie	1 Fläche
Definition	
Typ	Schraubenvorspannung
Unterdrückt	Nein
Definiert durch	Vorspannkraft
Vorspannkraft	1,63e+005 N
Reaktionskräfte und -momente	
Vorspannweg	0,28573 mm
Betriebslast	1,6925e+005 N



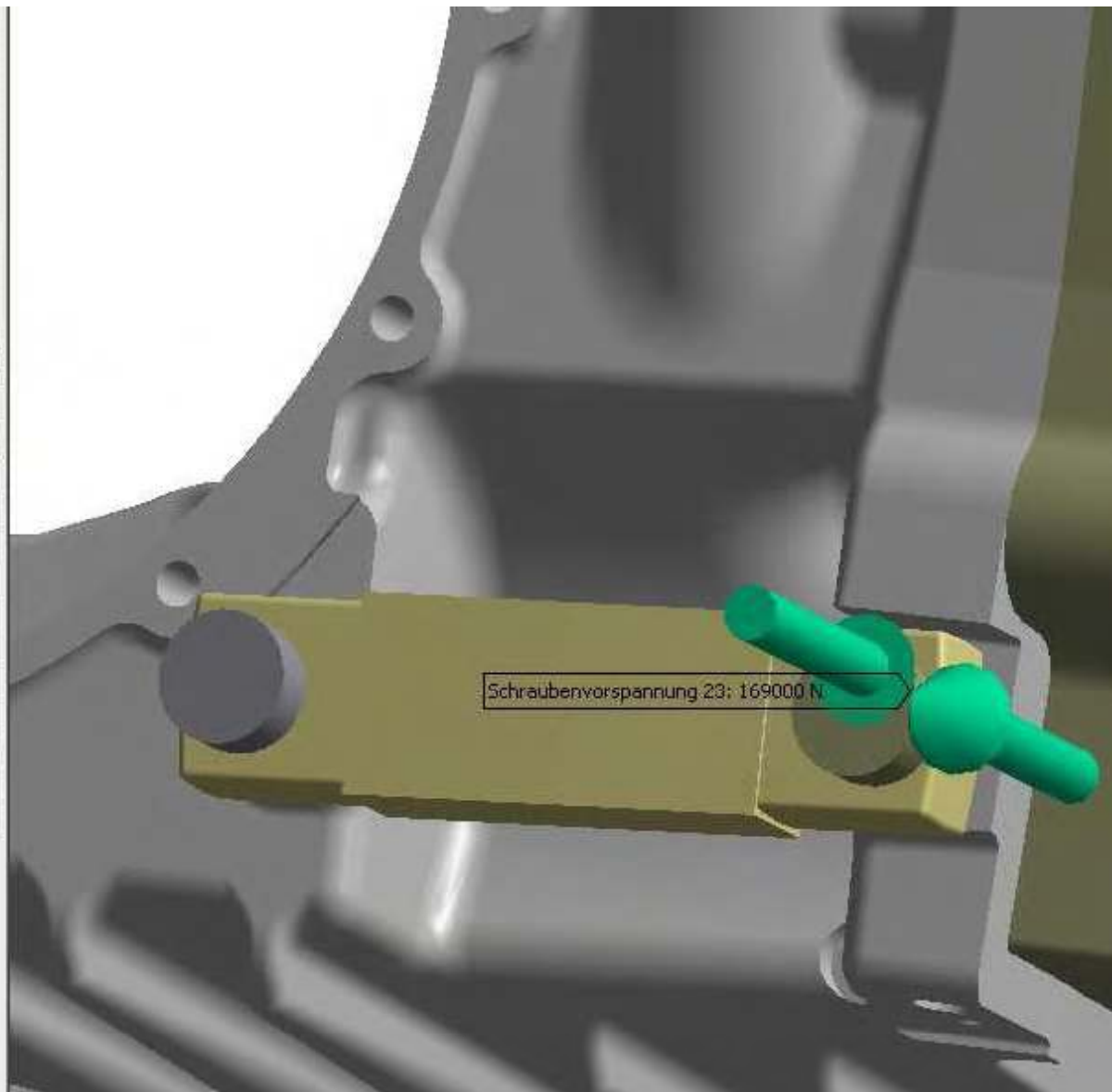
Verwendete Messschraube

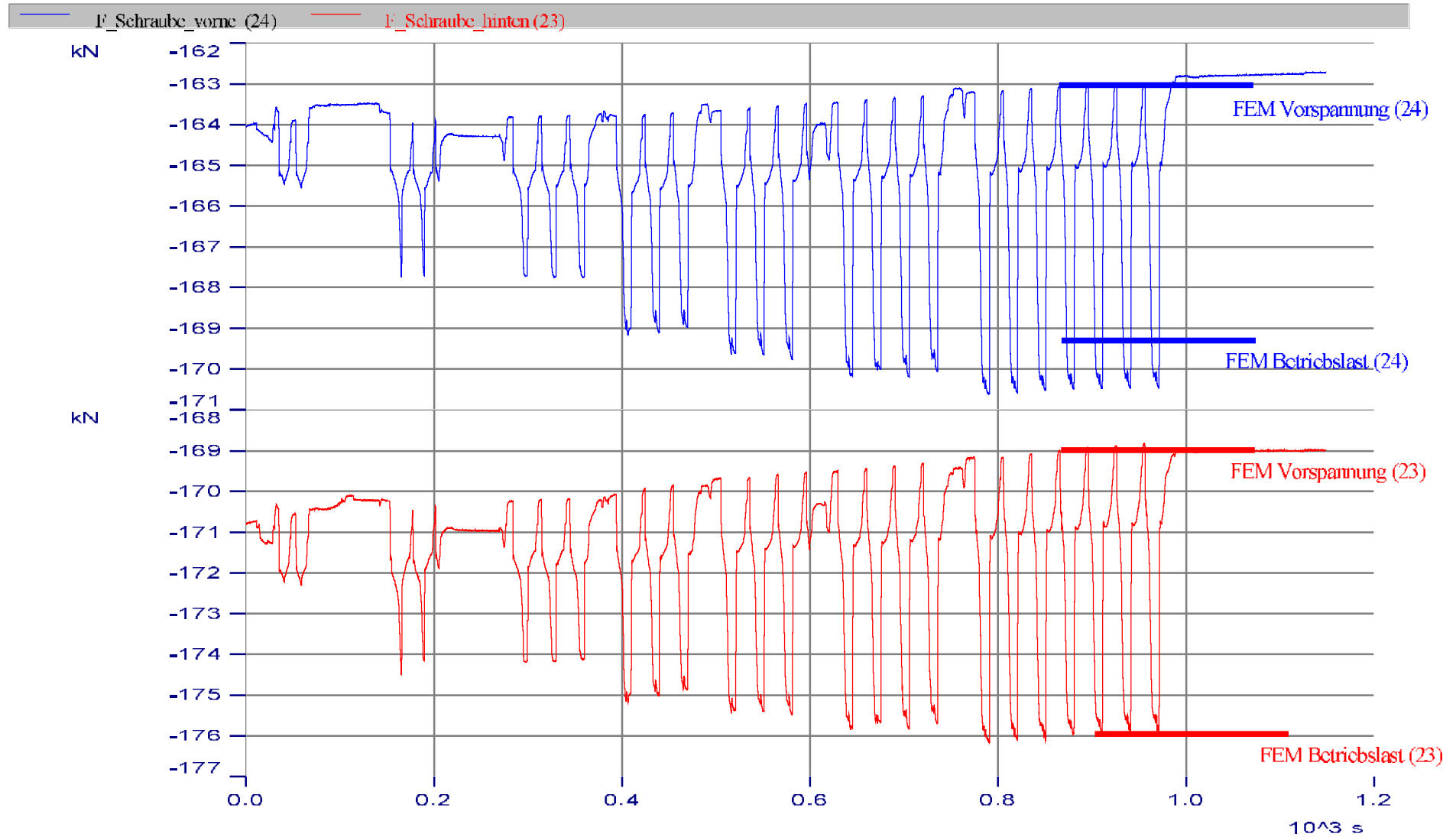


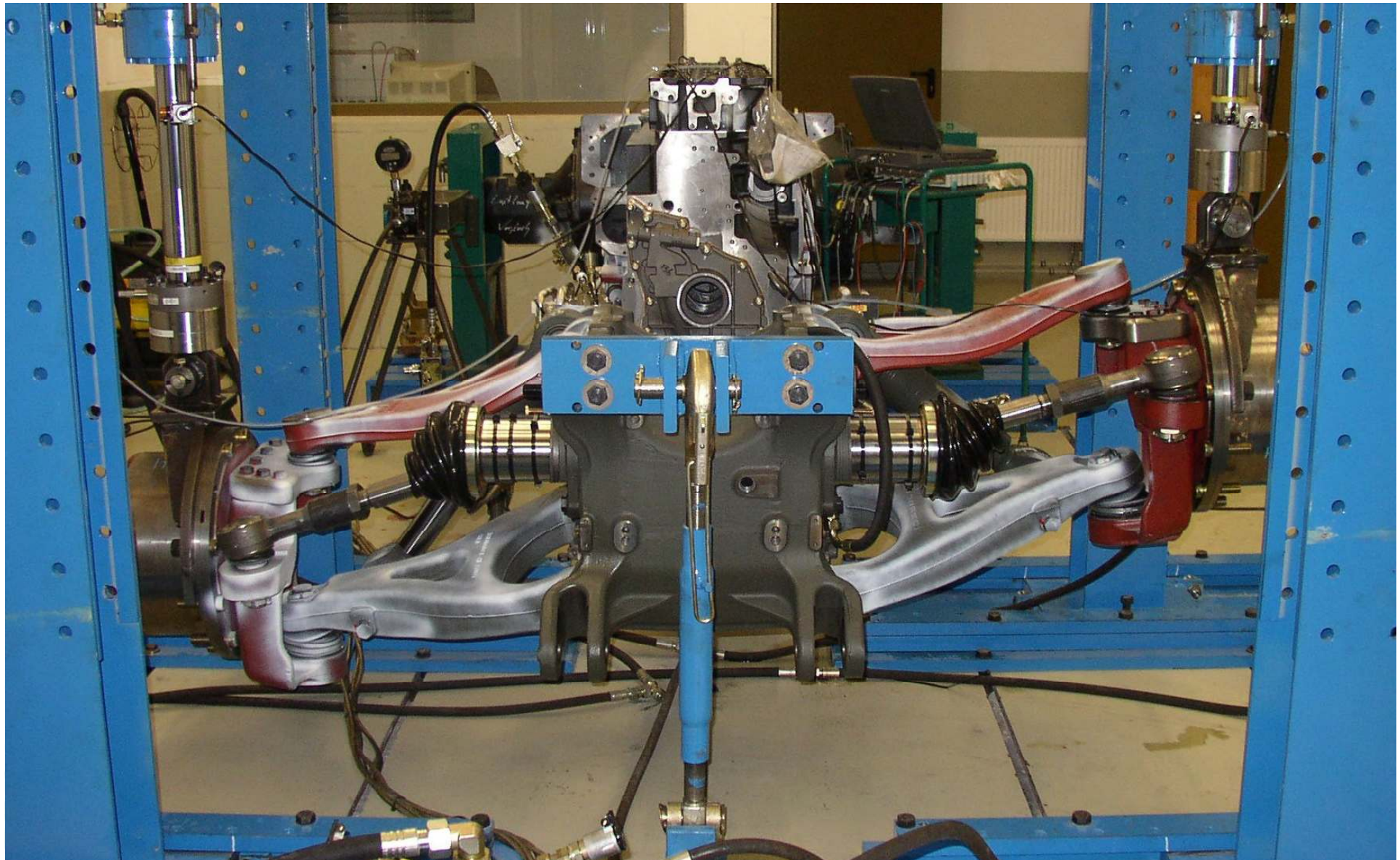
Schraubenvorspannung 19 ✓
 Schraubenvorspannung 20 ✓
 Schraubenvorspannung 21 ✓
 Schraubenvorspannung 22 ✓
 Schraubenvorspannung 23 ✓
 Schraubenvorspannung 24 ✓
 Schraubenvorspannung 25 ✓
 Schraubenvorspannung 26 ✓
 Schraubenvorspannung 27 ✓
 Schraubenvorspannung 28 ✓
 Schraubenvorspannung 29 ✓
 Schraubenvorspannung 30 ✓

Détails von "Schraubenvorspannung 23"

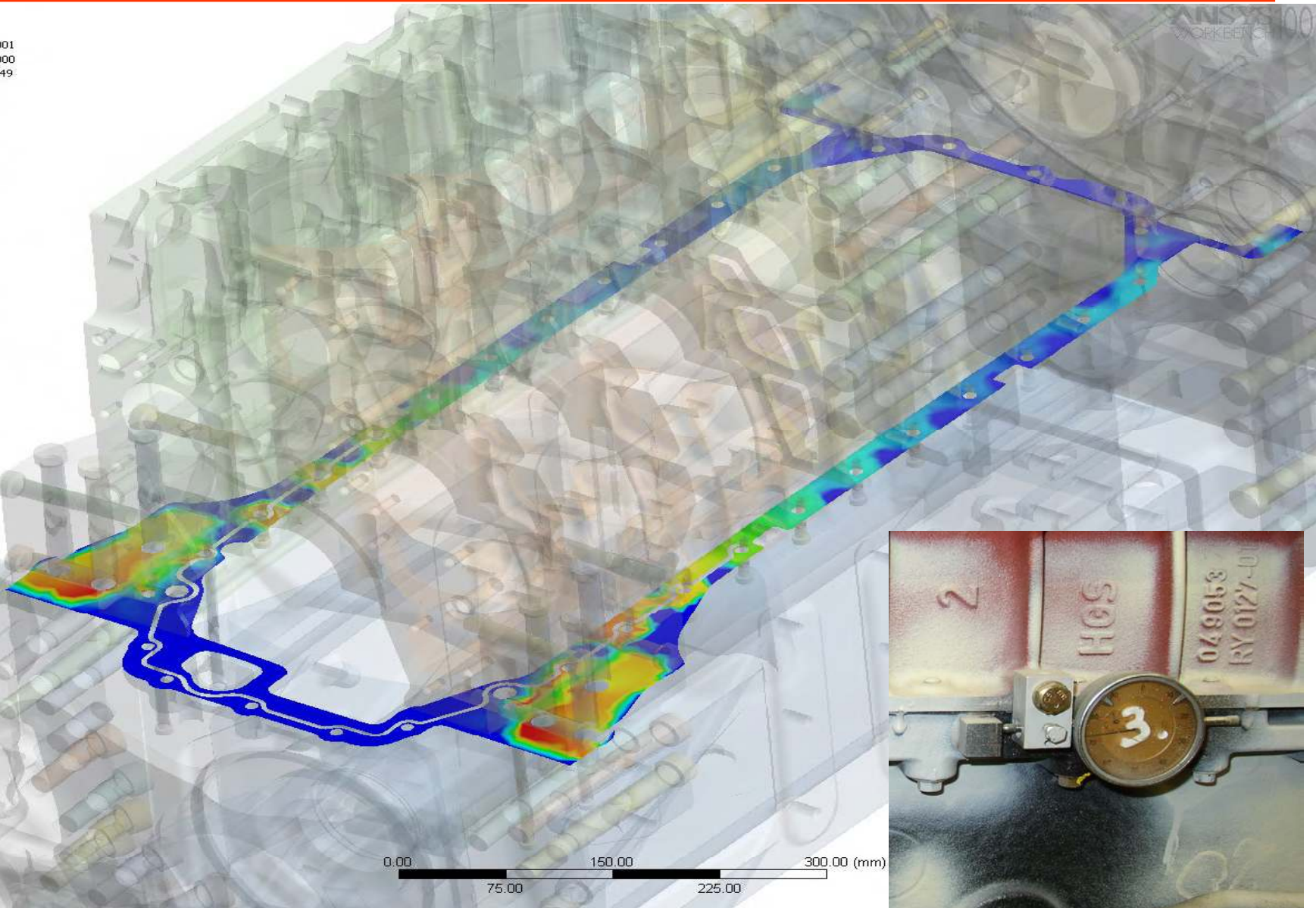
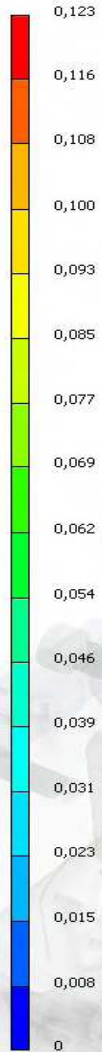
Bereich	
Kontaktfindungs-Methode	Geometrieauswahl
Geometrie	1 Fläche
Definition	
Typ	Schraubenvorspannung
Unterdrückt	Nein
Definiert durch	Vorspannkraft
Vorspannkraft	1,69e+005 N
Reaktionskräfte und -momente	
Vorspannweg	0,29376 mm
Betriebslast	1,7597e+005 N

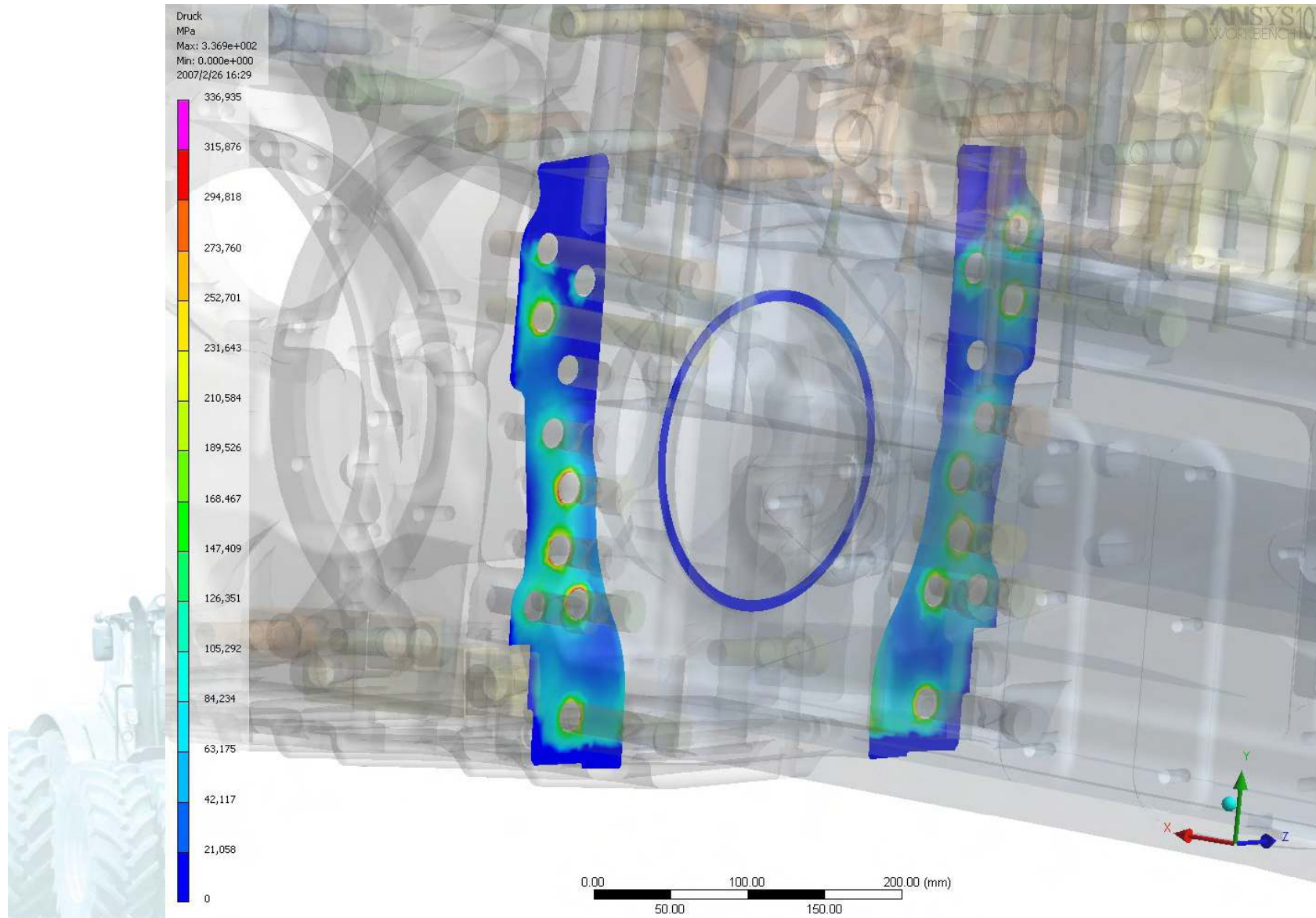


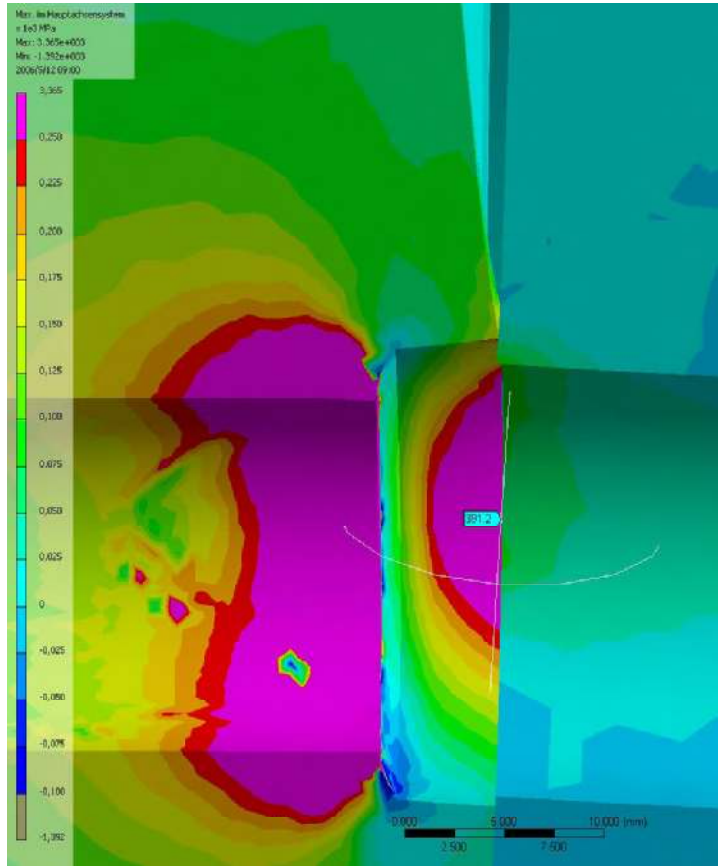




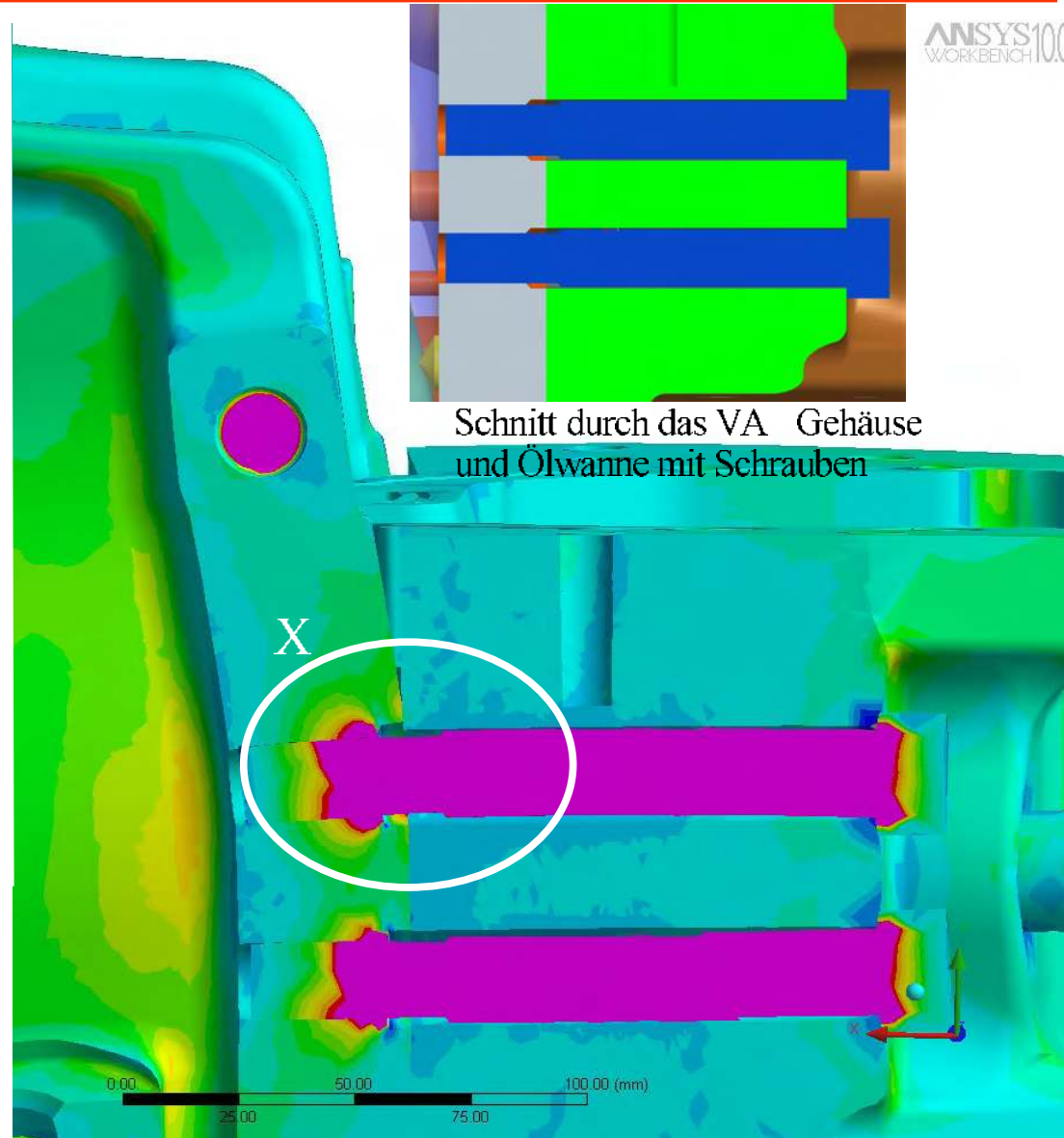
Gleitweg
mm
Max: 1,235e-001
Min: 0,000e+000
2007/2/26 16:49



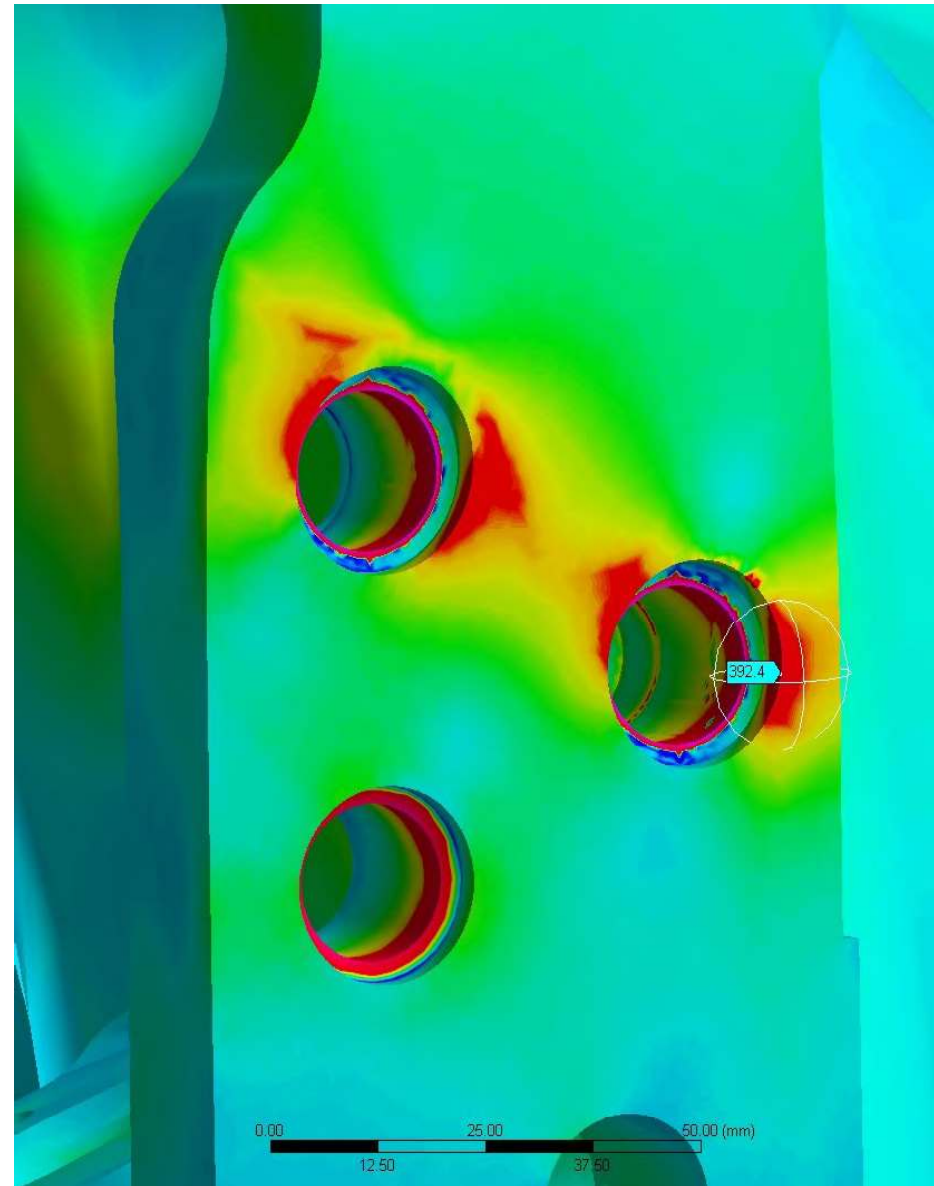
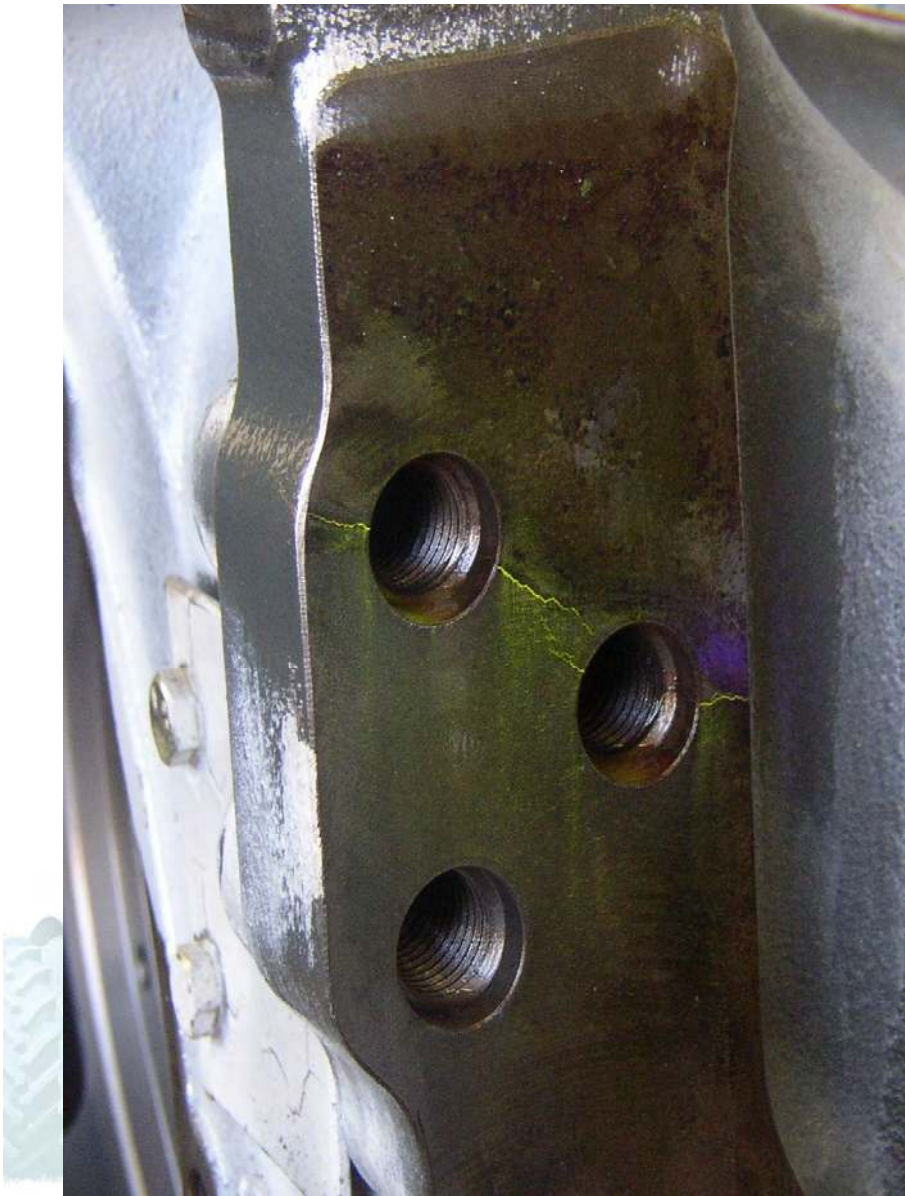




Detail X: Gleicher Schnitt,
nur ohne Schrauben
max. Hauptsp. – 391.2 N/mm²



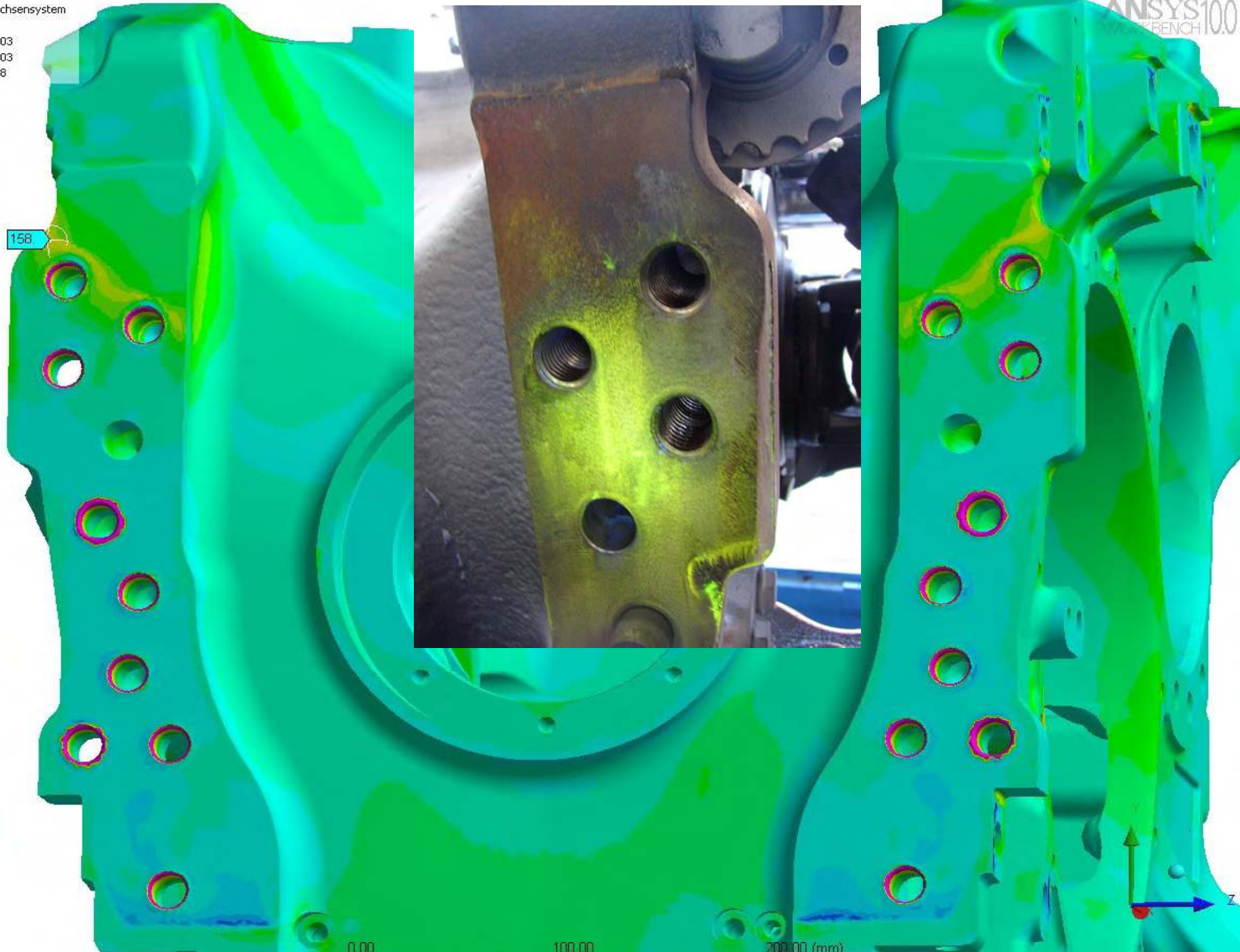
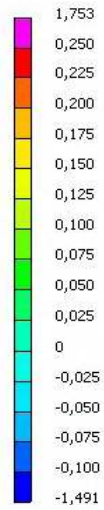
Schnitt durch das VA Gehäuse
und Ölwanne mit Schrauben



VA-Gehäuse ohne Ansenkung der Gewinde

Vergleich abgeschlossener Versuch und Berechnung

Max. im Hauptachsensystem
x 1e3 MPa
Max: 1,753e+003
Min: -1,491e+003
2006/5/11 07:48



Bisherige Erfahrungen mit Ansys bei der Berechnung von verschraubten Gehäusen :

Beim sorgfältig erstellten CAD-Modell keine Probleme bei der Vernetzung

Sehr gute CAD – Connection

Veränderte Modelle lassen sich einfach austauschen für eine Variantenberechnung

geringe manuelle Nacharbeit

Aufbringen der Vorspannkraft der Schrauben bei Ansys sehr einfach

Modellierung der Flanschflächen mit Kontakt und Reibung notwendig für genaue Ergebnisse

Probleme mit Schrauben konnten erfolgreich bearbeitet werden

Sehr gute Übereinstimmung zwischen Messung und FEM Berechnung

bei Betriebskraft, Spalt, Gleitweg und Spannungen

Bei neuen Projekte wird der vorgestellte Weg konsequent angewendet.

