



Simulation

Gestern-Heute-Morgen

bei John Deere

Dr. Peter Pirro, Manager Product
Verification & Validation Global
Mid Tractors



JOHN DEERE

*ANSYS Conference & 31th CADFEM Users' Meeting 2013
June 19-21, 2013 – Rosengarten Mannheim*

Überblick

- I. Vorstellung John Deere
- II. Zeitreise Gestern bis Heute
 - Struktur Analyse
 - Strömungssimulation
 - Mehrkörpersimulation
 - Dynamische System Simulation
- III. Vision – Interdisziplinäre Systemsimulation/Multiphysics
- IV. Challenges
 - Transfer Kundenanforderung in Randbedingungen und Akzeptanzkriterien
 - Der dreibeinige Stuhl

John Deere Geschichte

1837 – John Deere entwickelt den ersten selbstreinigenden Stahlpflug

1918 – John Deere steigt in das Traktorengeschäft ein

1927 – John Deere verkauft seine ersten Mähdrescher

1956 – John Deere expandiert außerhalb der USA (Übernahme Lanz)

1963 – John Deere steigt in das Geschäft mit Maschinen für die Rasen- und Grundstückspflege ein



Landtechnik, Rasen- und Grundstückspflege

5 Produktplattformen mit ähnlichen Produkten



Ernte- maschinen

Mähdrescher
Schneidwerke
Zuckerrohr-,
Baumwoll-
Erntemaschinen

Rasen- und Grundstücks pflege

Nutzfahrzeuge
Rasen- u.
Kompakttraktoren
Großflächenmäher
Golfmaschinen
handgef.
Rasenmäher

Heu- und Futterernte

Selbstf. Häcksler
Erntevorsätze
Pressen
Mähwerke

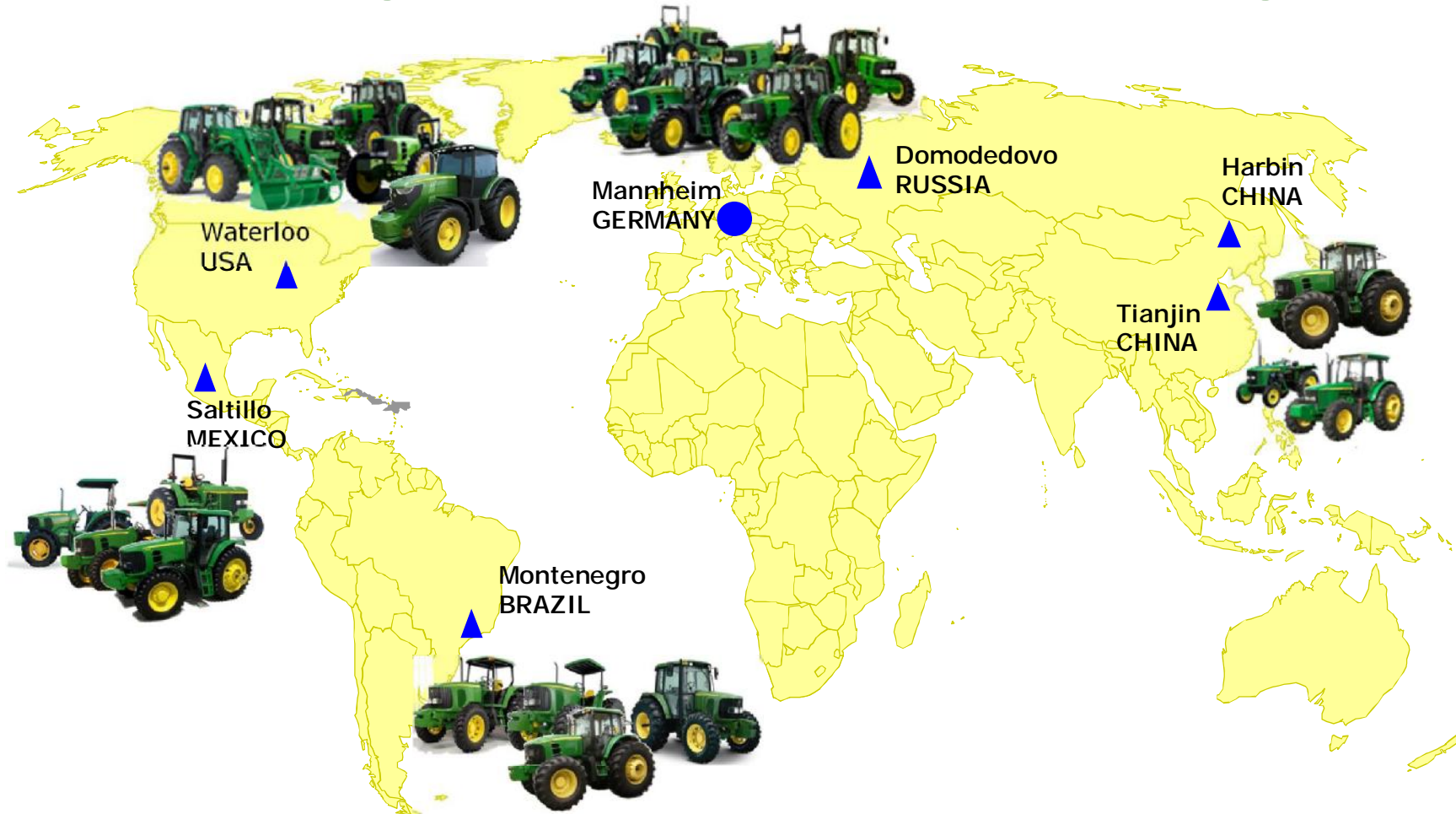
Ldw. Produktions- technik

Sägeräte
Bodenbearbeitung
Feldspritzen

Traktoren

Groß-
(8000, 9000)
Mittlere
(6000, 7000)
Kompakt-
4000, 5000)
Frontlader

Werk Mannheim - Mid-Tractor Design Center Globale Aufgaben und Produktverantwortung



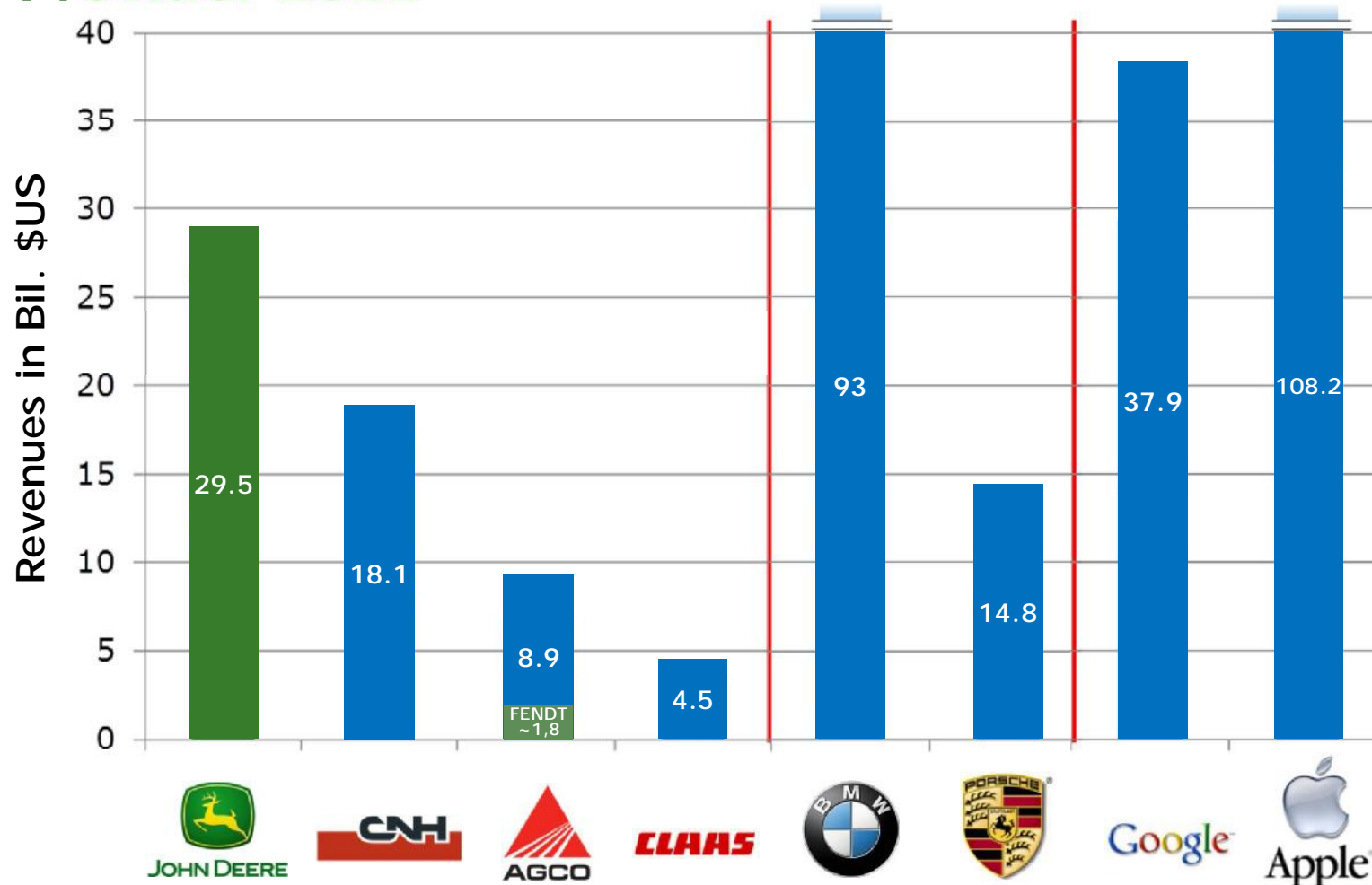
John Deere Werke Mannheim (D)

John Deere's größte Fabrik außerhalb Nordamerikas

- über 1.5 Mio. Traktoren seit 1921
- Produktion 2011: 40.200 Einheiten
- Repräsentiert $>^{2/3}$ der deutschen Traktorenproduktion
- Produkte: 5M/5R/6R Serie
- 4- und 6-Zylindermodelle von 70 – 210 PS
- 2.900 Mitarbeiter

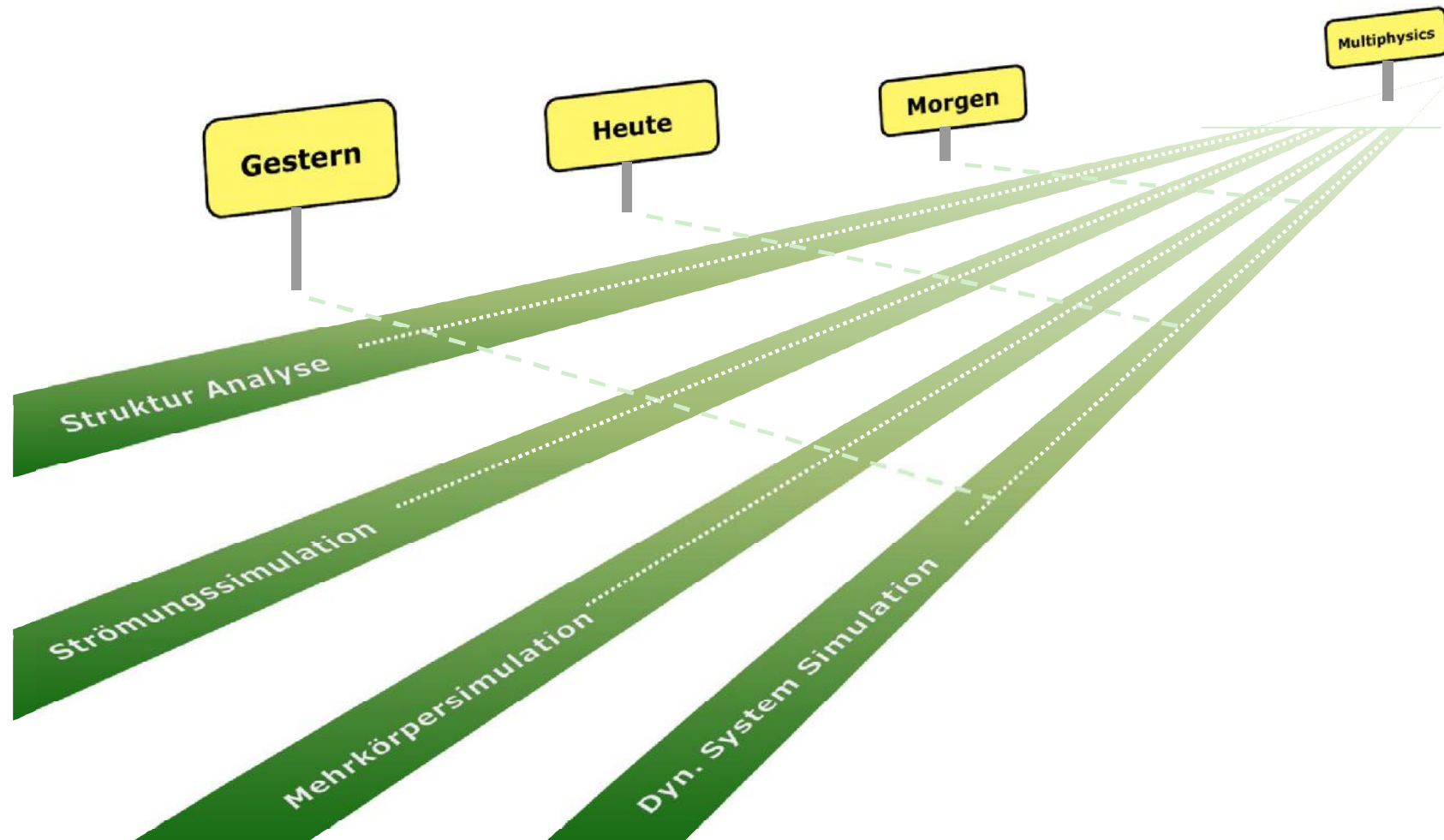


The World Largest Agricultural Equipment Provider 2011

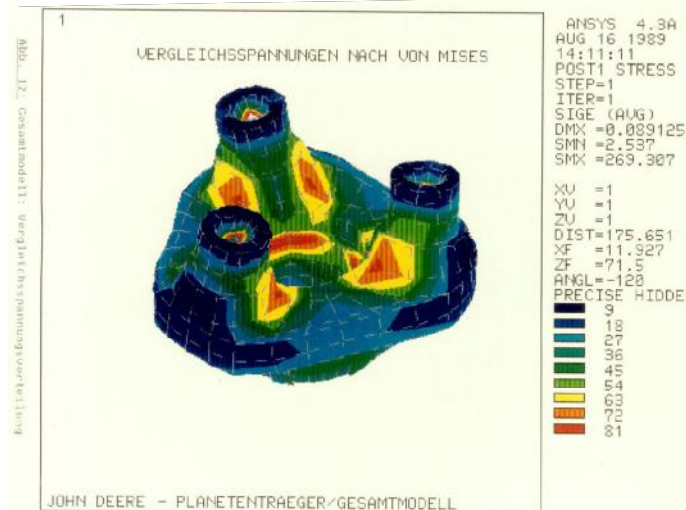
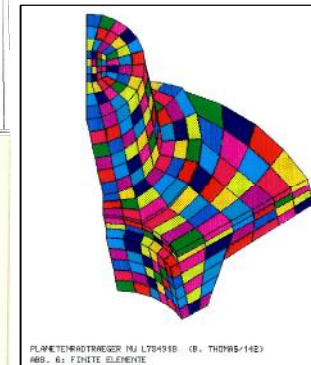
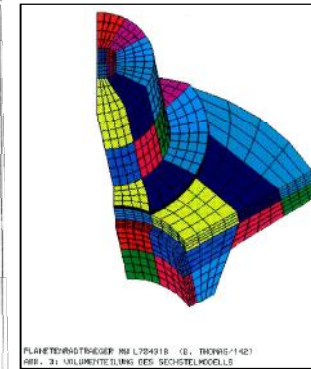
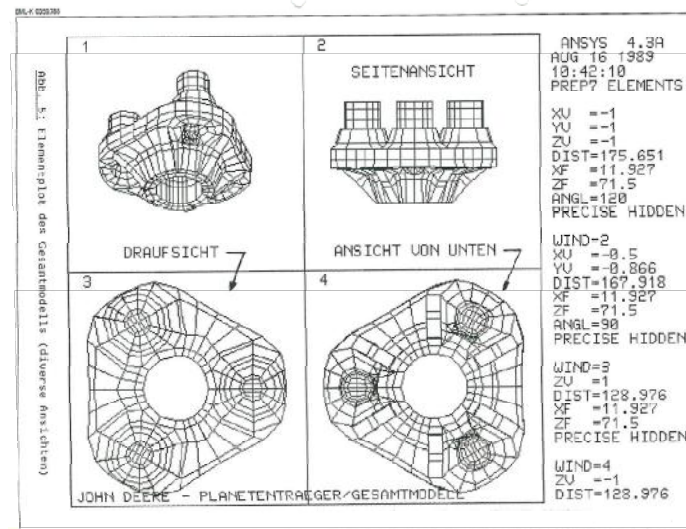




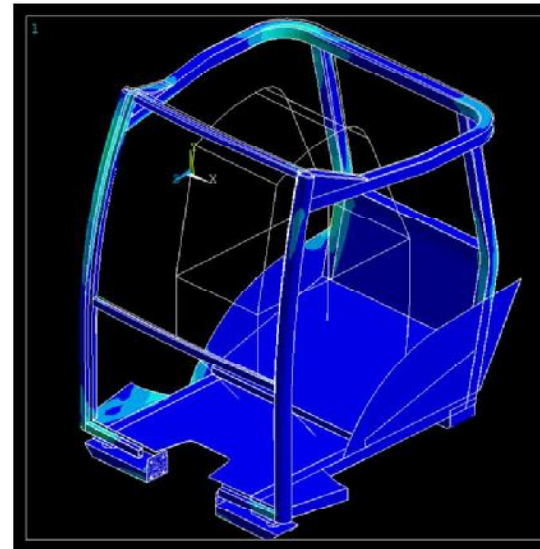
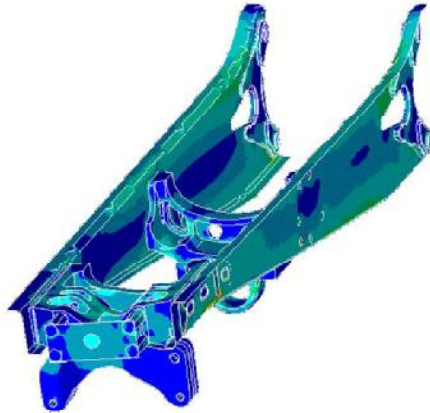
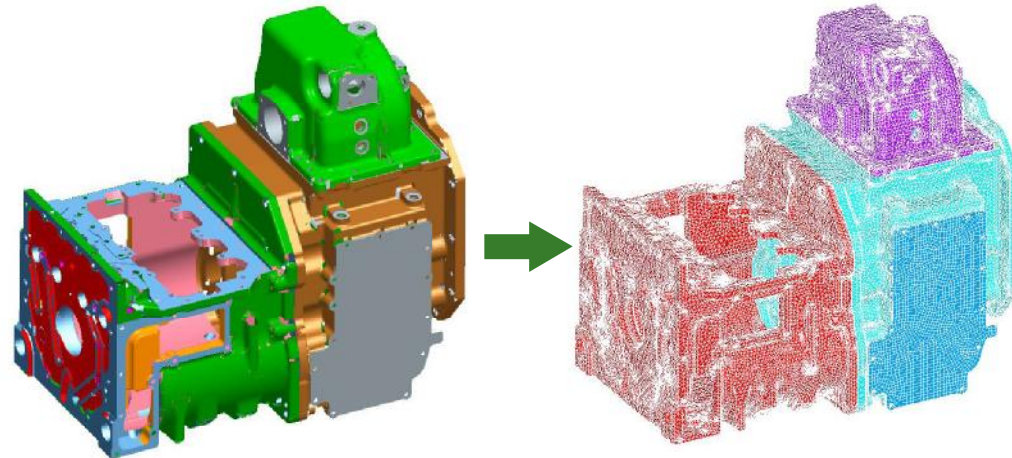
Roadmap



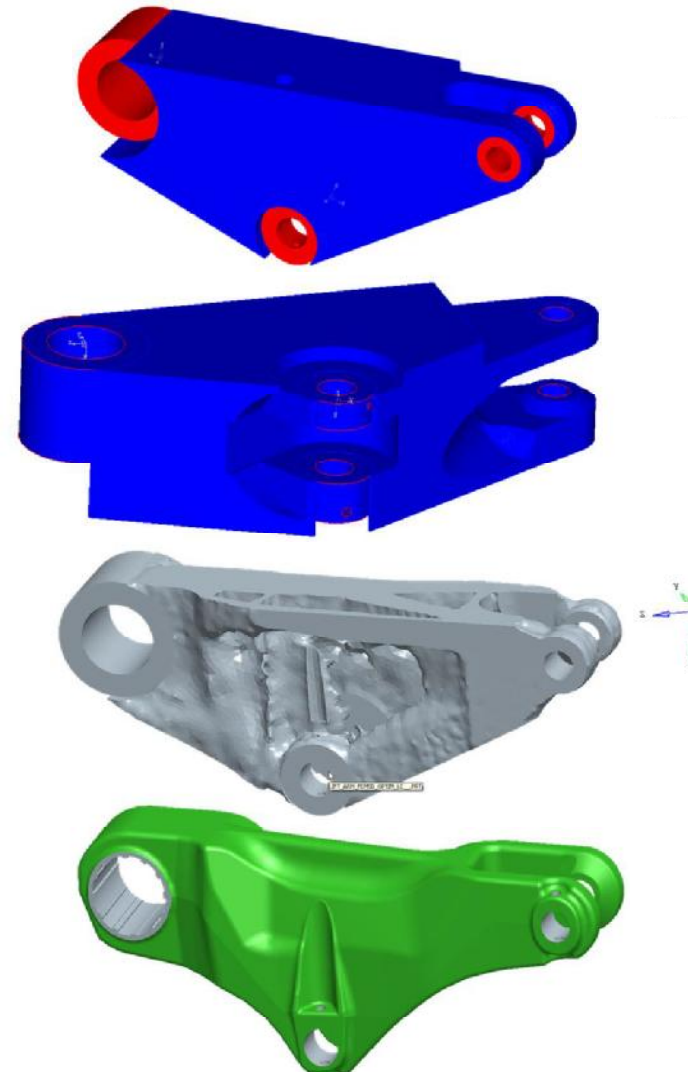
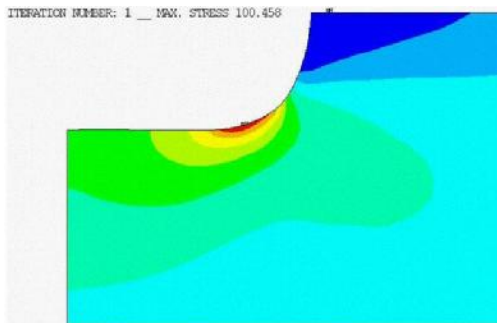
- Einzelteil (Planetenradträger)
- Bottom-Up meshing, Keypoints, Lines, Areas
- Sektionsweise Vernetzung
- Starke Vereinfachung der Geometrie und Randbedingungen
- Modellgröße begrenzt -> Teilmodelle
- Scripting
- Berechnung auf Großrechner



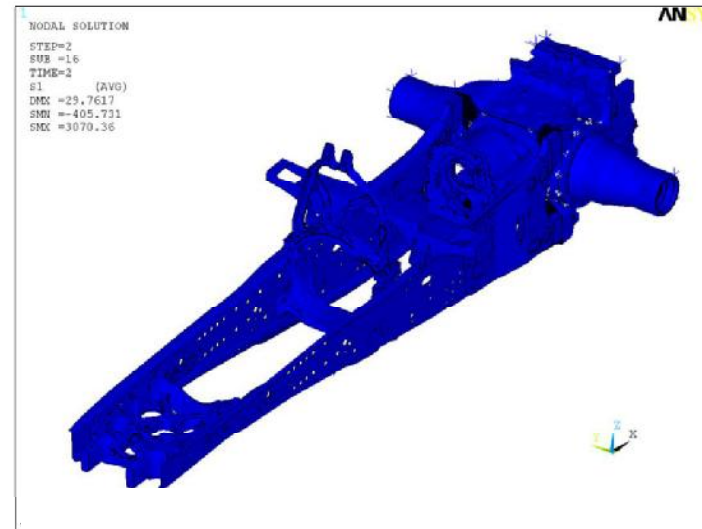
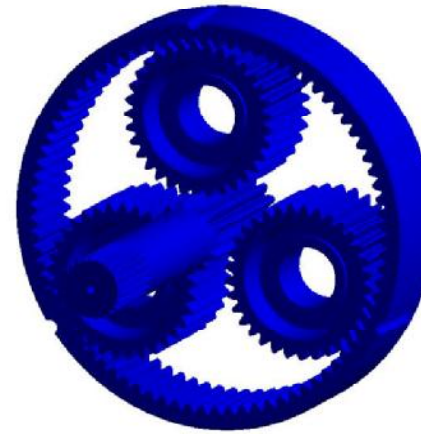
- 3D CAD Geometrie Import
- Große Zeitersparnis bei der Modellbildung
- Komplizierte Gussgeometrie
- Baugruppen
- Berechnung auf Workstation



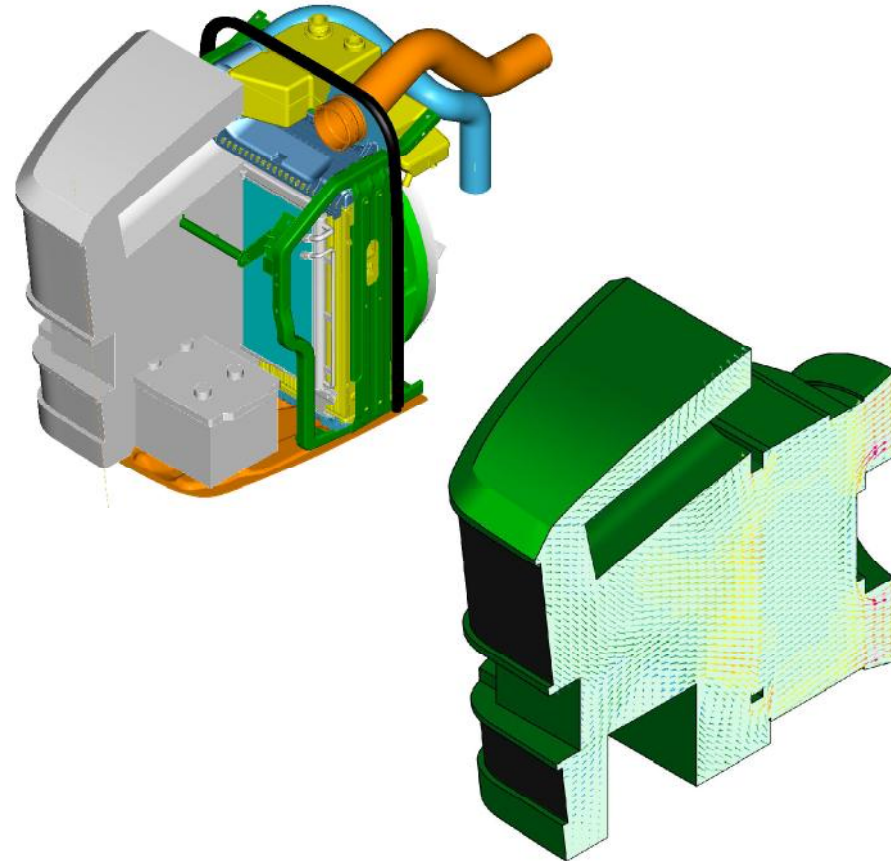
- Topologieoptimierung / Shapeoptimierung
- Nutzung numerischer Optimierungsverfahren zur Geometriefindung
- Kombination von Lastfällen
- Interpretation der Ergebnisse notwendig -> neue Geometrie



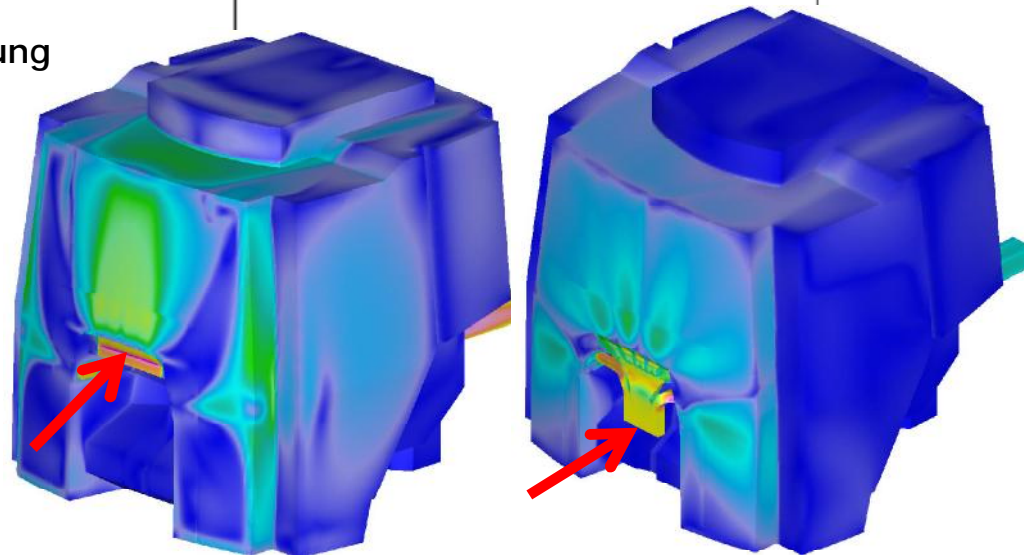
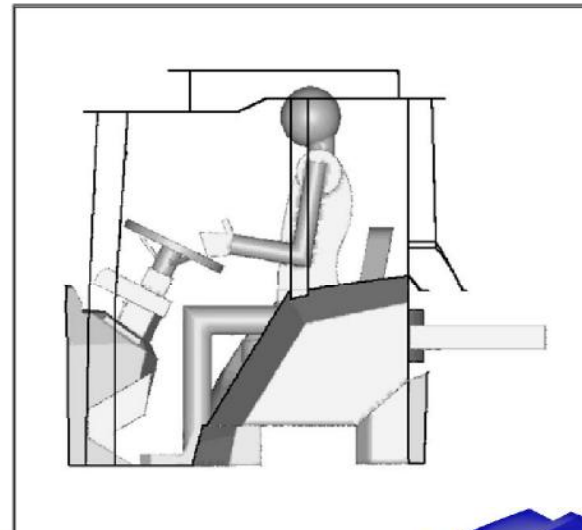
- Betrachtung der Gesamtbaugruppe
- Nichtlineare Abbildung des Gesamtsystems
- Berücksichtigung der Wechselwirkungen
- Einsatz von Rechenclustern
- Berechnung großer Modelle



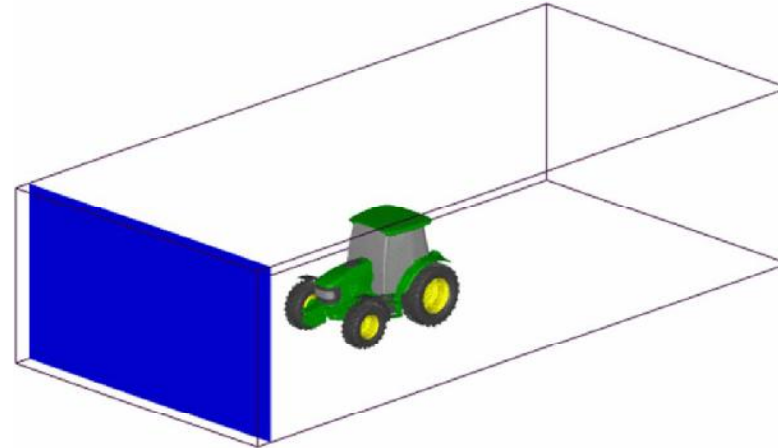
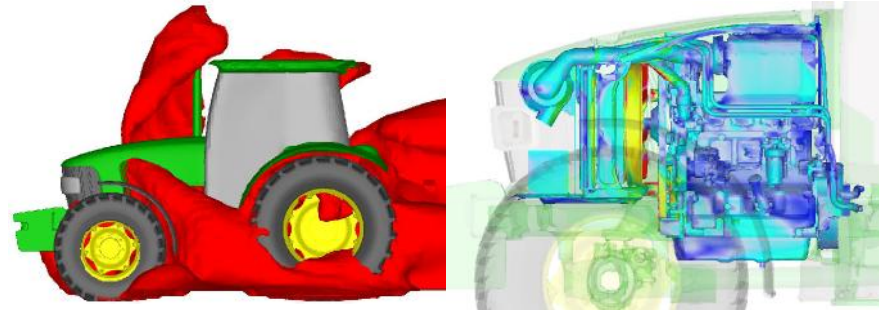
- Kühlpaket und Frontend
- Luftverteilung in den Kühlern
- Isotherm, inkompressibel, steady
- Lüfter nur als Randbedingung, Luftmassenstrom aus Test
- Anwender musste Geometrie zu Gunsten der Modellgröße stark vereinfachen



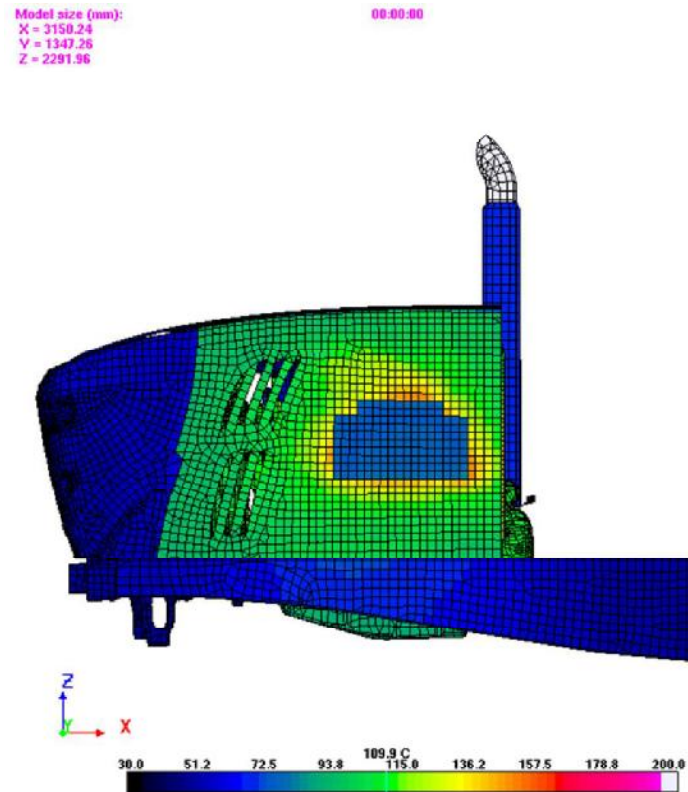
- Kabine
- Scheibenanströmung
- Keine Lüfter und Wärmetauscher
- Randbedingungen aus Test
- Geometrie vereinfacht
- Positionierung der Randbedingung hat erheblichen Einfluss auf das Ergebnis
=> Anwendererfahrung



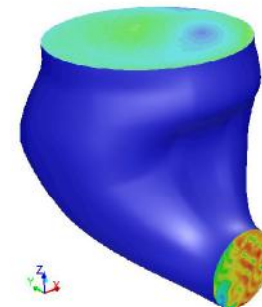
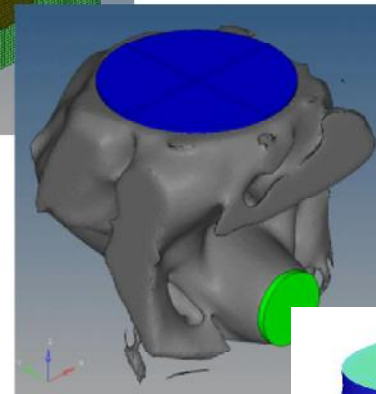
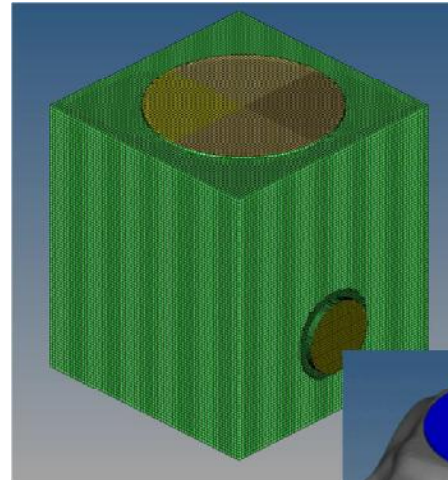
- Virtueller Windkanal
- Kühlluftmassenstrom und thermische Modelle (Rezirkulation)
- Detailliertes Fahrzeug
- Lüfter in moving reference frame
- Automatisierung:
 - Surface wrapping
 - Postprocessing Skript
- Detaillierte System- und Anwendungskennnisse notwendig



- Haubentemperatur
- Transiente thermische Analyse
- Fokus HotShutdown, nur natürliche Konvektion
- Underhood CFD liefert noch keine absoluten Wärmeübergangskoeffizienten
- Anwender muss für jedes Bauteil Annahmen für die konvektive Wärmeübertragung treffen

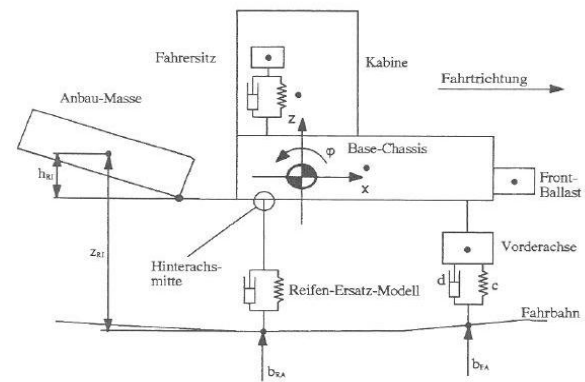


- Topologieoptimierung
- „Ideengeber“ für neue Formen
- Keine automatischen Ergebnisse
- Transfer der Optimierung in herstellbare Geometrie durch den Anwender



Mehrkörpersimulation

- Einspurmodell
- Bewegungsgleichungen
- Numerische Integration
- Ergebnisse als Zeitreihen
 - Wege
 - Geschwindigkeiten
 - Beschleunigungen
 - Kräfte
 - Momente
- Hauptsächlich Vertikal- und Längsdynamik
- Vorderachsfederung
- Schwingungstilgung



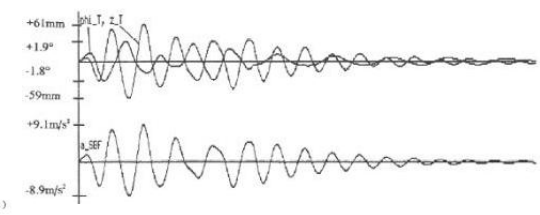
$$\ddot{\varphi}_T = \frac{1}{J_T + J_{RI}} \{ x_{FA} c_{FA} (b_{FA} - z_T - x_{FA} \varphi_T) - x_{RA} c_{RA} (b_{RA} - z_T + x_{RA} \varphi_T) + x_{FA} d_{FA} (\dot{b}_{FA} - \dot{z}_T - x_{FA} \dot{\varphi}_T) - x_{RA} d_{RA} (\dot{b}_{RA} - \dot{z}_T + x_{RA} \dot{\varphi}_T) + J_{RI} \frac{\ddot{h}_{RI}}{x_{RI}} \}$$

$$\ddot{z}_T = \frac{1}{m_T + m_{RI}} \{ c_{FA} (b_{FA} - z_T - x_{FA} \varphi_T) + c_{RA} (b_{RA} - z_T + x_{RA} \varphi_T) + d_{FA} (\dot{b}_{FA} - \dot{z}_T - x_{FA} \dot{\varphi}_T) + d_{RA} (\dot{b}_{RA} - \dot{z}_T + x_{RA} \dot{\varphi}_T) - m_{RI} \ddot{h}_{RI} - m_T g \}$$

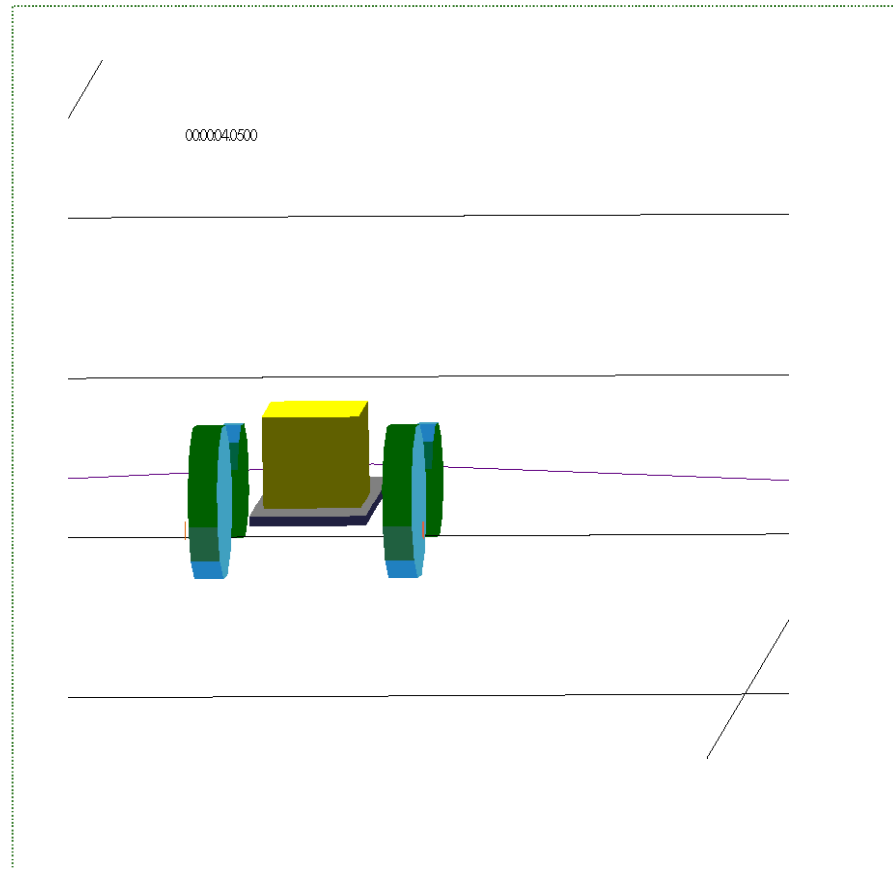
$$\begin{pmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \\ \vdots \\ \dot{x}_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -a_1/b_n & -a_2/b_n & -a_3/b_n & \dots & -a_n/b_n \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 1 \end{pmatrix} u$$

⇒ $\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{A} * \mathbf{x} + \mathbf{B} * u$

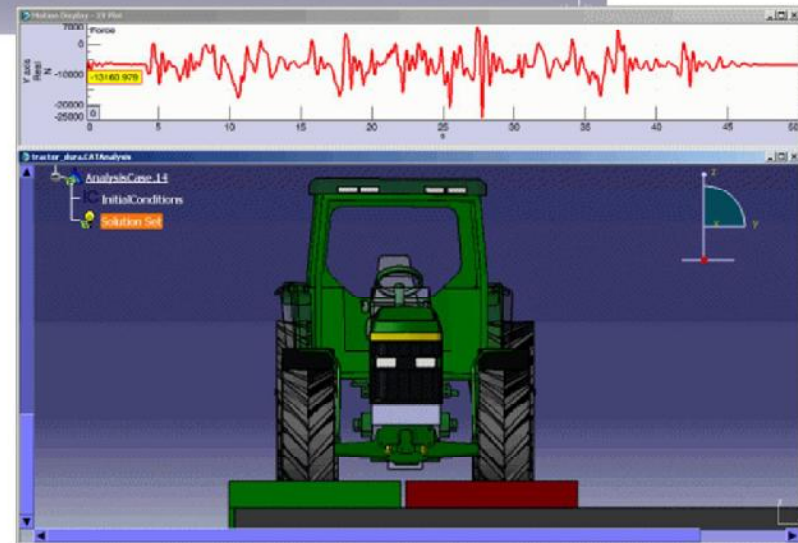
$$\dot{\mathbf{x}} \Big|_{t_K+\mu} = \frac{\delta \mathbf{x}}{\delta t} \Big|_{t_K+\mu} \approx \frac{\mathbf{x}_{K+1} - \mathbf{x}_K}{\Delta t}$$



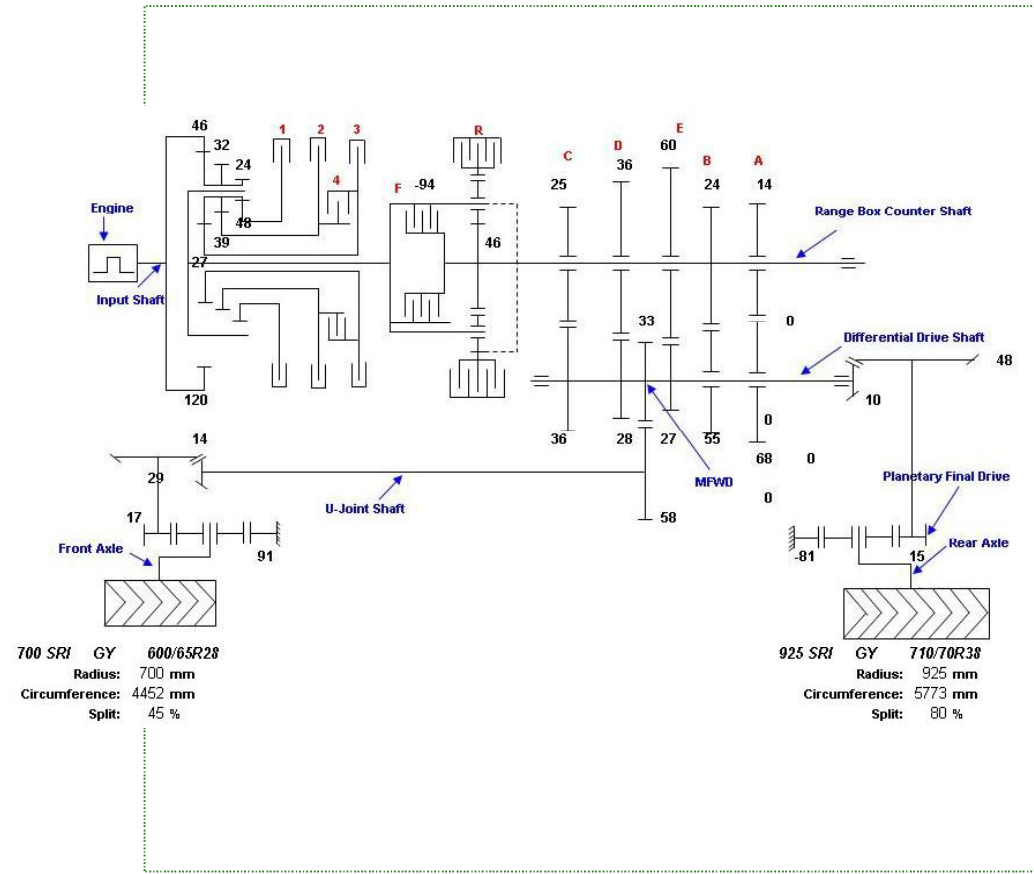
- Übergang zu Zweispurmodellen
- Erste Softwarepakete für 3d-Mehrkörpersimulation
 - z. B.: DADS, Adams
- Integrierte Reifenmodelle
- 3d-Straßenprofile als Anregung
- Zusätzlich Querdynamik
- Beginn der Fahrdynamik-Simulation



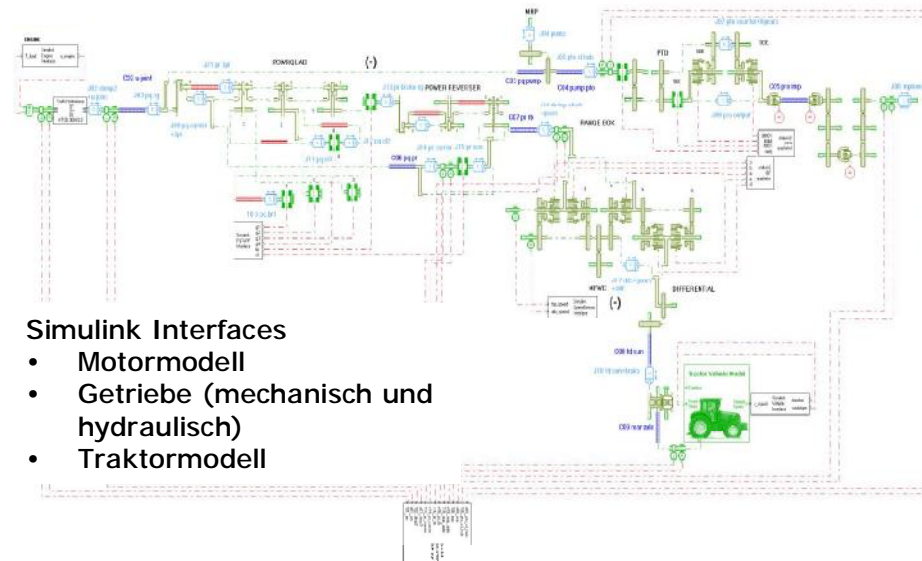
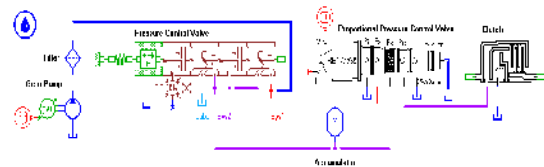
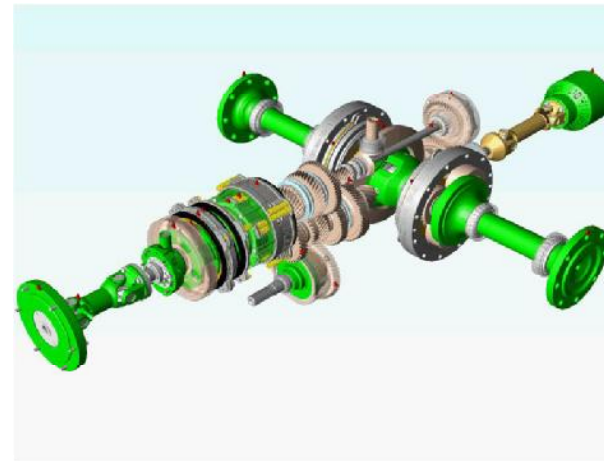
- Gesamtfahrzeugmodell
- Fahrdynamikuntersuchungen
 - Anbaugeräte
 - gezogene Geräte
- Komfortbewertung
- Optimierung von Federungen
- Ableiten von Lastdaten
- Co-Simulation Simulink/Virtual.Lab



- Stickdiagramm
- Stationäre Berechnungen
- Übersetzungen
- Drehzahlen
- Kräfte
- Momente



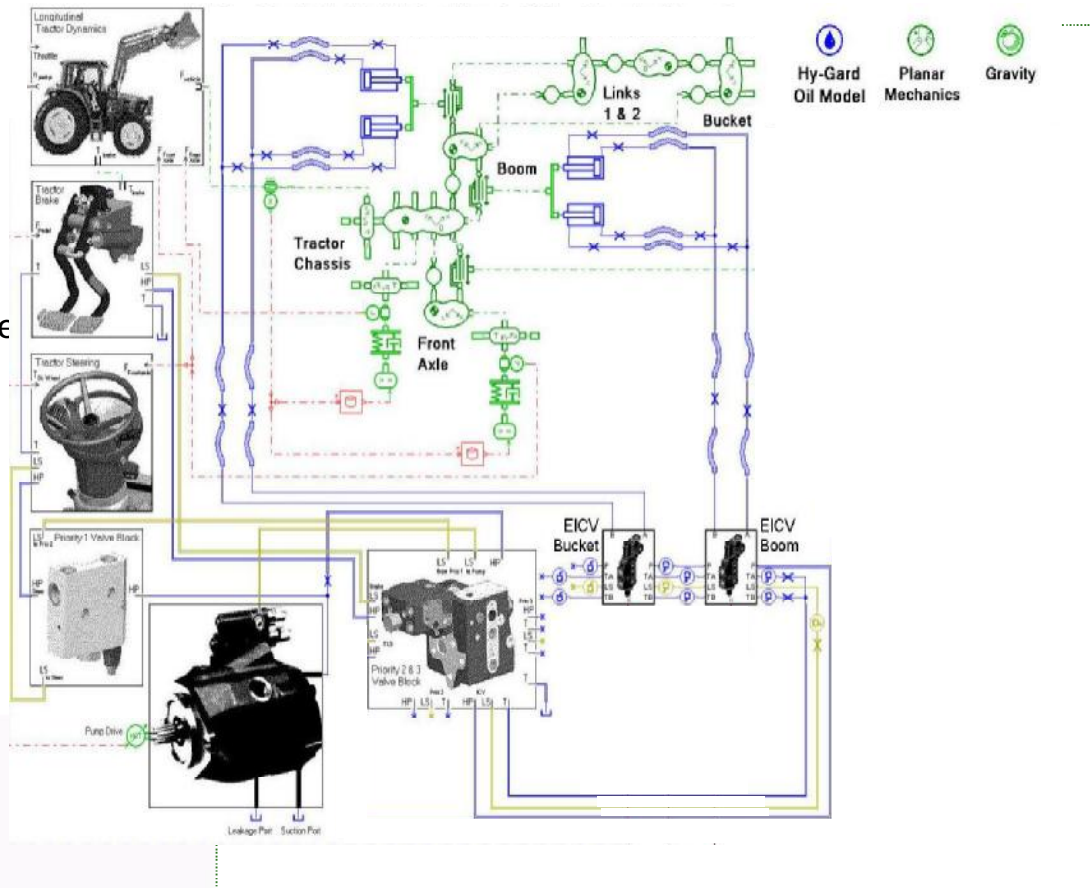
- Dynamische Berechnungen
 - hydraulische
 - mechanische Systeme
- Modalanalysen
- Schaltvorgänge
 - hydraulisches System
 - mechanisches System
- Reglerentwurf
- SIL und HIL-Testing



Simulink Interfaces

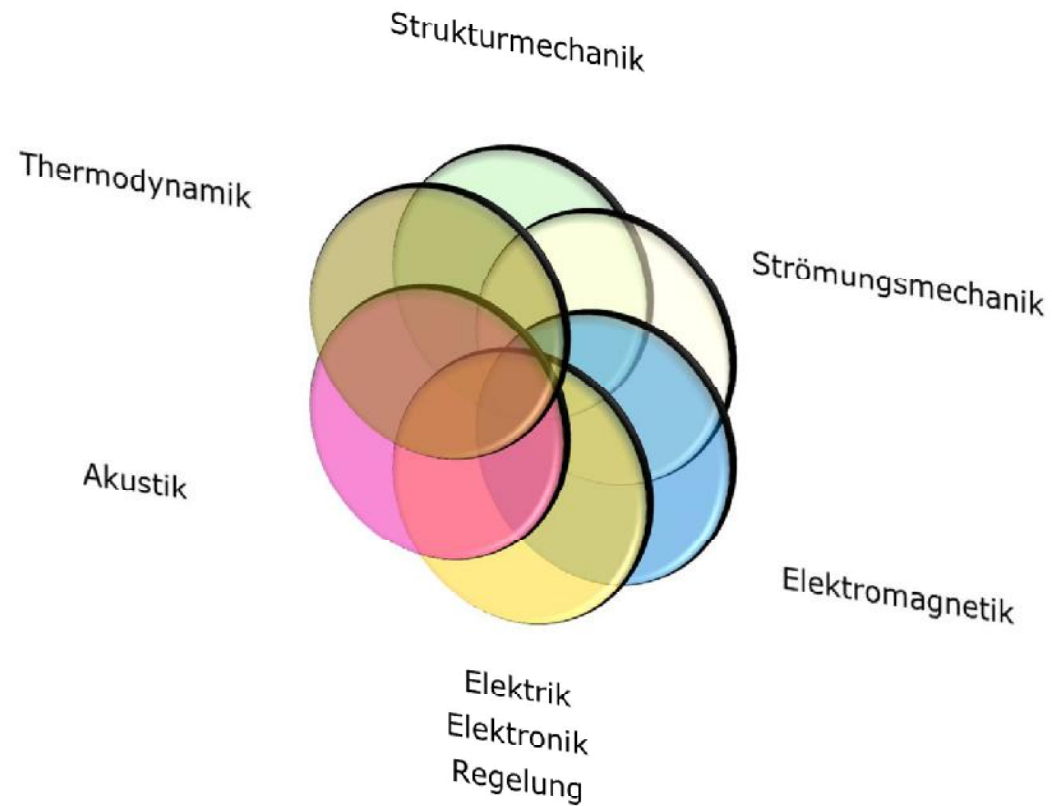
- Motormodell
- Getriebe (mechanisch und hydraulisch)
- Traktormodell

- Hydraulik System
- Kopplung an Mechanik
- Kopplung mit Controller
- Interaktion der Systeme
- Multi-Domain Ansatz
 - Co-Simulation
 - Amesim
 - Simulink
 - Virtual.Lab



Multiphysics

Multiphysics / Interdisziplinäre Systemsimulation



Challenges

Transfer Kundenanforderungen in Randbedingungen und Akzeptanzkriterien



Der dreibeinige Stuhl

Prozess:
Systematische
Einbindung der
Simulation in den
Entwicklungs-Prozess
bereits in der
Konzeptphase

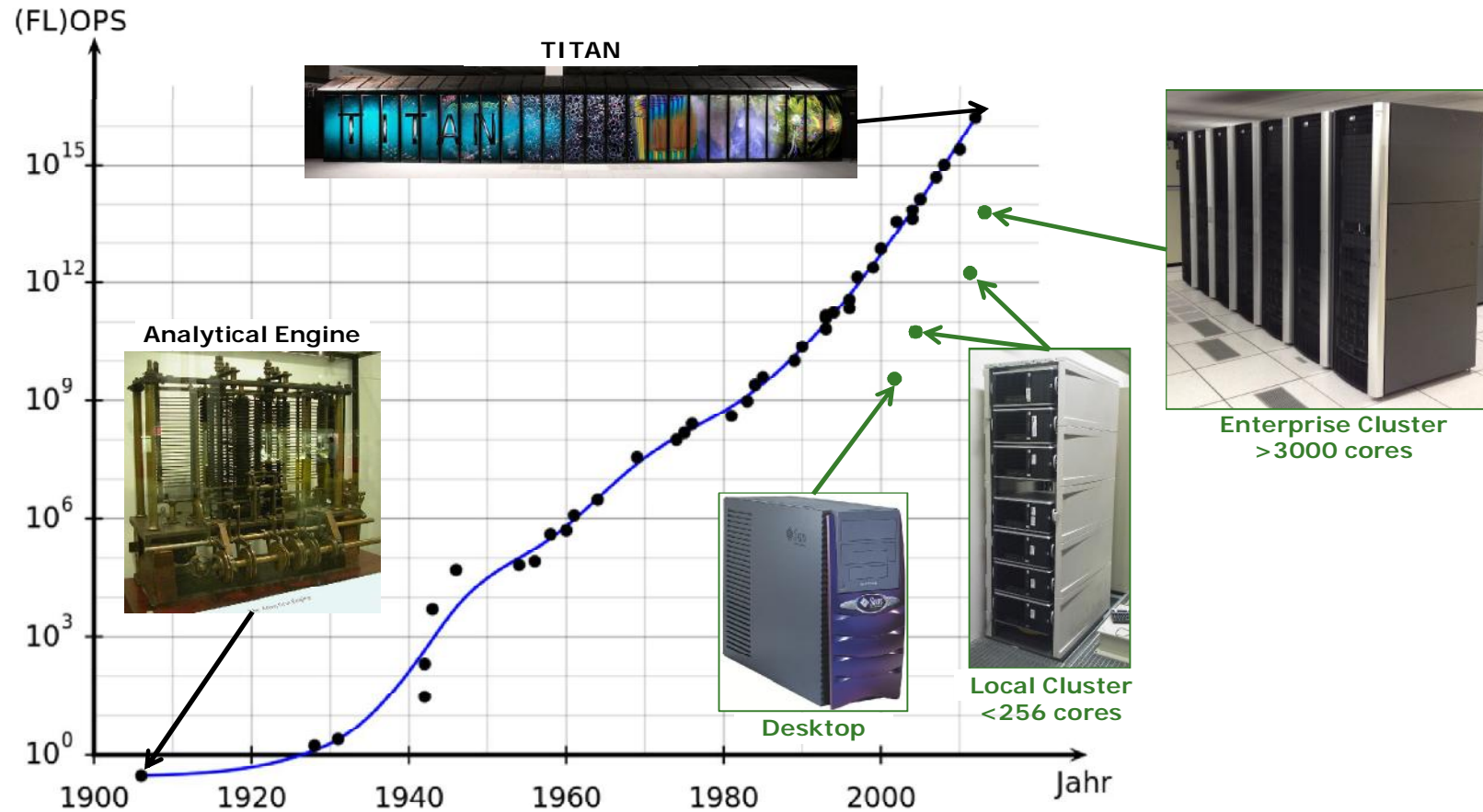


Ressourcen:
Verfügbarkeit von
hochqualifiziertem Personal,
High-Performance
Computing, Software-
Lizenzen, ...

Kompetenzen:
Aufbau und Erhalt der notwendigen
Kernkompetenzen/Qualifikation im
Unternehmen, Knowledge Management

High Performance Computing

Rechengeschwindigkeit von Supercomputern



Erforderliche Kompetenzen

Anforderungen an den Simulator/Simulant/CAE Engineer

- Grundlagen Ausbildung
- Spezielle CAE Kenntnisse
- Kontinuierliche Fortbildung
- Produktwissen
- ...





JOHN DEERE

„Mit den Methoden von Gestern
entwickelt man auch die Produkte von Gestern.“