

FEM-on-demand

Simulation mit grossen Baugruppen in Solidworks

Topics :

- FEM-Berechnung grosser Baugruppen
→ als Ganzes möglich? Immer sinnvoll?
- FEM im Umbruch: Berechnender Konstrukteur oder konstruierender Berechner?
- Schnelldurchlauf Beispielprojekt
- Ergebnisvergleich Cosmos / ANSYS
- Projektbeispiele aus Nutzfahrzeugtechnik und Agrartechnik
- ROI bei FEM-Projekten
- Fazit
- Voting / Diskussion



Besonderheiten bei der FEM-Berechnung grosser Baugruppen

- komplexer Kraftfluss / Lastteilung / (Schweißbaugruppen)
- oft viele Lastfälle statische / "schwingende" Beanspruchung
→ Auslöschung / Überlagerung von Effekten möglich
→ Analyse- und Auswertestrategie nicht trivial
- grosser Speicherbedarf (PC >1 GB)
- Viele solcher Baugruppen wurden vorher noch nie / nur vereinfacht berechnet
→ Erstrechnung kann aufzeigen :
 - viel Optimierungspotential ("überdimensioniert")
 - kein linearer rechnerischer Nachweis möglich
(zu hohe Lastannahmen / Bauteil hält nur bruchmechanisch)



Anforderungen an Simulation von Baugruppen

Anspruch :

- Berechnung auf Basis von CAD-Daten "auf Knopfdruck"
- Flexible Neuberechnung bei Änderungen ("On-Demand")
- Sensibilitäts-Studien / Optimierungen
- "Mehrwert" des Produktes durch Einsatz von FEM
 - weniger Versuche / Tests
 - Simulation soll Ersparnis bringen anstatt Kosten!

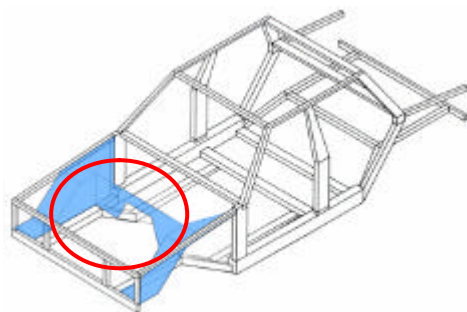
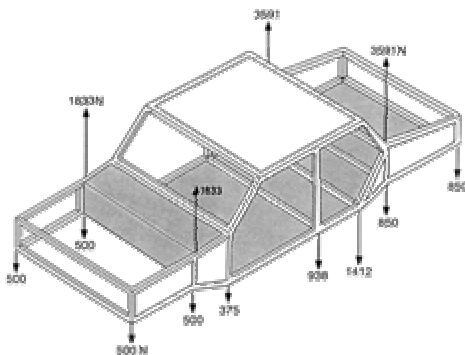
Wir stellen fest :

- Übliche CAD-Modelle **NIE 100% rechentauglich** :
 - hohe Detailtiefe
 - ➔ Unterdrückung nicht-relevanter Bauteile / Features
 - Geometrie nicht tauglich für Berechnung auf Knopfdruck
- Der Aufwand für eine Berechnung ist stark abhängig von der Vorbereitung

Grosse Baugruppen und Leichtbau

Klassische Vorgehensweise für Leichtbau :

- Prinzipmodell zur Vordimensionierung (unparametrisch!)
- Meist Neuaufbau eines vereinfachten Modells (Zeitintensiv!)
- Kraftflussgerechter Grundrahmen (Balken/Schubfelder)
gezielte Versteifung von Problemstellen **durch Bleche**



FEM-Simulation grosser Baugruppen

Unser Stand zu **FEM On-Demand** :

- vollparametrisches Solidworks-Assembly, Simulation im CAD vorbereitet (wiederverwendbar für Konstruktion)
- Transfer nach FEM inkl. Checks
+ (gezieltem!) Feintuning mit Lastfalldefinition <2h
- Vernetzung (hier 292 Volumen / 516 vollautomat. Kontakte)
Berechnung 1580 sec pro Variante (3GHz / 1,5GB RAM)
- **Plausibilitätsprüfung** immer erforderlich !
(weiche Federn haben grossen Einfluss)
- **Genauigkeit** ?



Berechnender Konstrukteur oder konstruierender Berechner?

Unterschiedliche Herangehensweise :

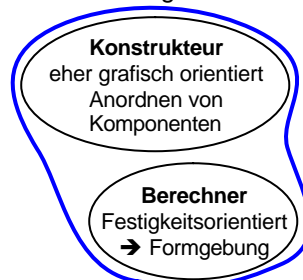
- **Konstrukteur** : Kämpft primär mit knappem Bauraum und gegen Zeit → "Masse"
- **Berechner** : Orientiert sich an Kraftfluss / Festigkeit / Steifigkeit hatte (bisher) weniger die Zeit im Focus

→ **Kombination** beider Methoden im Umfeld der konstruktionsbegl. Berechnung:

- schnelle Tendenz- / Relativaussage i.d.R wichtiger als Absolutaussage
- Berechnung + Konstruktion arbeiten Hand in Hand :
 - Schwächen des Bauteils erkennen und verbessern
 - Problemstellen zu unkritischen Bereichen optimieren
 - Ableitung von Konstruktionsregeln

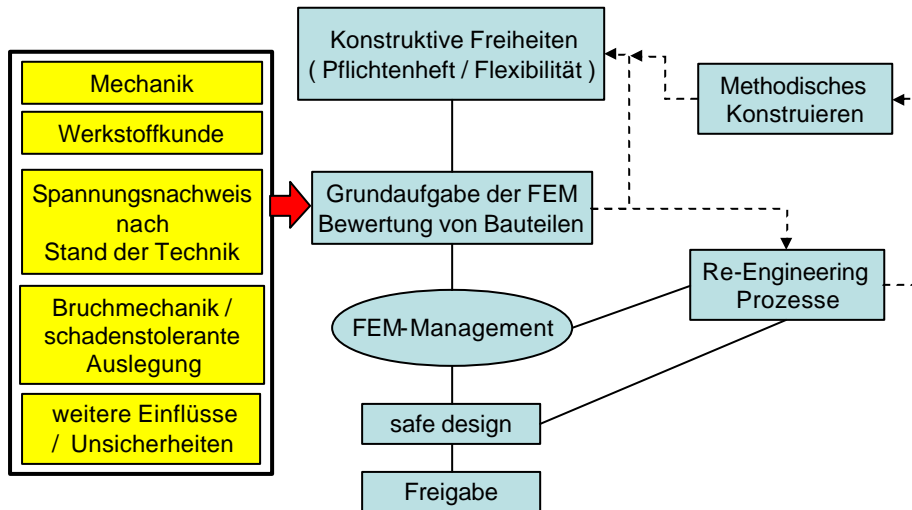
→ **FEM-gerecht konstruieren**
anstelle **CAD-nachhinkender FEM-Berechnung**

- wieviel Ergebnis -Dokumentation ist notwendig?



Systembausteine Simulationsprozess

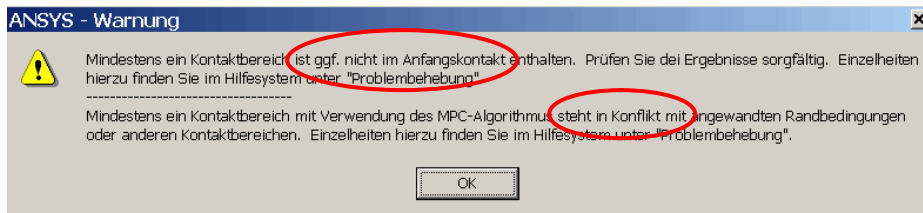
(im Umfeld festigkeitsrelevanter Bauteile)



Schnelldurchlauf Beispielprojekt (8)

Endlich berechnen !

→ Gut gewappnet gegen Fehlermeldungen / Probleme :



Wenn das Modell einfach nicht konvergiert,
gilt es, systematisch die Ursache zu finden

Schnelldurchlauf Beispielprojekt (9)

Endlich Ergebnisse !

Doch wie genau sind diese ? → Bewertung

Verformungen /
Eigenfrequenzen

Spannungen

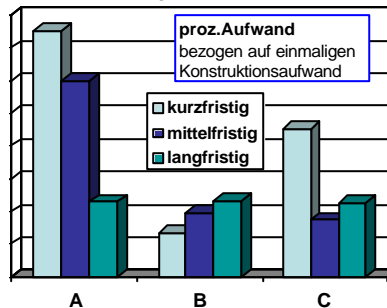
- Ergebnisse sind (immer noch) von gutem Netz abhängig ("Berechnererfahrung")
Ergebnisdifferenzen bis zu Faktor 6 sind aufgetreten !
- Schalenmodelle sind aufwändig in Erstellung,
werden sehr schnell+genau berechnet (besonders dünnwandige Bauteile)
- Volumenmodelle reichen von "Knopfdruck" (meist ungenau)
bis aufwändig (genau).



Einführung konstruktionsbegleitender Simulation → Erwartungen

Abwägung Aufwand gegen Nutzen:

- Ziel: sicheres Produkt nach dem Stand der Technik / Wissenschaft (z.B. Automobilbranche)
→ Flächendeckende Einführung konstruktionsbegleitender Berechnung / **"Simulations-Paß"**
- Ziel safe design :
Schwachpunkte systematisch erkennen, eher konservativ berechnen)
- eher sporadisches Nutzen (auf aktuellem Stand der Technik bleiben)



→ in welche Kategorie würden Sie sich einteilen ?



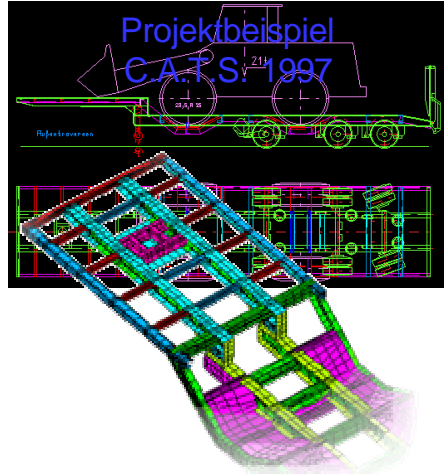
FEM-Einsatz vereinfacht Leichtbau

Anforderungen des Leichtbaus in der Nutzfahrzeugtechnik:

Kennzahl Nutzlast / Leergewicht :

- Pkw ca.40-50%
- Reisebusse ca. 60%
- Linienbusse ca.100%
- Lkw (Pritsche) bis 200%
- Sattelzüge bis 250%

Quelle: Kfz-Fachbuch , 1989



Diese Kennzahlen heute?
Morgen ?

FEM-Einsatz vereinfacht Leichtbau

Leichtbau in der Agrartechnik:

- Gigantomanie in Arbeitsbreite (hier: 5m "Räsenmäher", max. 9m) und Leistung (>300 PS)
- schneller Einsatzort-wechsel mit 50 km/h, hierzu klappbar auf max.3m



Risiken des Leichtbaus

Zunehmende Ausfälle durch fortschreitende Risse
Bei Kerbrissen bringt eine Verstärkung oft kaum Verbesserung
Rißursache nicht immer offensichtlich (Mikroeffekte) ?



Biegebelastung
Rißspitze nahe neutraler Faser?



Harmonischer Kraftfluss, trotzdem Riß
→ Schweißprobleme / global überlastet

Solidworks World.ppt 21./22.06.2004
Mainz

Seite 13



C.A.T.S.
Computer Aided Technical Simulations
www.CATS-fem.de

Rißproblemen vorbeugen

- Rißbildungs-Mechanismen kennen (Rißfallen, Rißbremsen)
→ einige Solidworks-Blechmakros können Rißfallen ergeben
- Fertigungsbedingte "Blechkerben" entschärfen
- FEM hierzu oft nicht zwingend notwendig!
- C.A.T.S. - Beispiel-Bibliothek mit Riß-Klassifikation

Solidworks World.ppt 21./22.06.2004
Mainz

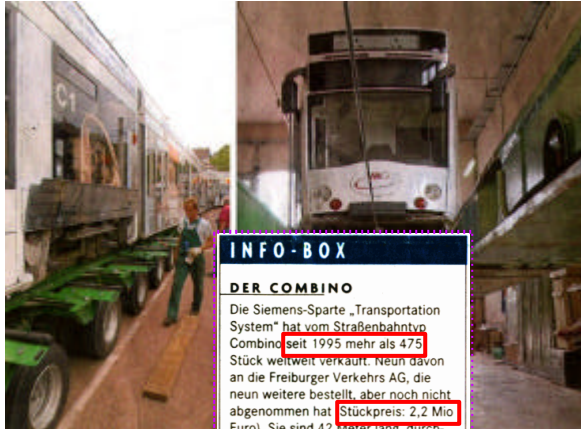
Seite 14



C.A.T.S.
Computer Aided Technical Simulations
www.CATS-fem.de

Aktuelles Beispiel Produkthaftung: Siemens-Combino Rückrufaktion aufgrund **Berechnungsfehlern** !

Freiburgs erster Combino wurde in einem Siemens-Werk in Prag zerlegt, nachdem sich **Schrauben gelockert** hatten und **Risse am Wagenkasten** aufgetaucht waren. Dabei wurde das ganze Ausmaß der Schäden klar: nicht nur im Bodenbereich, sondern vor allem am Dach. Die Festigkeit fürs Aluminium war **falsch berechnet**.



INFO-BOX
DER COMBINO
Die Siemens-Sparte „Transportation System“ hat vom Straßenbahntyp Combino seit 1995 mehr als 475 Stück weltweit verkauft. Neun davon an die Freiburger Verkehrs AG, die neun weitere bestellt, aber noch nicht abgenommen hat. **Stückpreis: 2,2 Mio Euro**. Sie sind 42 Meter lang, durchgehend Niederflur und bieten 250 Passagieren Platz. **Seit 12. März stehen sie im Depot, weil ihre Festigkeit nicht sicher ist.**



ROI bei FEM-Projekten als Dienstleistung Pflicht oder Chance?

Wunsch: schneller return of investment :

- Unsere Kunden haben kritische Produkte, möchten seriös (und wirtschaftlich) damit umgehen
- Software-Investition bis 49.000€ gegenüber 15€/h ("Internet-Lizenz")
- Intern ist das ROI oft kaum zu greifen (oft fehlende/ungenau Kostenzuordnung)
- bei externer Dienstleistung kauft man sich gleichzeitig KnowHow/Strategien ein → schneller Einstieg
- Fulltime-Berechner kommt schnell und sicher zum Ziel, Bei "Ab-und Zu-Simulation" steigt die Fehlerrate, High-End-Funktionen werden oft nicht angewendet.



Fazit

- Bei geteiltem Kraftfluss gibt es kaum eine Alternative zur Komplettberechnung einer Baugruppe.
- Ein parametrisches CAD-Modell bedeutet nicht automatisch parametrische FEM-Berechnung, aber mit der richtigen Planung in weiten Grenzen möglich.
- Komplexe Geometrien müssen in Baugruppen (noch) vereinfacht werden
→ gesonderte Untersuchung von Mikroeffekten
- Synergieeffekte nutzen zwischen Konstrukteur und Berechner
- Plausibilität und Genauigkeit der Ergebnisse wichtig
Konstruktionsbegleitende Simulation ersetzt nicht die Sorgfaltspflicht!



Diskussionsrunde

Fragen der Zuschauer
+ Ausblicke auf weitere CATS-Vorträge

Unsere aktuelle Internetseite
[www.cats-fem.de]

ANSYS-Classic und Workbench im Umfeld der konstruktionsbegleitenden Simulation [ANSYS Usermeeting 2003]

Erfahrungsbericht Einführung konstruktionsbegleitender FEM-Berechnungen [CAT Pro 2003]

FEM-Parameterstudien Praxis-Vergleich ANSYS / Designspace
[ANSYS Usermeeting 2002]

Simulation von komplexen elektro-mechanischen Systemen durch Einsatz von Simultaneous-Engineering
[ANSYS Usermeeting 2001]

