

Erfahrungen über den serienmäßigen Einsatz der Robustheitsbewertung zur Absicherung der virtuellen Auslegung passiver Sicherheitssysteme

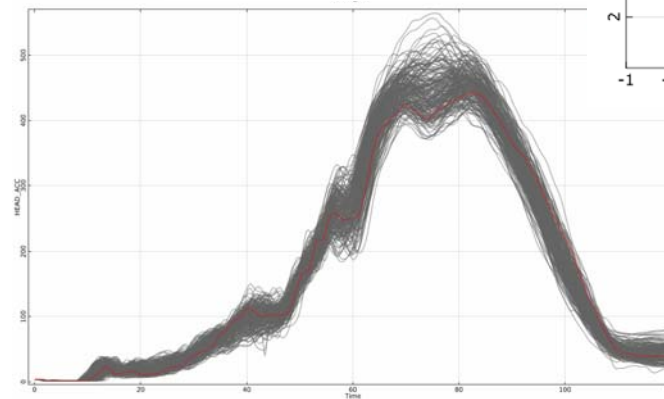
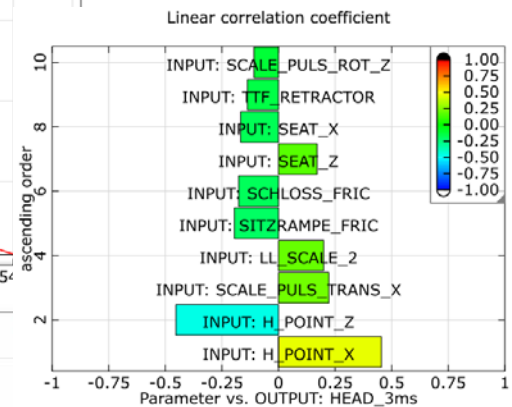
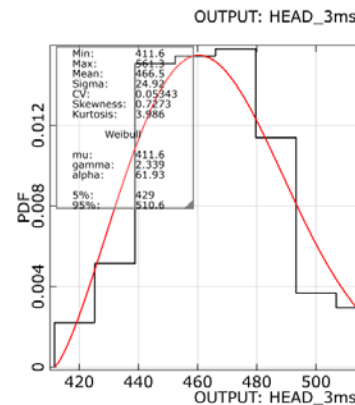
Wolfgang Melzer, Hans Baldauf (BMW AG)
Stephan Blum, Johannes Will (DYNARDO GmbH)

Weimarer Optimierungs- und Stochastiktag 4.0
29./30. November 2007



Inhalt

1. Entwicklung der Integration
2. Stand der Integration
3. Definition von Eingangstreuungen
4. Prozessautomation
5. Auswertung und Dokumentation
6. Ziele und Nutzen
7. Ausblick



Entwicklung der Integration

- Einsatz von Robustheitsbewertungen bei der virtuellen Auslegung passiver Rückhaltesysteme bei der BMW AG
- Serienbegleitendes Methodenprojekt
- Verbesserung der Robustheitsmaße und Dokumentation
- Integration als fester Bestandteil des Produktentwicklungsprozesses
- Entwicklung Dummy Position Tool (MADYMO)
- Fertigstellung des ersten Serienprojektes
- Integration von Signalen
- Integration verbesserter Samplingverfahren
- Dummypositionierung ABAQUS
- FMVSS 201 im Serienprozess



Stand der Integration

- **Planung**
 - Definition von drei Meilensteinen innerhalb der Serienentwicklung (Zeitplanung)
 - Benennung der zu untersuchenden Auslegungslastfälle (Aufwandsplanung)
- **Durchführung**
 - Übergabe der zu untersuchenden Modelle
 - Definition der Eingangsstreuungen (Input)
 - Definition der Bewertungskriterien (Output)
 - Prozessautomation (Preprocessing, Solver, Postprocessing)
 - Durchführung der Rechnungen
- **Auswertung**
 - Standardisierte Dokumentation der Ergebnisse
 - Diskussion der Ergebnisse im Projektteam



Eingangsstreuungen

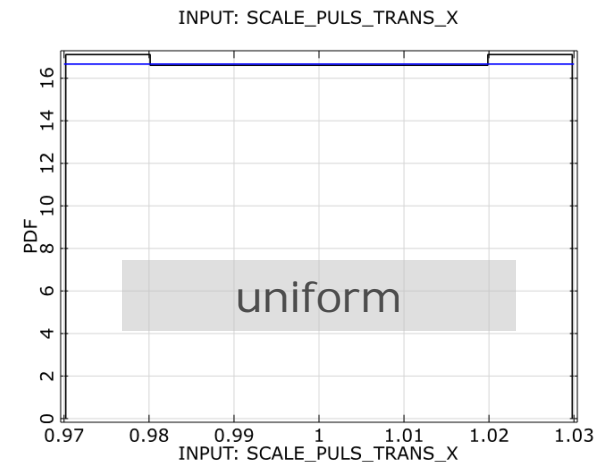
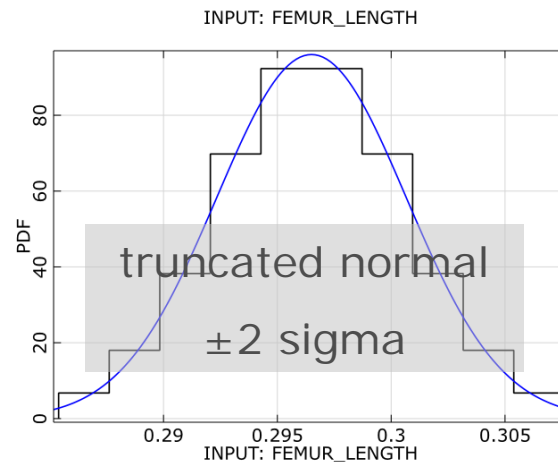
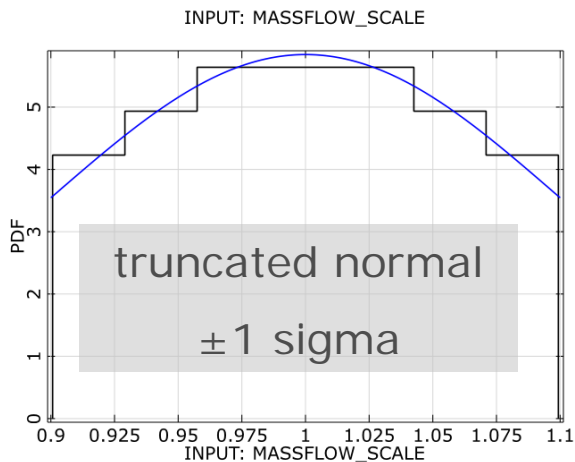
- Berücksichtigung aller in der Realität auftretenden Streuungen im Simulationsmodell

Informationen über Streuungen:

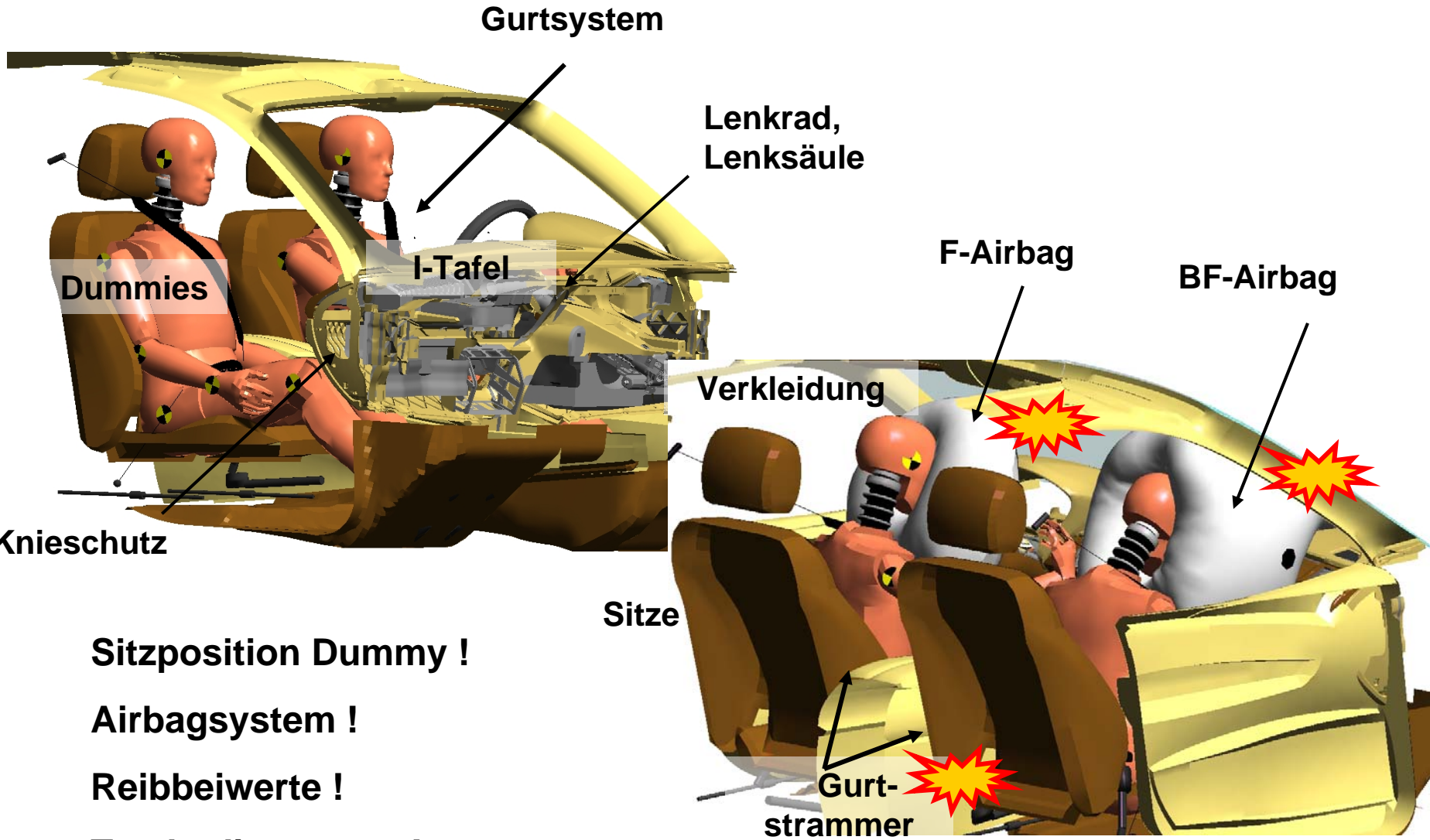
- Herstellerinformationen
- Erfahrungswerte
- Messreihen (Verteilungs- und Korrelationsinformationen)

Stochastische Eigenschaften:

- Mittelwert, Standardabw.
- Verteilungstyp
- obere / untere Grenze
- Inputkorrelationen



Eingangsstreuungen



Sitzposition Dummy !

Airbagsystem !

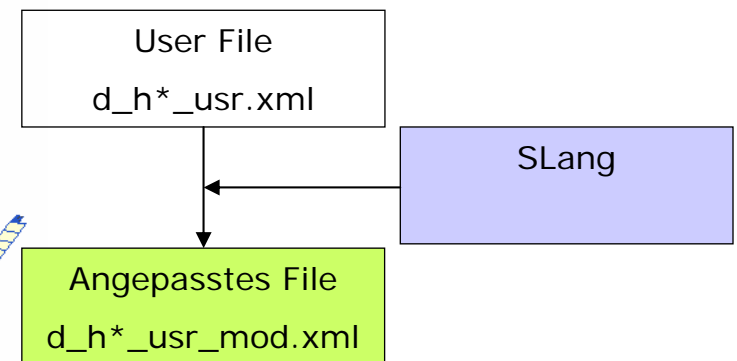
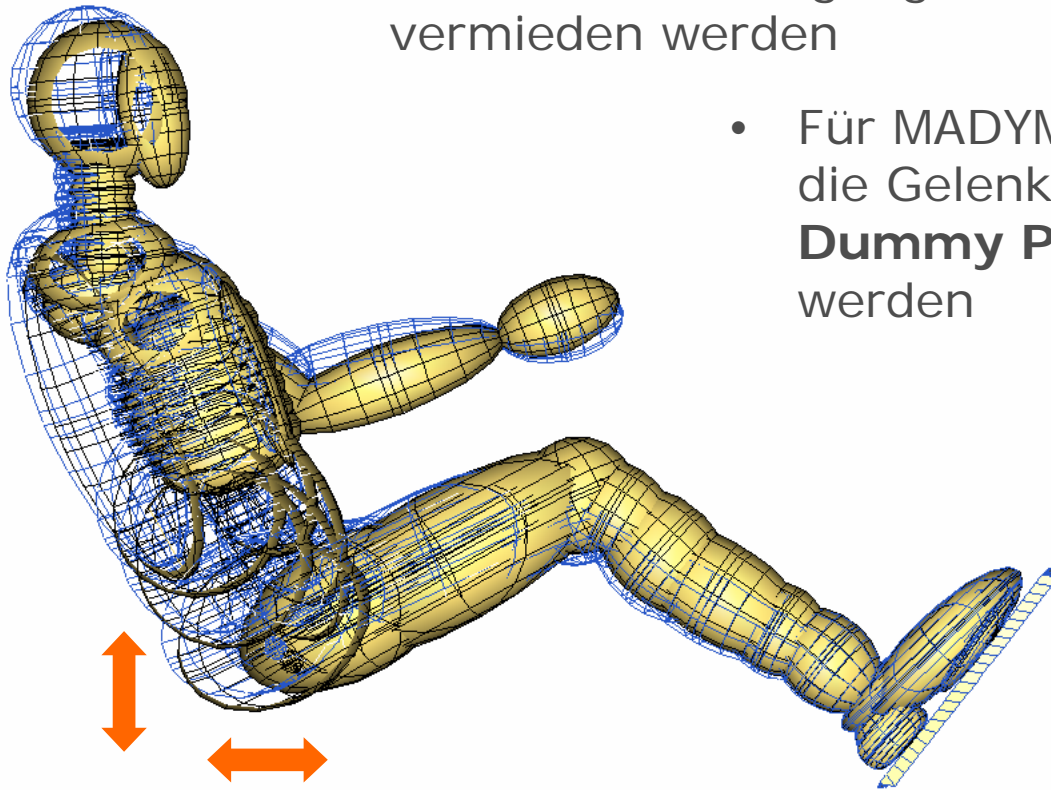
Reibbeiwerte !

Testbedingungen !

Preprocessing MADYMO

- Positionierung eines Dummy unterliegt Streuungen
- Variation der Dummyposition erfordert die Justierung der Positionierung
- Initiale Durchdringungen z.B. im Fußraum sollen vermieden werden

- Für MADYMO Dummymodelle können die Gelenkorientierungen mit dem **Dummy Position Tool** angepasst werden



Dokumentation

- **Anforderungen**

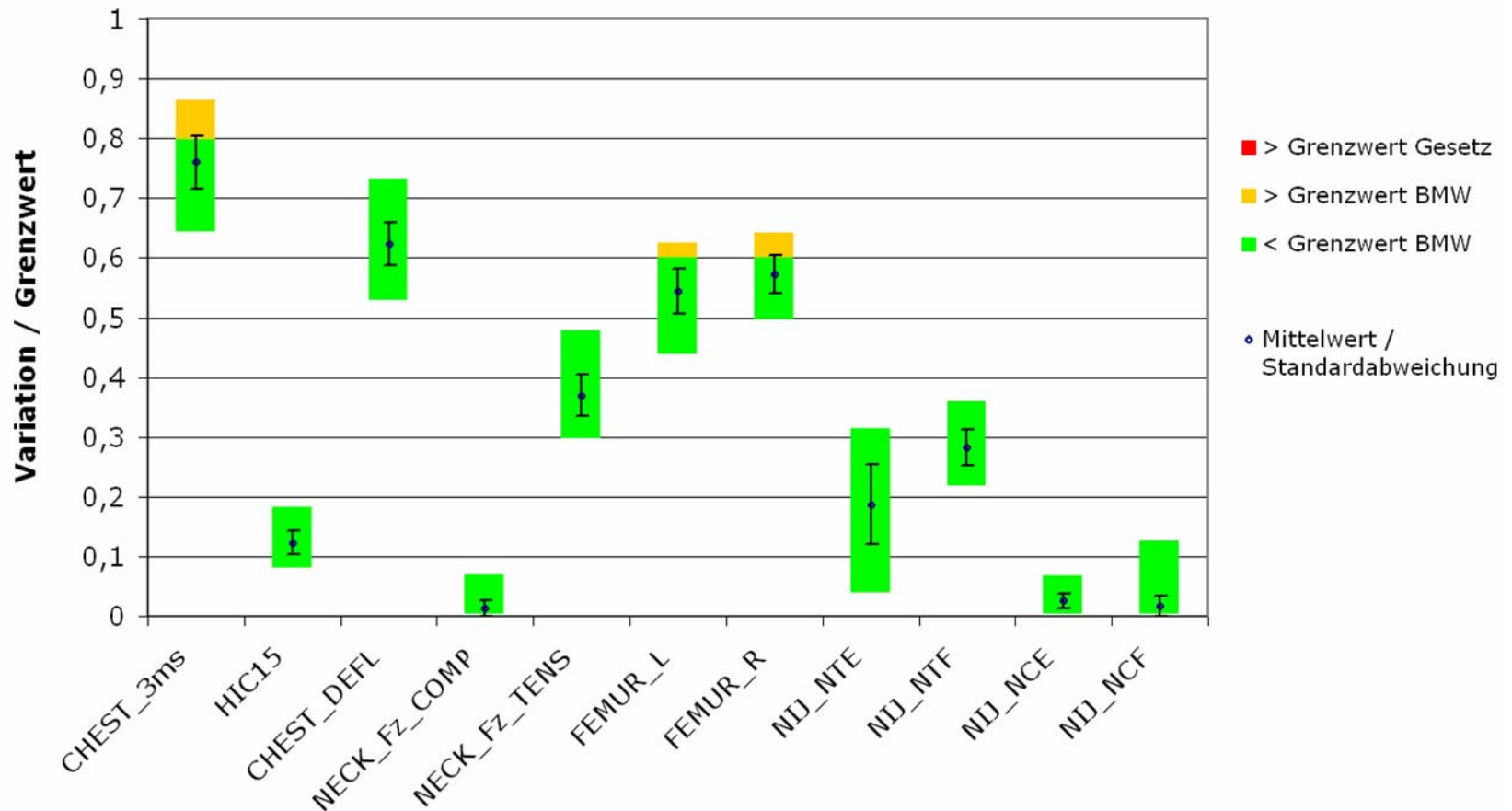
- Übersichtlich strukturierte Zusammenstellung der Ergebnisse
- Vergleichbarkeit zwischen Meilensteinen und verschiedenen Fahrzeugprojekten

- **Inhalt**

- Auflistung der Eingangsstreuungen und Bewertungsgrößen
- Tabellarische Übersicht der Variation der Responses und der jeweiligen Bestimmtheitsmaße
- Darstellung der Variationsbereiche der Responses auf zugehörigen Grenzwert normiert
- Übersicht über die nennenswerten linearen und quadratischen Korrelationen zwischen streuenden Inputparametern und Responses
- Variationsanalyse einzelner Antwortgrößen
- Principal Component Analysis
- Zusammenfassung (Modellrobustheit, Variationsprognose)

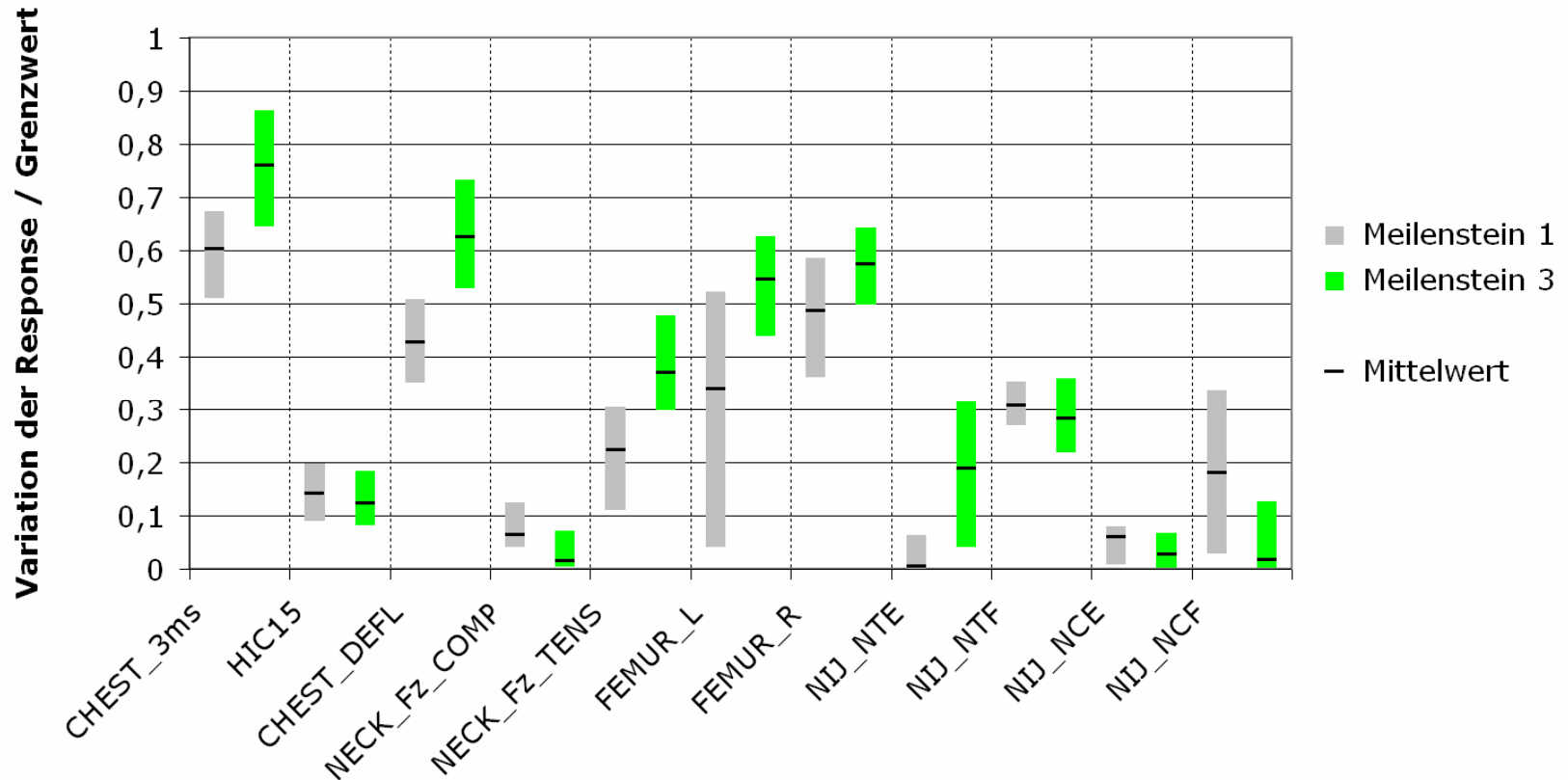


Variationsprognose



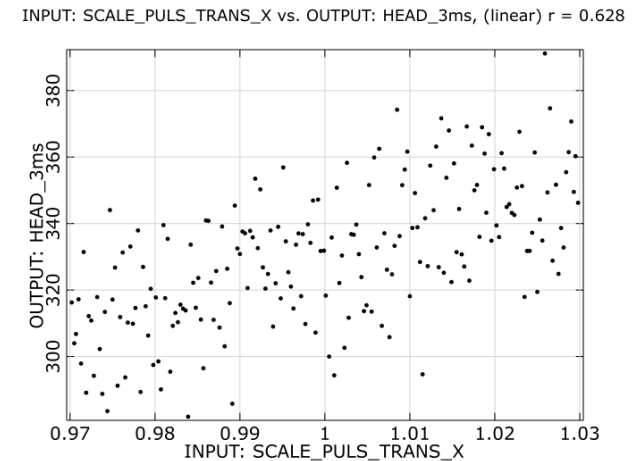
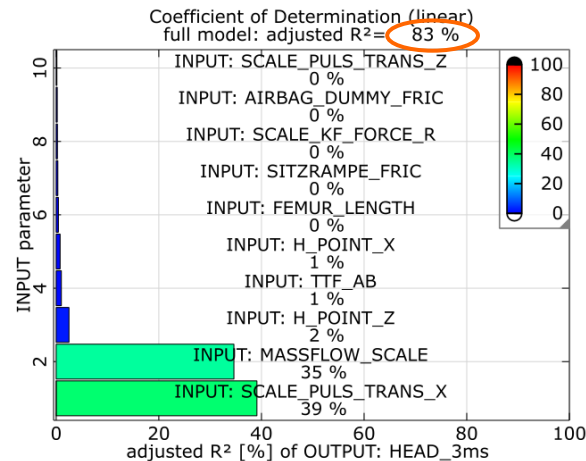
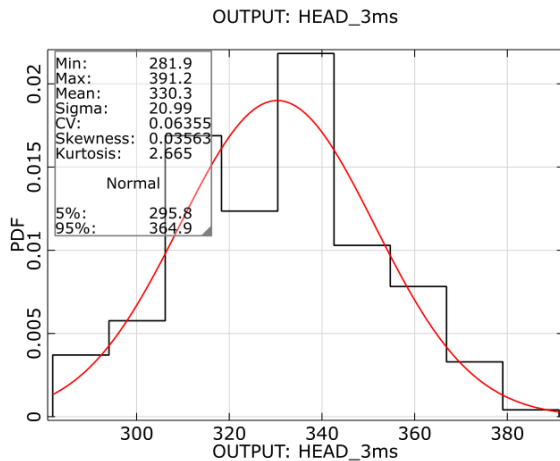
- Darstellung der auf den jeweiligen Grenzwert normierten Variationsbereiche der streuenden Responses als Säulendiagramm

Variationsprognose



- Vergleich der Variationsprognose zweier Meilensteine eines Fahrzeugprojekts

Variationsanalyse



Histogramm

- Zuordnung des Verteilungstyps
- Bestimmung von 5% und 95% Fraktilwerten
- Ermittlung von Überschreitenswahrscheinlichkeiten

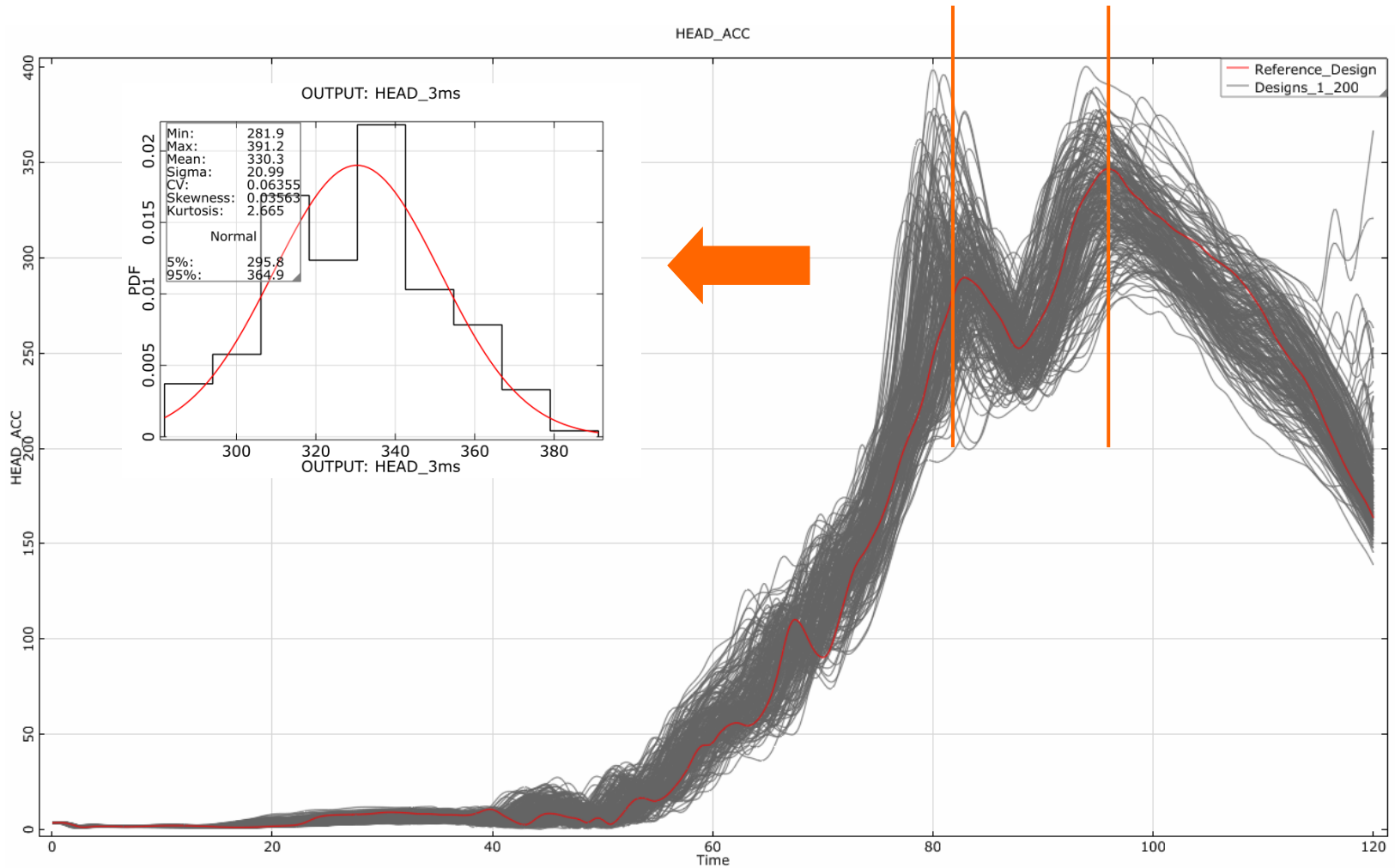
Bestimmtheitsmaß

- Welcher Anteil der Variation einer Responsegröße ist über lineare bzw. quadratische Zusammenhänge zu den streuenden Inputgrößen erklärbar?

Anthill-Plot

- Darstellung linearer bzw. quadratischer Korrelationen zwischen Input- und Responsegrößen

Variationsanalyse im Zeitbereich



Versuch im Zeitbereich

- Video Front Versuch



Simulation im Zeitbereich

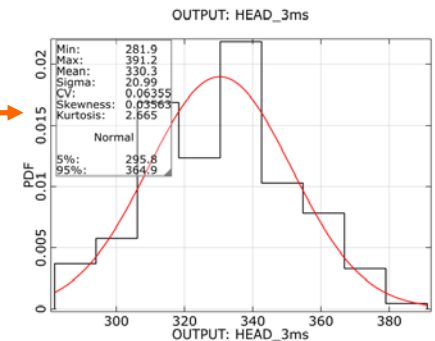
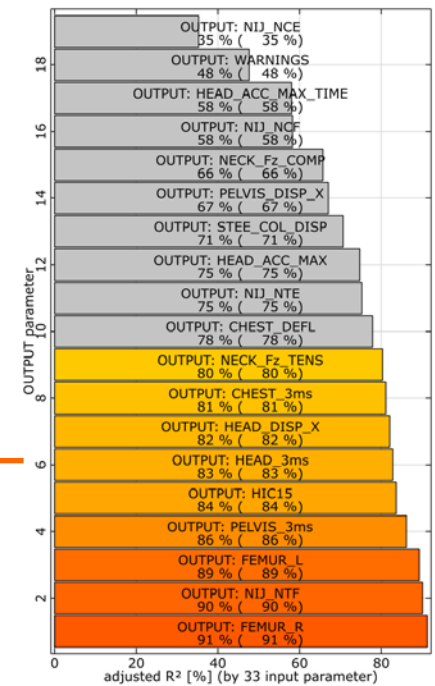
- Front Simulation



Ziele der Robustheitsbewertung

- **Untersuchung der Modellrobustheit**
 - Überprüfung der Prognosefähigkeit des Simulationsmodells
 - Quantifizierung der Streuungen des Solvers (numerisches Rauschen)
 - Identifikation von numerischen Instabilitäten
- **Variationsprognose / Auslegungsrobustheit**
 - Zuverlässige Prognose über die Variation der Bewertungsgrößen unter Berücksichtigung aller relevanten Eingangsstreuungen
 - Nachweis über die Einhaltung von Lastenheft- oder Grenzwerten für häufige Ereignisse (kein worst-case Szenario)
 - Abschätzung von Wahrscheinlichkeiten des Überschreitens von Grenzwerten

Coefficient of Determination (quadratic [no mixed terms])



Auswirkungen der Robustheitsbewertung

- **Auswirkungen auf das Simulationsmodell**
 - Identifikation von Modellierungsfehlern
 - Verbesserung der Modellqualität
 - Identifikation der wichtigen Eingangsstreuungen

- **Auswirkungen auf Versuchsreihen**
 - Einsparung von Hardwareversuchen möglich
 - Verzicht auf Versuchsreihen bei unkritischen Lastfällen

Ausblick

- **Verdichten des Wissens über die streuenden Eingangsgrößen**
- **Effizienter Einsatz von Robustheitsbewertungen durch sinnvolle Aufwandsplanung**
- **Integration von Robustheitsbewertung auf Komponentenebene**
- **Ausdehnung von Robustheitsbewertungen virtueller Designentwürfe auf andere Bereiche der passiven Sicherheit**

