

Metamodelle als alternatives Werkzeug für die Auslegung des Rückhaltesystems im Frontcrash.

Weimarer Optimierungs- und Stochastiktage 5.0

21. November 2008

Jan-Peter Drücker

BMW Group



Meta Model Viewer MOVIE.

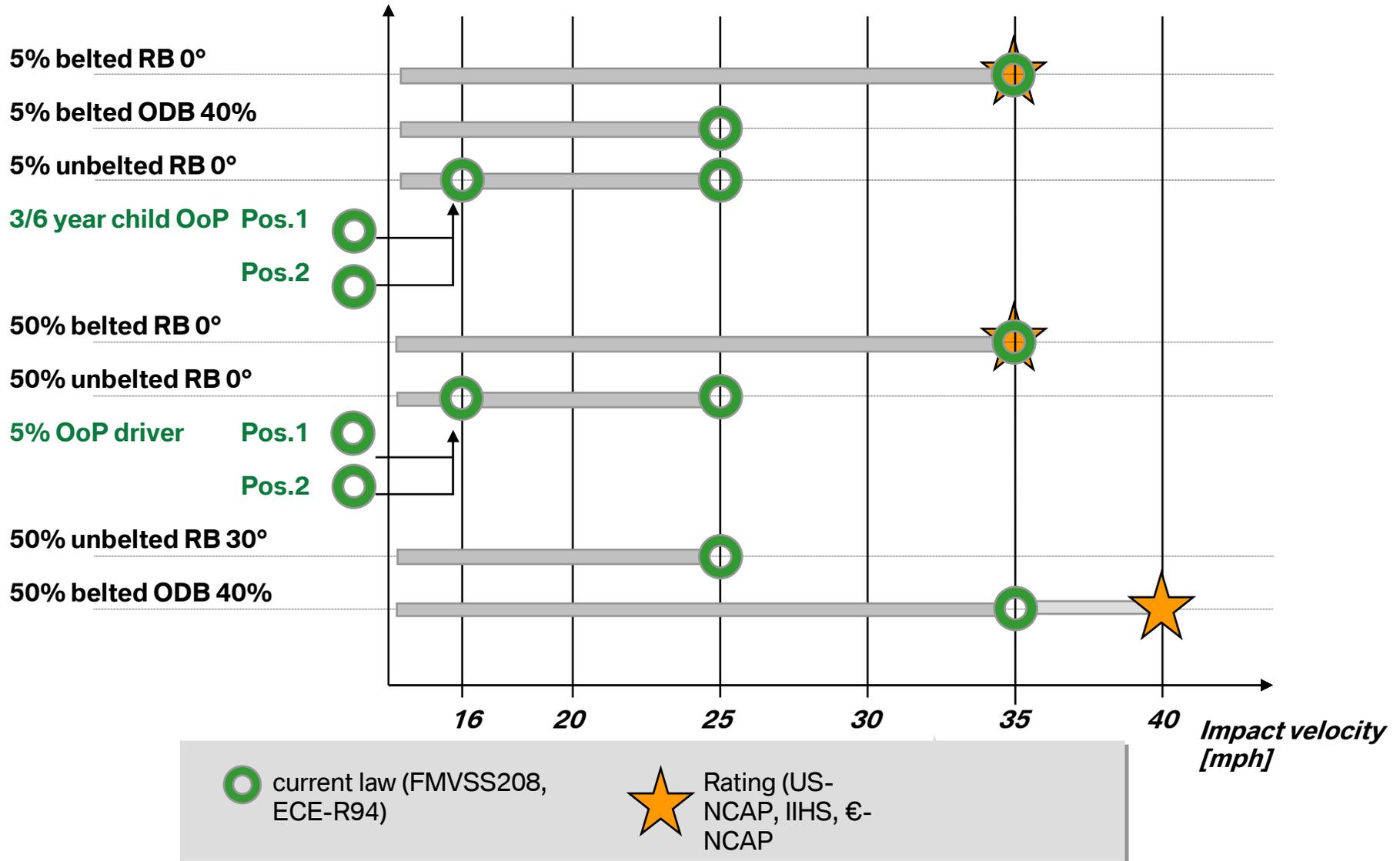
Inhalt.

- Überblick Rückhaltesystemauslegung Frontalcrash bei BMW
- Komponenten eines adaptiven Rückhaltesystems
- Ableitung der Optimierungsaufgabe
- Hintergrund Metamodelltechnik
- Anwendungsbeispiel Frontschutzauslegung
- Zusammenfassung und Ausblick

Meta Model Viewer MOVIE.

Auszug Crash-Lastfälle Front .

- Unterschiedliche Dummygrößen und Crashgeschwindigkeiten



Meta Model Viewer MOVIE. Entwicklungsziel.

- große Fahrzeugspreizung mit möglichst einheitlichen Rückhaltesystem abdecken



z.B. aktuelle 1'er / 3'er / X3 Serie

± große Unterschiede in Geometrie, Masse und Motorisierung

Meta Model Viewer MOVIE. Auslegungsstrategie.

- **Ziel**

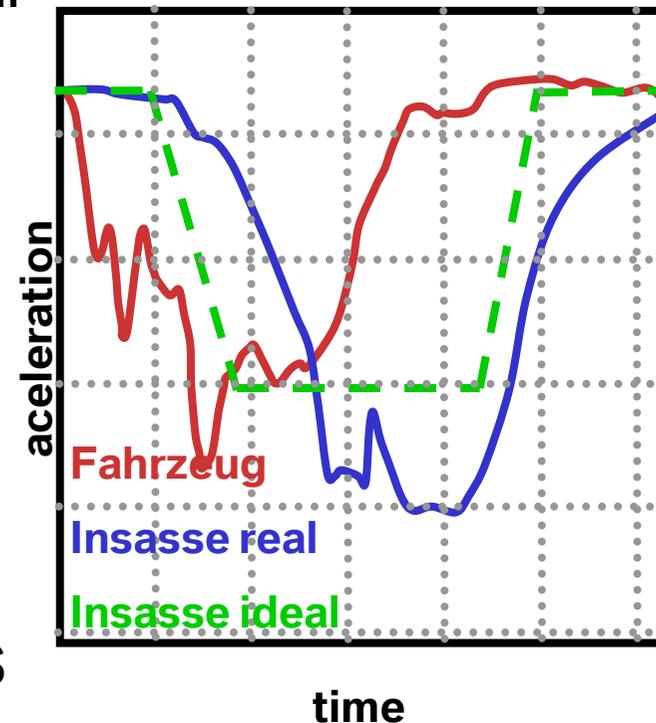
Verzögerung des Insassen auf einem optimalen (d.h. im Idealfall konstanten) Verzögerungsniveau für mehrere Lastfälle

- **Lösung**

Einsatz adaptiver RHS-Komponenten

System erkennt über Sensoren die Crashschwere und den Insassentyp

Je nach Ergebnis stellt das RHS das optimale Kraftniveau für die Rückhaltung zur Verfügung

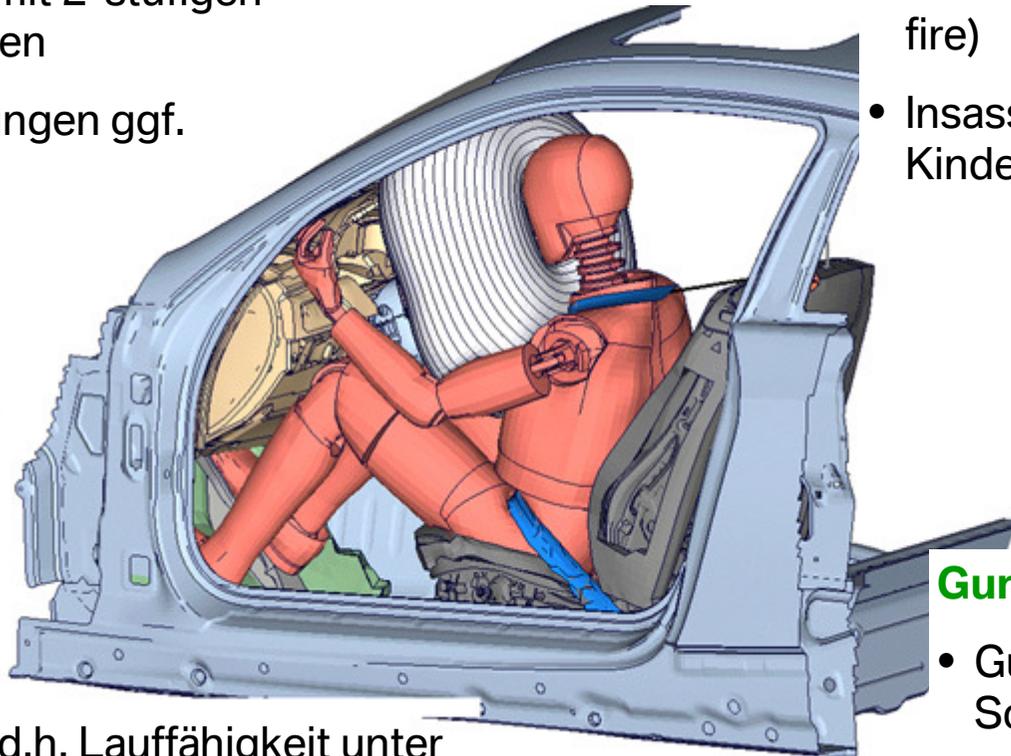


Meta Model Viewer MOVIE.

Komponenten adaptiver Rückhaltesysteme.

Airbagsysteme:

- Frontairbags mit 2-stufigen Gasgeneratoren
- Abströmöffnungen ggf. auch adaptiv
- Kopfairbags
- Knieairbags
- Seitenairbags



Sensorsystem:

- Crasherkenkung (time to fire)
- Insassenerkennung incl. Kindersicherheit

Lenksäule:

- Crashelemente d.h. Lauffähigkeit unter bestimmten Lastniveau
- evtl. adaptive Lauffähigkeit

Gurtsystem:

- Gurtstrammung (Automat, Schloss, Endbeschlag)
- konstanter / degressiver / schaltbarer Kraftbegrenzer

Meta Model Viewer MOVIE.

Ableitung des Optimierungsproblems.

- Auf Grund der Vielzahl der Lastfälle und Outputgrößen ist ein ganzheitlicher Überblick über das Optimierungsproblem schwierig.
- Die bisherige Vorgehensweise ist nur eingeschränkt effizient, da die Lastfälle nicht parallel in der Optimierung betrachtet werden können. („Punktuelle Optimierung in einem Lastfall + Quercheck“)
- Automatisierte Optimierungsverfahren (Gradientenverfahren, Evolutionäre Algorithmen etc.) erlauben dem Nutzer nur einen eingeschränkten Einblick über das gesamte Optimierungsproblem.
- Response Surface Methoden bieten den entscheidenden Vorteil einer Visualisierung des Optimierungsproblems.

Meta Model Viewer MOVIE.

Ableitung des Optimierungsproblems.

- **Optimierungsaufgabe:**

Minimierung der Insassenbelastung in allen relevanten
Crashlastfällen

- **Nebenbedingungen:**

Optimierungsparameter können nur innerhalb der in
Hardware realistisch umsetzbaren Grenzen variiert werden

Wahl der Optimierungsparameter hat auf mehrere Lastfälle
einen Einfluss

Grenzen der Sensorik

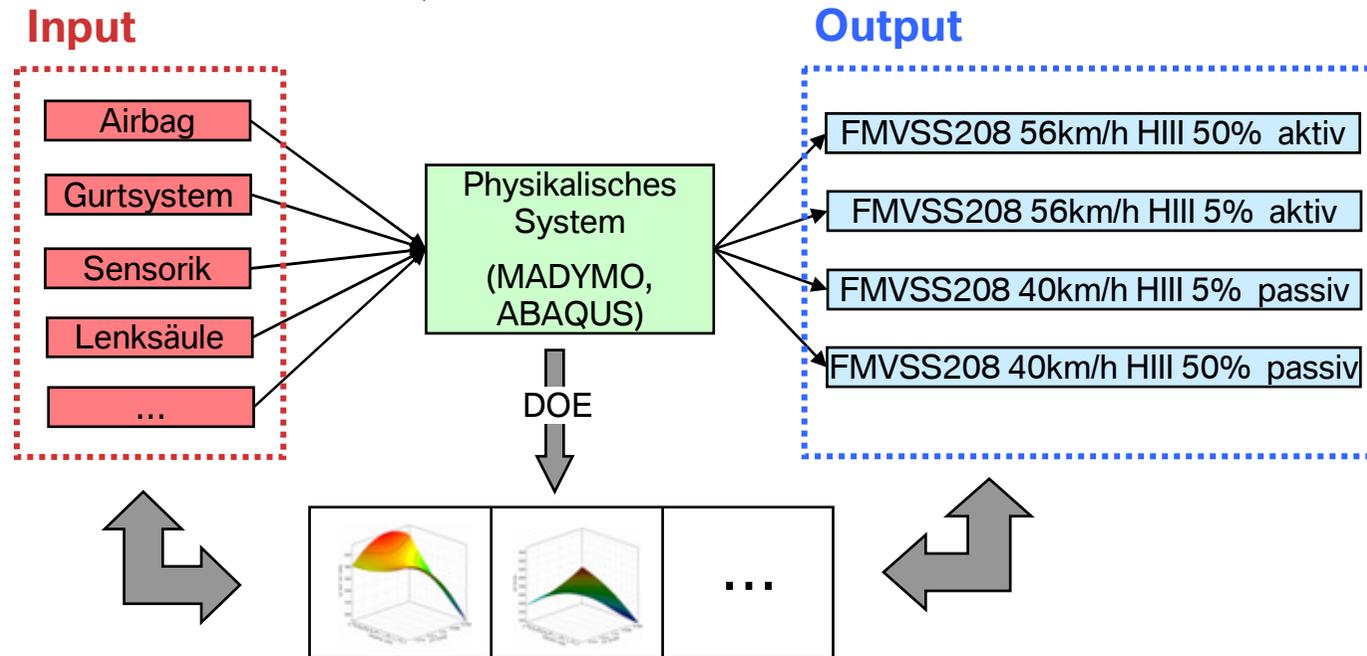
Crashpulse

⌘ Multidisziplinäre Optimierungsaufgabe

Meta Model Viewer MOVIE.

Hintergrund Metamodelltechnik.

- Aussagen über den Zusammenhang von Input und Output werden nicht mehr mit Berechnung im physikalischen System sondern auf Basis eines Metamodell gemacht (Prognose für unbekannte Inputgrößen im gültigen Parameterraum des Metamodells)



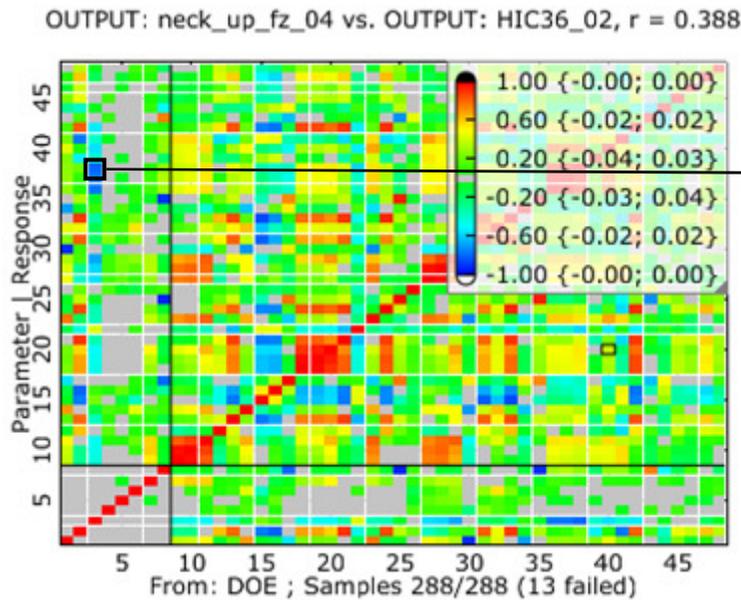
Metamodell:

Approximation des Zusammenhangs zwischen Input und Outputgrößen mit Hilfe mathematischer Funktionen (Stützstellen der Funktionen werden über DOE explizit am physikalischen Modell ermittelt)

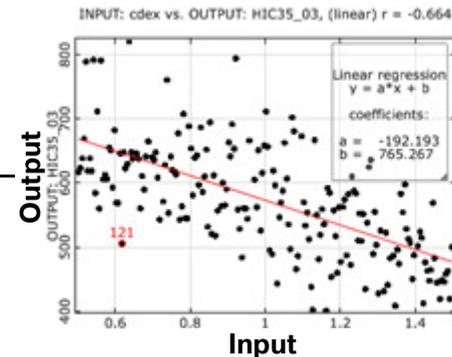
Meta Model Viewer MOVIE.

Hintergrund Metamodelltechnik.

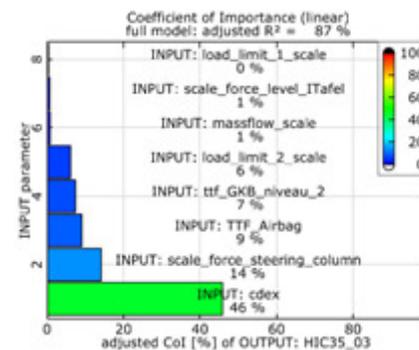
- Identifizierung wichtiger Inputgrößen (Zusammenhang einer Input- zu einer Outputgröße)
- bisher über lineare oder quadratische Korrelationsanalysen



Bsp. Lineare Korrelationsmatrix



Bsp. Anthill-Plots mit linearer Regressionsgerade



Bsp. Lineare Bestimmtheit einer Outputgröße (hier HIC 36)

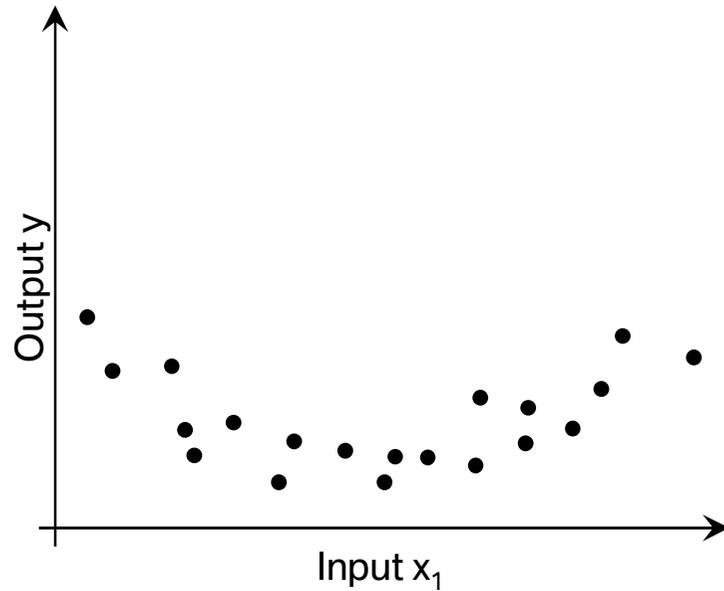
Nachteil:

evtl. vorhandene nichtlineare Zusammenhänge werden nicht erkannt

Meta Model Viewer MOVIE.

Hintergrund Metamodelltechnik.

- Response Surface: Funktionaler Zusammenhang Input/Output

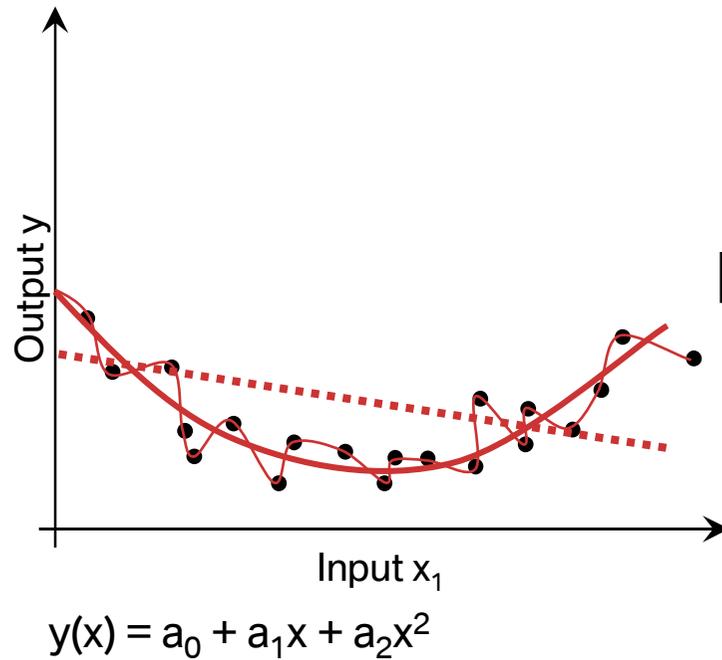


2-D

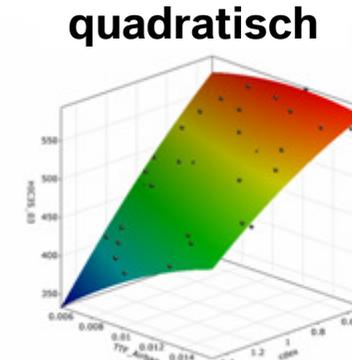
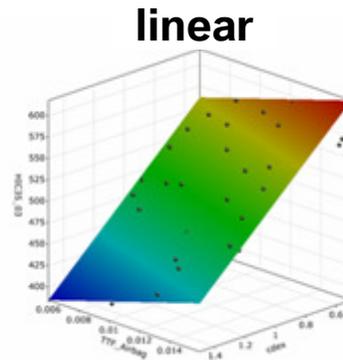
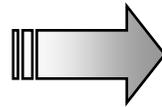
Meta Model Viewer MOVIE.

Hintergrund Metamodelltechnik.

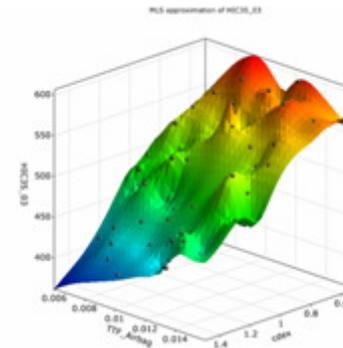
- Response Surface: Funktionaler Zusammenhang Input/Output



2-D



moving least square

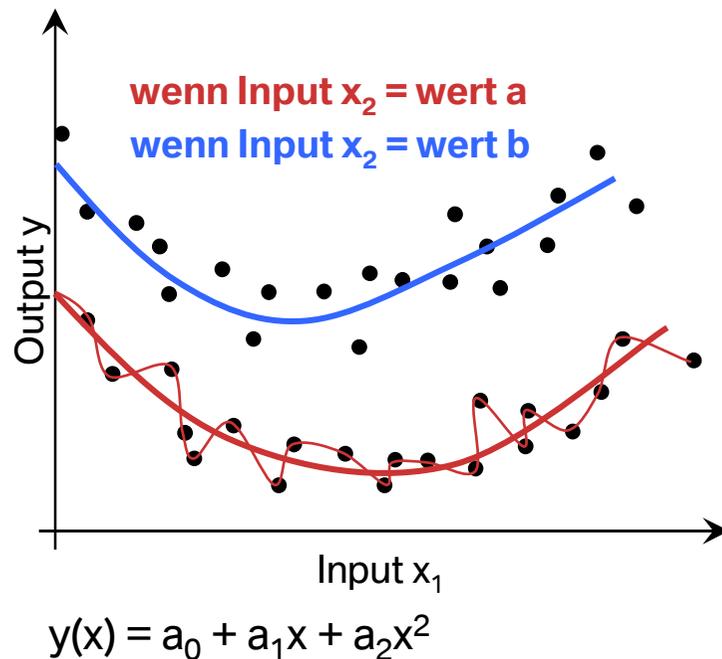


3-D

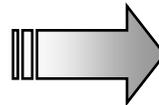
Meta Model Viewer MOVIE.

Hintergrund Metamodelltechnik.

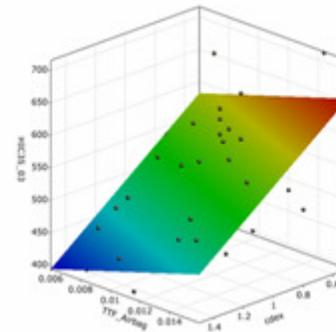
- Response Surface: Funktionaler Zusammenhang Input/Output



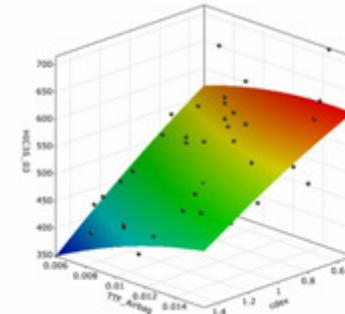
2-D



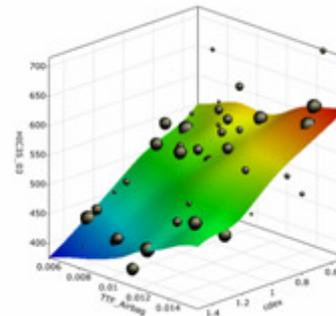
linear



quadratisch



moving least square



3-D

Wenn mehr als 2 Inputs variiert werden, gibt es auch mehrere reduzierte RS. (d.h. 3-dim. Schnitte im n-dim. Optimierungsraum)

Meta Model Viewer MOVIE.

Beispiel Auslegung RHS - Fahrerseite.

- Insassenmodell Fahrer
- 3 US Lastfälle nach FMVSS208
 - Lastfall LF 1: 56km/h, Dummy: 50 % HIII, gegurtet
 - Lastfall LF 2: 56km/h, Dummy: 5 % HIII, gegurtet
 - Lastfall LF 3: 40km/h, Dummy: 50 % HIII, ungegurtet
- 6 RHS-Inputparameter
 - ZZP Airbag, Lastniveau's Gurtkraftbegrenzer (GKB),
Abströmöffnung Airbag, Schaltzeiten adaptiver GKB
- 39 Outputparameter
 - Kopf, Nacken, Thorax, Beine, ...
- 3*50 Runs (Latin Hypercube Sampling)

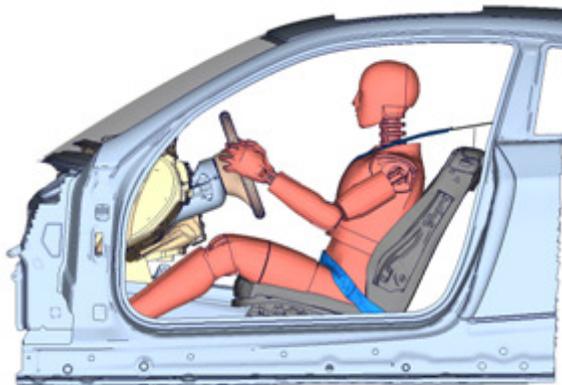
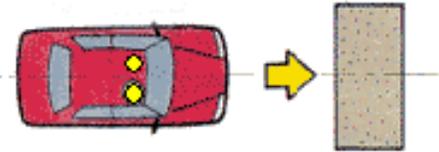
Meta Model Viewer MOVIE.

Beispiel Auslegung RHS - Fahrerseite.

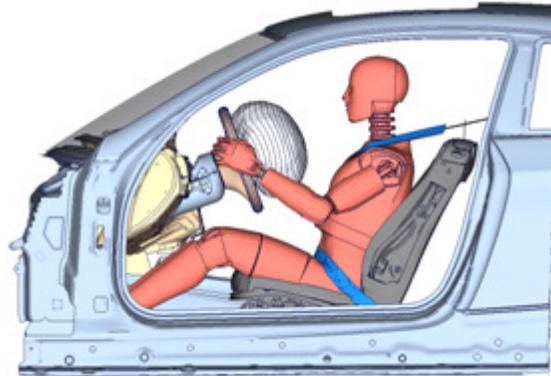
- Kinematik 50% Dummy
gurgtet

test configuration:

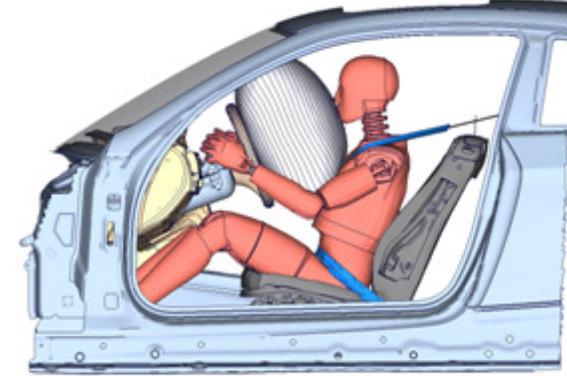
Frontal, 56 km/h,
100% overlap rigid barrier,
HIII 50% belted



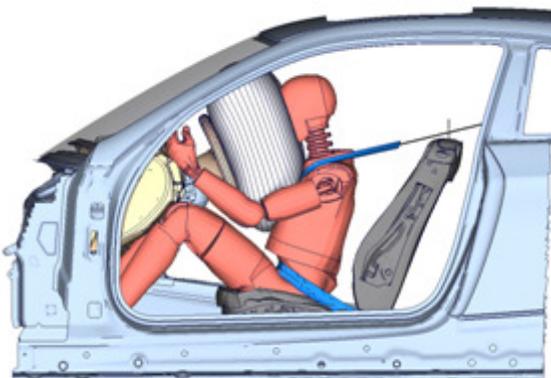
0 ms



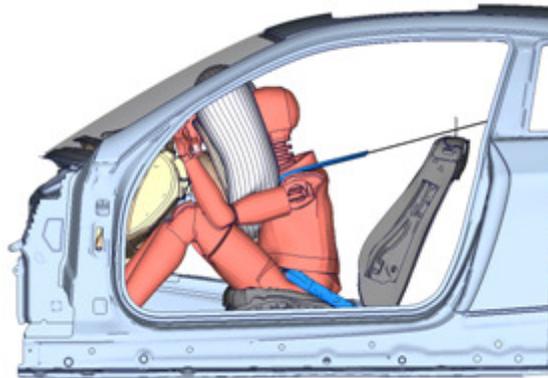
20 ms



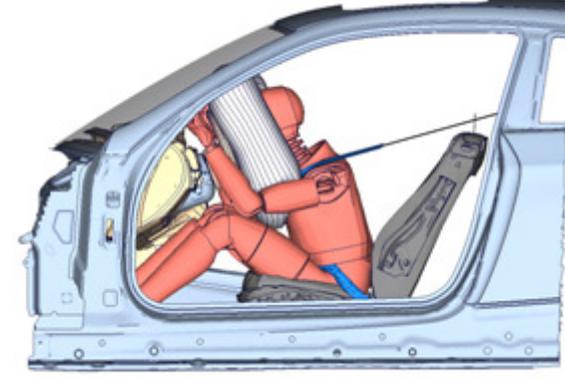
40 ms



60 ms



80 ms



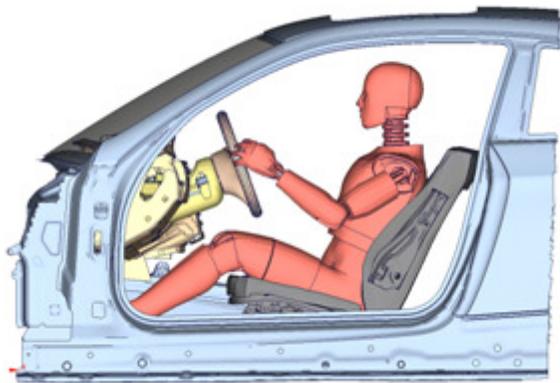
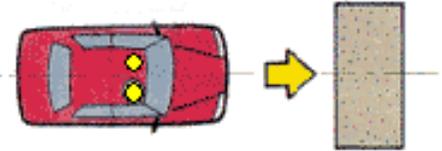
100 ms

Meta Model Viewer MOVIE.

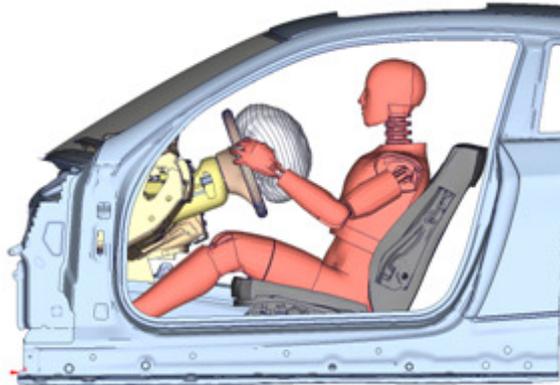
Beispiel Auslegung RHS - Fahrerseite.

- Kinematik 50% Dummy ungesichert

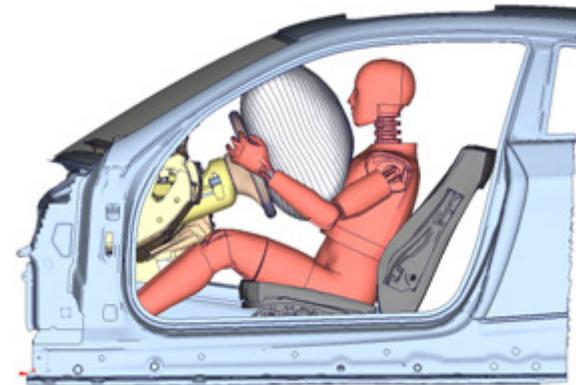
test configuration:
Frontal, 40 km/h,
100% overlap rigid barrier,
HIII 50% unbelted



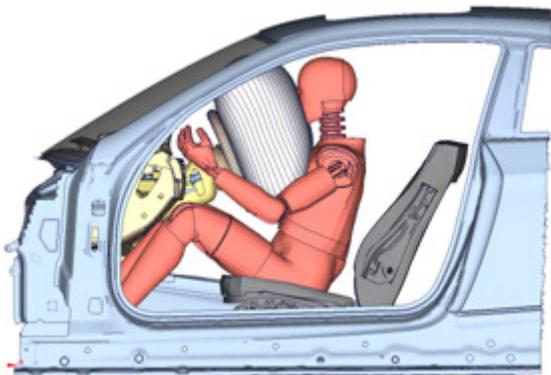
0 ms



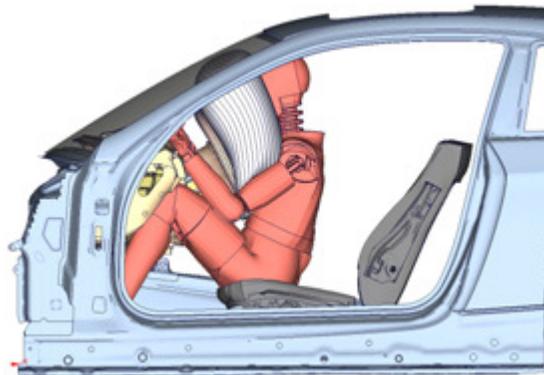
20 ms



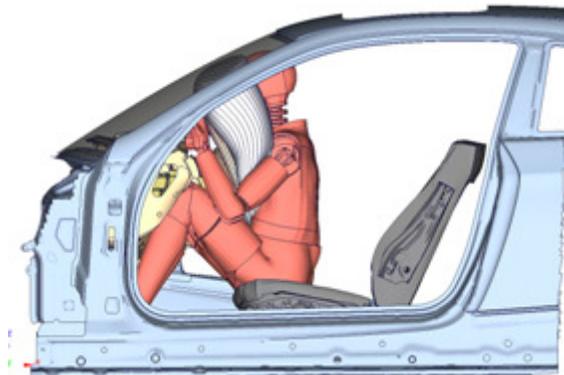
40 ms



60 ms



80 ms

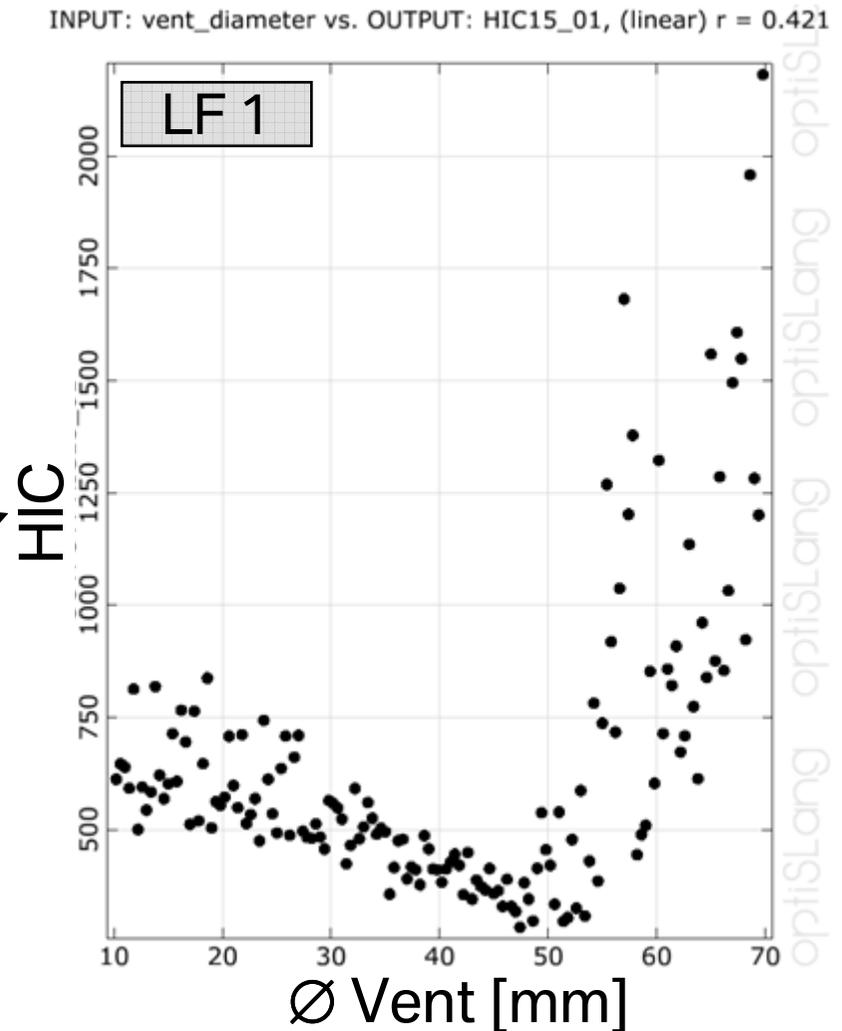
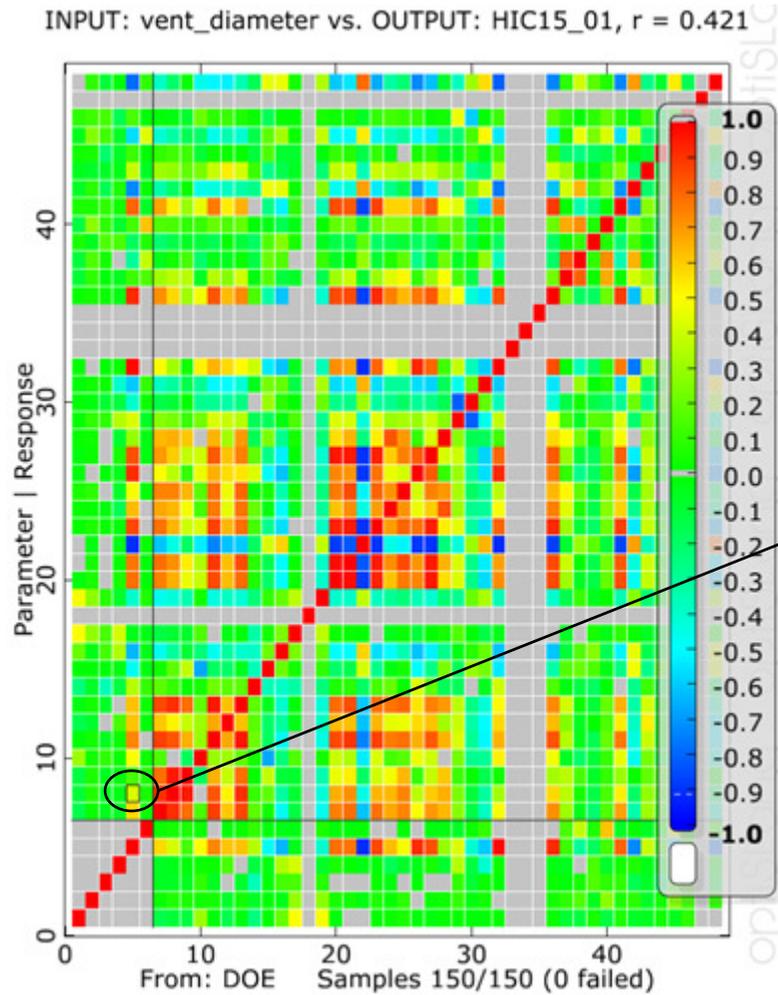


100 ms

Meta Model Viewer MOVIE.

Beispiel: Auslegung RHS - Fahrerseite.

- Lineare Korrelationsmatrix und Anthillplots

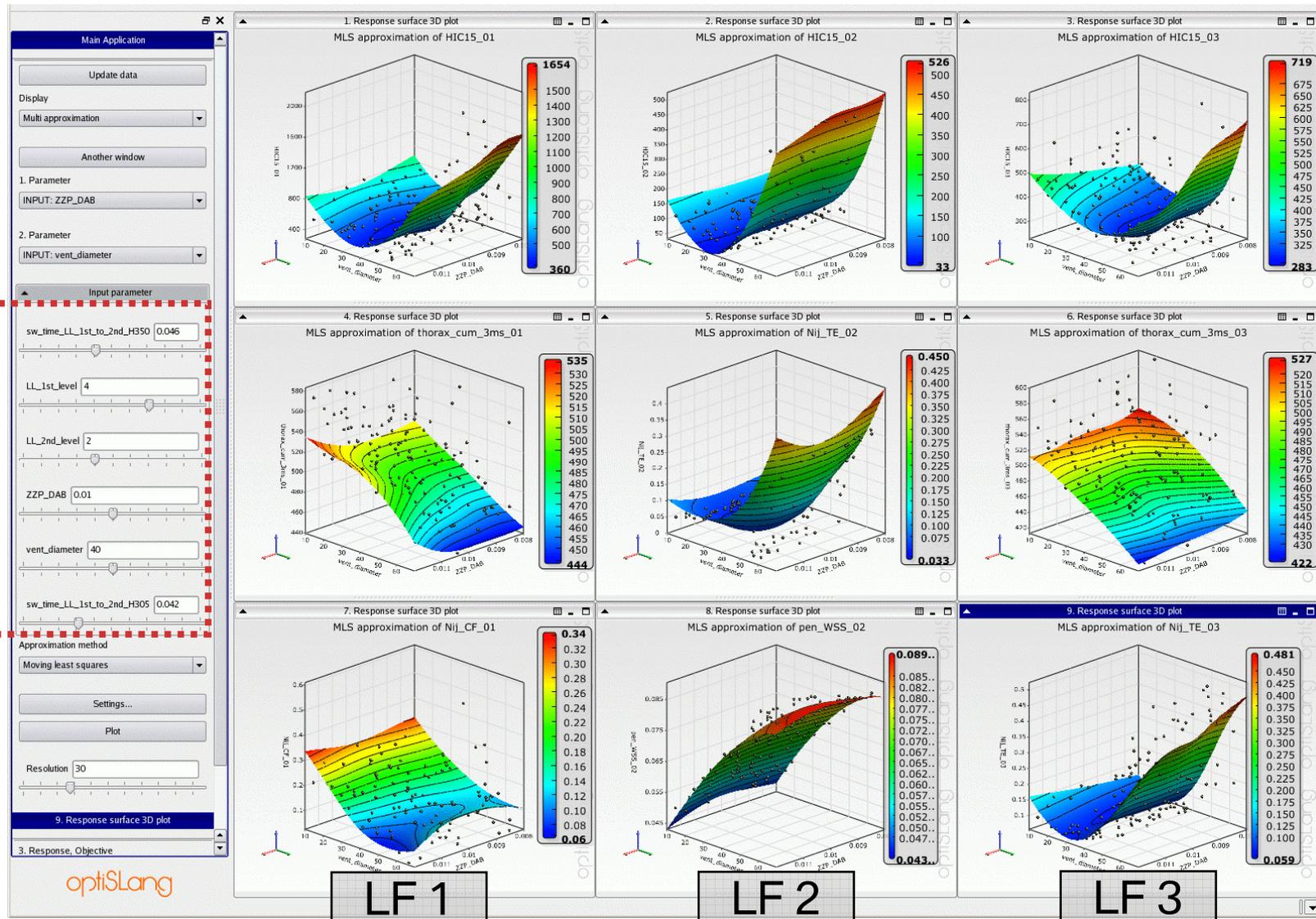


Meta Model Viewer MOVIE.

Beispiel: Auslegung RHS - Fahrerseite.

- Einfluss Ventgröße und ZQP Airbag auf andere Outputs 3-D

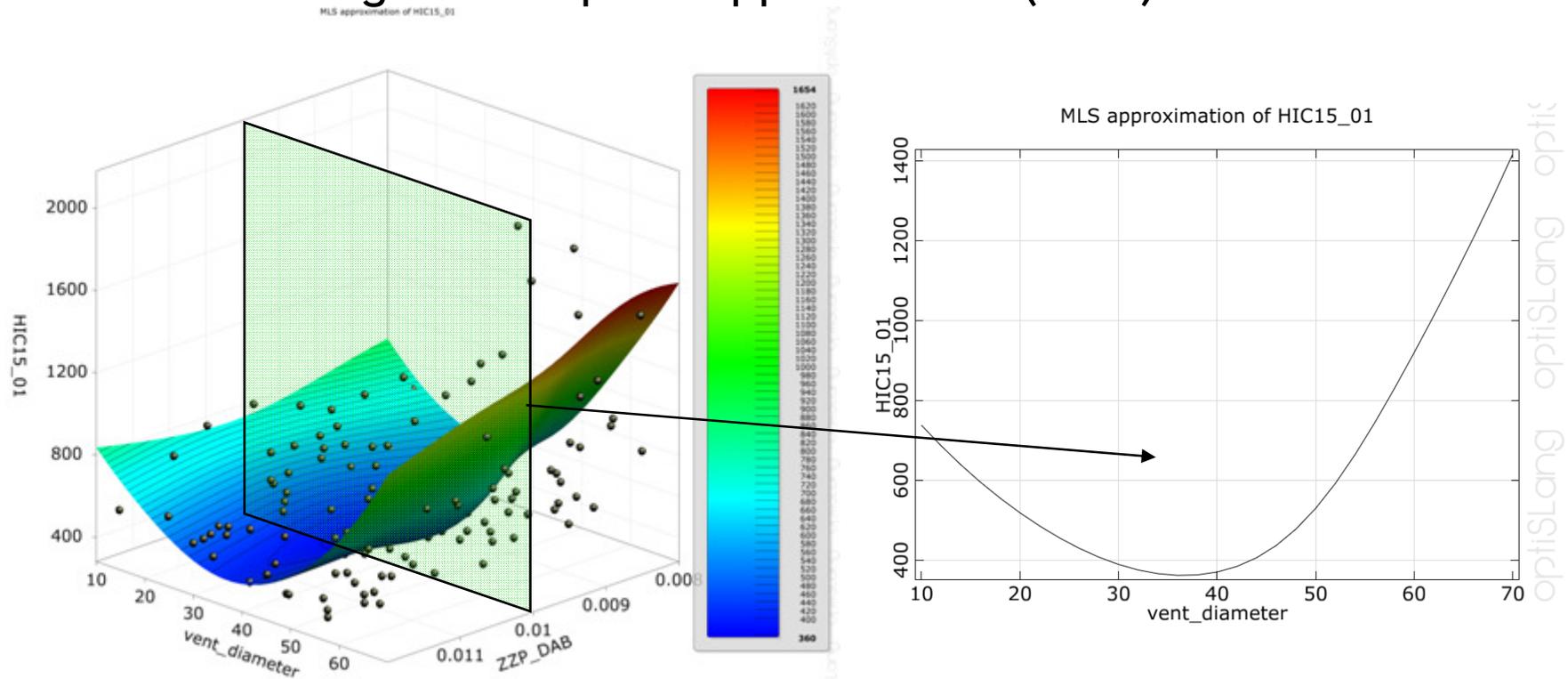
Wahl der Parameter
für red. Response
Surfaces



Meta Model Viewer MOVIE.

Beispiel: Auslegung RHS - Fahrerseite.

- z.B. Minimierung der Kopfbelastung (HIC 15ms) im LF 1 durch Optimierung der Abströmfläche (Vent) und Anpassung des Zündzeitpunktes (ZZP) des Airbag
- Moving Least Square Approximation (MLS)



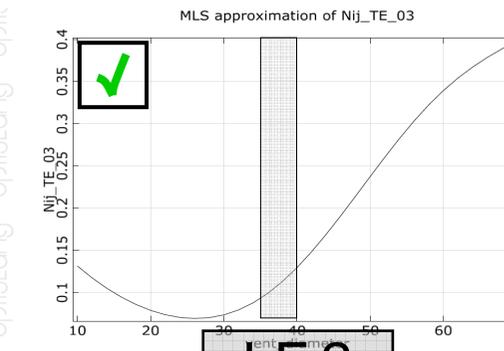
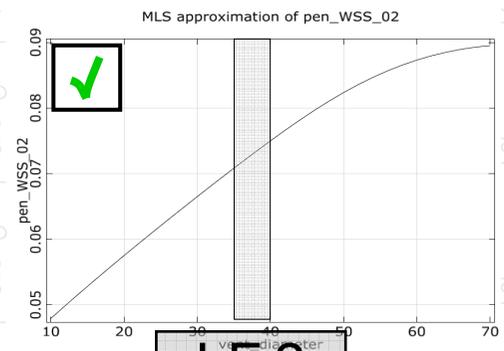
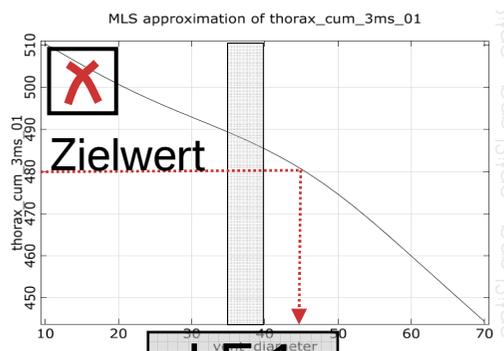
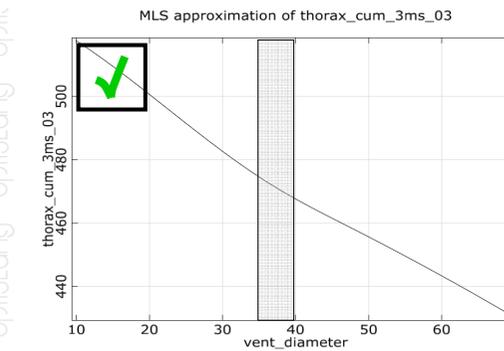
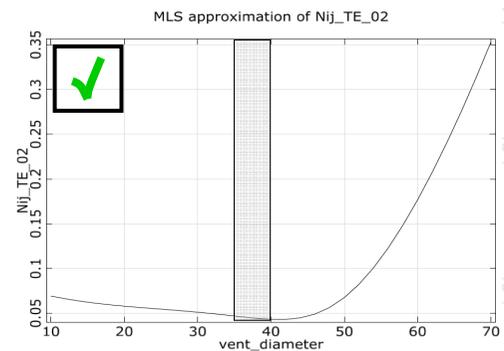
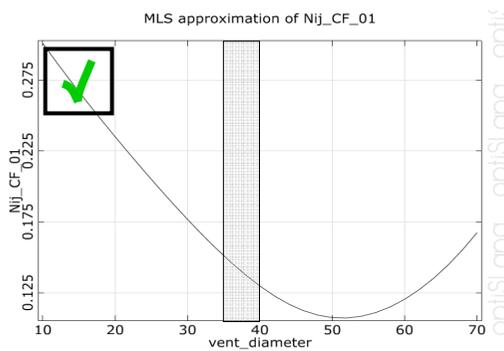
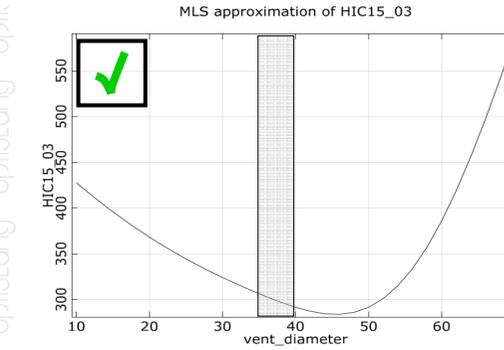
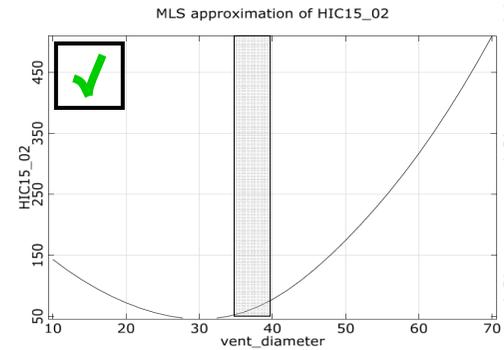
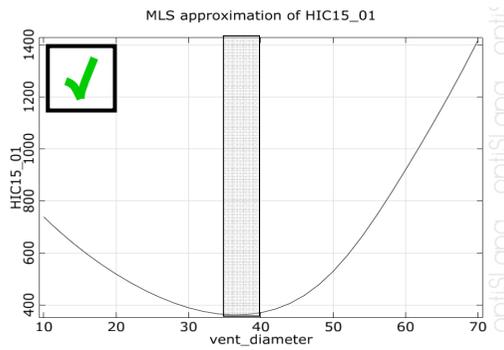
- Ergebnis: ZZZ 10ms; optimale Ventgröße für HIC in LF1 35-40 mm

Meta Model Viewer MOVIE.

Beispiel: Auslegung RHS - Fahrerseite.

- Einfluss Ventgröße auf andere Outputs 2-D

Main Application interface showing input parameters and approximation methods. The 'Input parameter' section includes sliders and text boxes for various variables. The 'Approximation method' is set to 'Moving least squares'. The 'Resolution' is set to 30. The '9. Response surface 3D plot' and '3. Response, Objective' sections are also visible.



Meta Model Viewer MOVIE.

Beispiel: Auslegung RHS - Fahrerseite.

- Einfluss Ventgröße auf andere Outputs 2-D

Main Application

Update data

Display: Multi approximation

Another window

1. Parameter: INPUT: ZZP_DAB

2. Parameter: INPUT: vent_diameter

Input parameter

sw_time_LL_1st_to_2nd_H350: 0.046

LL_1st_level: 4

LL_2nd_level: 2

ZZP_DAB: 0.01

vent_diameter: 40

sw_time_LL_1st_to_2nd_H305: 0.042

Approximation method: Moving least squares

Settings...

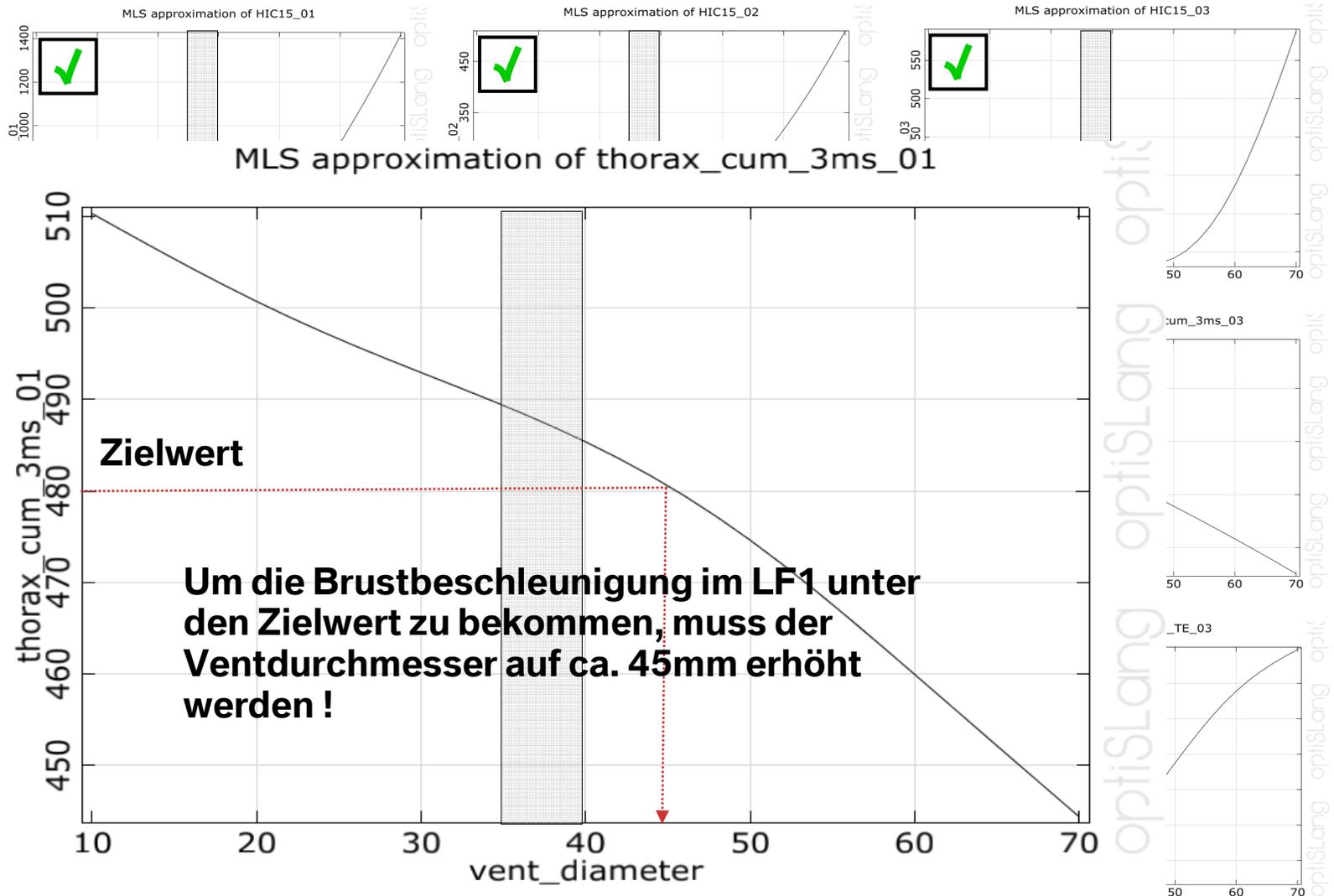
Plot

Resolution: 30

9. Response surface 3D plot

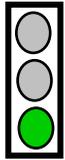
3. Response, Objective

optiSlang

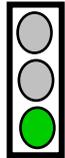


Meta Model Viewer MOVIE.

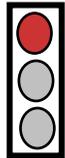
Zusammenfassung.



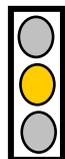
- Visualisierung der Zusammenhänge mittels Metamodellen ist hilfreich zum Systemverständnis



- Sehr schnelle Ergebnisse und Tendenzaussagen



- Aufwendige Erzeugung der Datenbasis (Hardware-Ressourcen) insbesondere beim Einsatz von FE-Modellen (ABAQUS explizit)



- Wahl der Approximationsmethode für die Response Surface (linear, quadratisch, MLS, ... , neuronale Netze) bestimmt wesentlich die Lage der Optima sowie die Aussagegüte des Metamodells.

Meta Model Viewer MOVIE.

Ausblick.

- Automatisierte Wahl des besten Metamodells mittels unabhängiger Testdatensätze (Fehlerminimierung)
- Explizite Nachrechnung der optimalen Parameterkonfigurationen direkt aus OptiSLANG (Fehlerabschätzung der Metamodells)
- Integration einer Robustheitsbewertung der gefunden Optima
- Einsatz im realen Projektumfeld bei BMW