

Prozesse zur Auslegung und Optimierung von Fahrzeugstrukturen

N. Schulte-Frankenfeld, N. Bahlmann, M. Brass, A. Pieck

Wilhelm Karmann GmbH, Osnabrück, Deutschland

Abstract:

Auslegungsprozesse in der Fahrzeugentwicklung berücksichtigen viele verschiedene Anforderungen (zum Beispiel Lastenheftanforderungen an Dynamik, Steifigkeit und Crashlastfälle). Die einzelnen Disziplinen werden dabei mit Hilfe numerischer Simulationen untersucht und bewertet.

Gegenseitige Wechselwirkungen erfordern besonders in der frühen Projektphase eine fachübergreifende Betrachtung und im herkömmlichen Engineering-Prozess hohen Abstimmungsbedarf.

Im vorgestellten realen Projekt ersetzte der automatisierte Prozess der multidisziplinären Optimierung (MDO) die manuellen Änderungen des Entwicklungsteams, um die optimale Kompromisslösung bezogen auf vorgegebene Anforderungen bei gleichzeitig minimaler Masse zu finden.

Mit dem Optimierungstool LS-OPT der Firma Dynamore konnte dieses Ziel mit der implementierten Successive Response Surface Method (SRSM) unter einer Auswahl von 23 Strukturbauteilen erreicht und darüber hinaus ein hohes Maß an Systemverständnis gewonnen werden.

LS-DYNA Forum 2006

Ulm, 12.-13. Oktober

Prozesse zur Auslegung und Optimierung von Fahrzeugstrukturen

N. Schulte-Frankenfeld
N. Bahlmann
M. Brass
A. Pieck



Entwicklungsprozesse

Inhalt

- Prozesse in der Fahrzeugentwicklung und Simulation
- Prozess einer Multidisziplinären Optimierung (MDO)
- Anwendungsbeispiel einer MDO mit einer Ein-Ziel-Optimierung nach der SRSM-Methode mit LS-OPT
- Ergebnisse
- Resumee

Entwicklungsprozesse

» fast forward

Prozesse in der Fahrzeugentwicklung und Simulation

Wilhelm Karmann GmbH

Entwicklungsprozesse

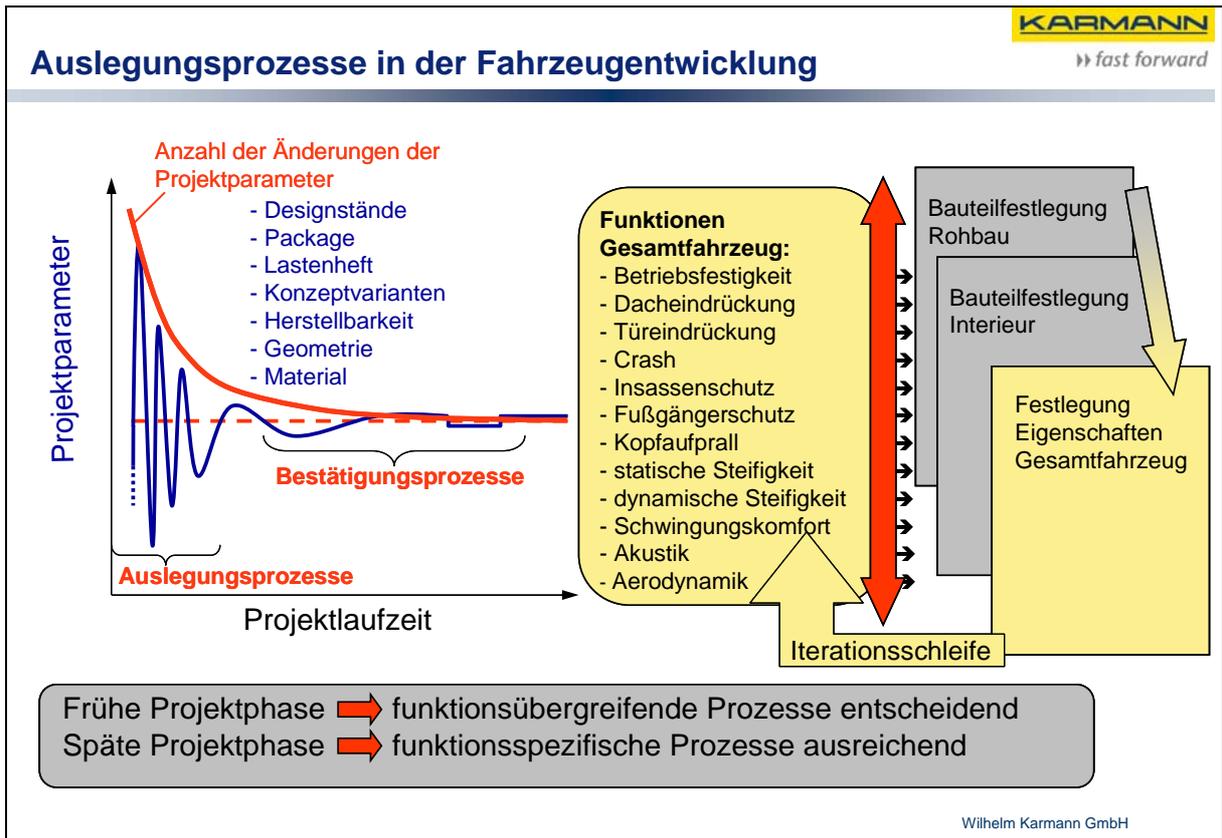
» fast forward

<ul style="list-style-type: none"> — Konzepte Festlegen — Entwicklung Serienstand — Werkzeuge freigeben 	<div style="border: 1px solid black; background-color: #ffff00; padding: 5px; display: inline-block;"> Aufgaben der Simulation </div>	<ul style="list-style-type: none"> alternative Konzepte bewerten und selektieren, konkrete Bauteilauslegung, Sicherung der Funktionsanforderungen
--	--	--

→ Festlegung der Fahrzeug- und Entwicklungskosten weitgehend auf Basis einer virtuellen Entwicklung !

→ leistungsfähige Simulationsprozesse nötig

Wilhelm Karmann GmbH



KARMANN
» fast forward

Auslegungsprozesse in der Fahrzeugentwicklung

Der Entwicklungsprozess erfordert in der Frühphase einen leistungsfähigen, funktionsübergreifenden Auslegungsprozess

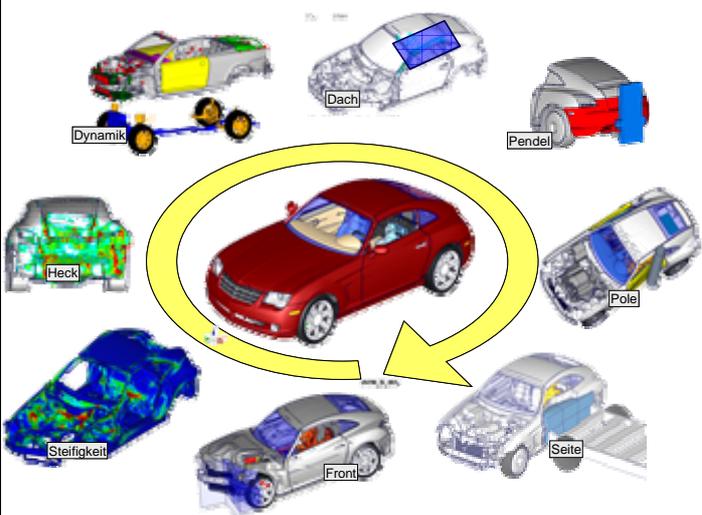
Wilhelm Karmann GmbH



» fast forward

Auslegung und Entscheidungsfindung

Auslegungsprozess durch Simulationen:



- Alle Informationen zur Entscheidungsfindung sind zeitgleich und früh vorhanden
- Alle Aussagen basieren auf korrespondierenden Modellständen

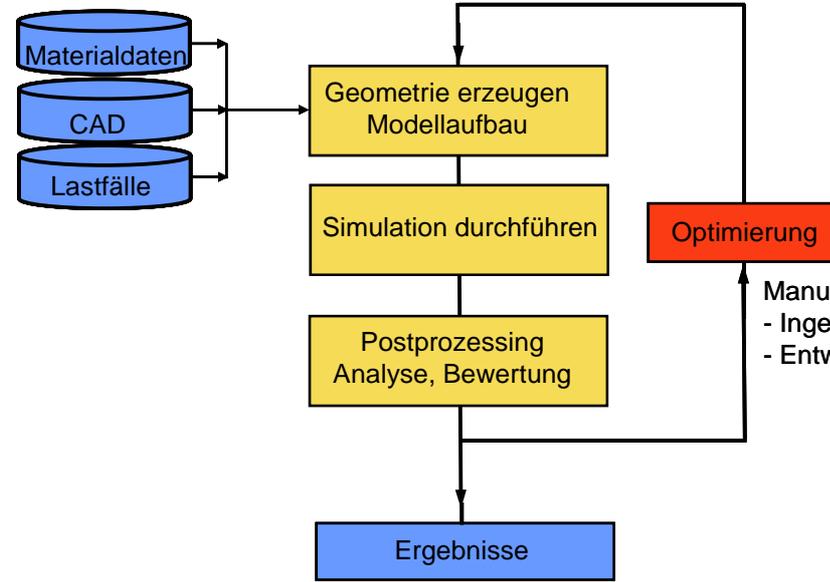
Lastfälle zur funktionalen Gesamtfahrzeugauslegung

Wilhelm Karmann GmbH

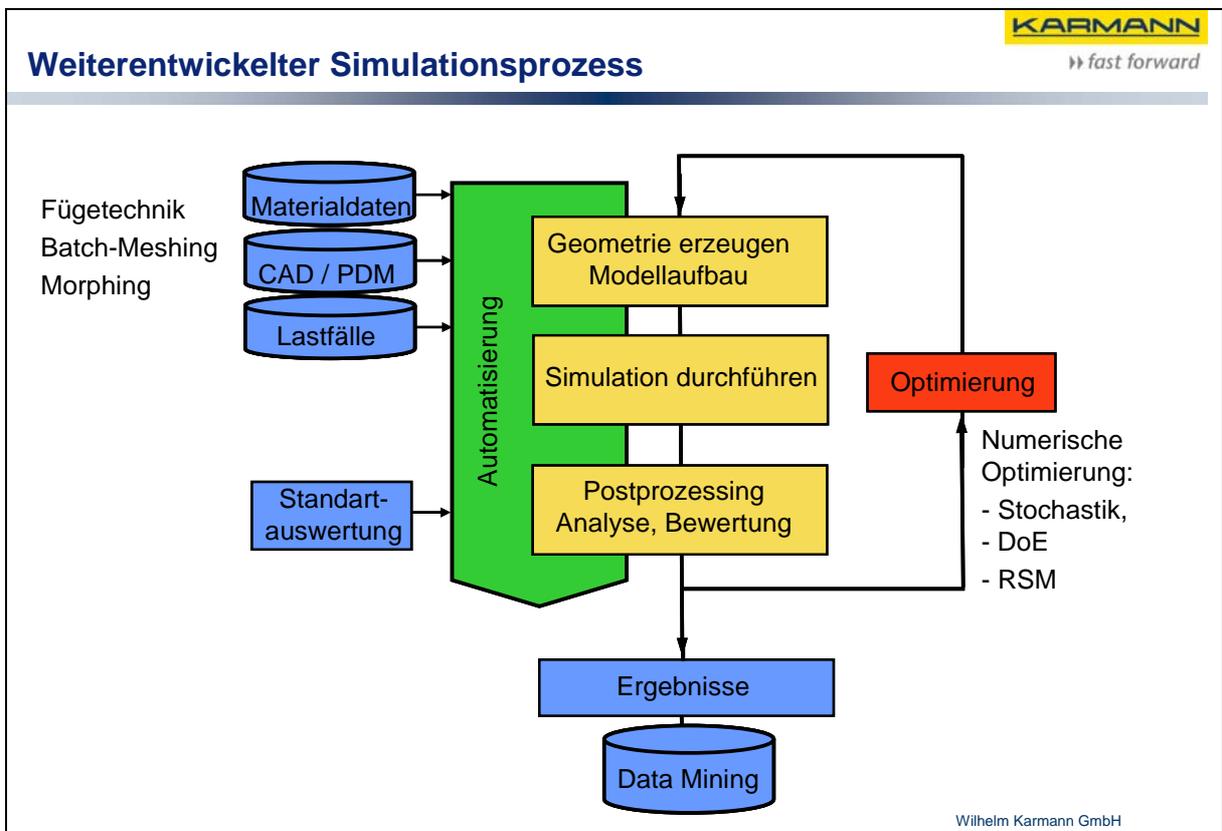
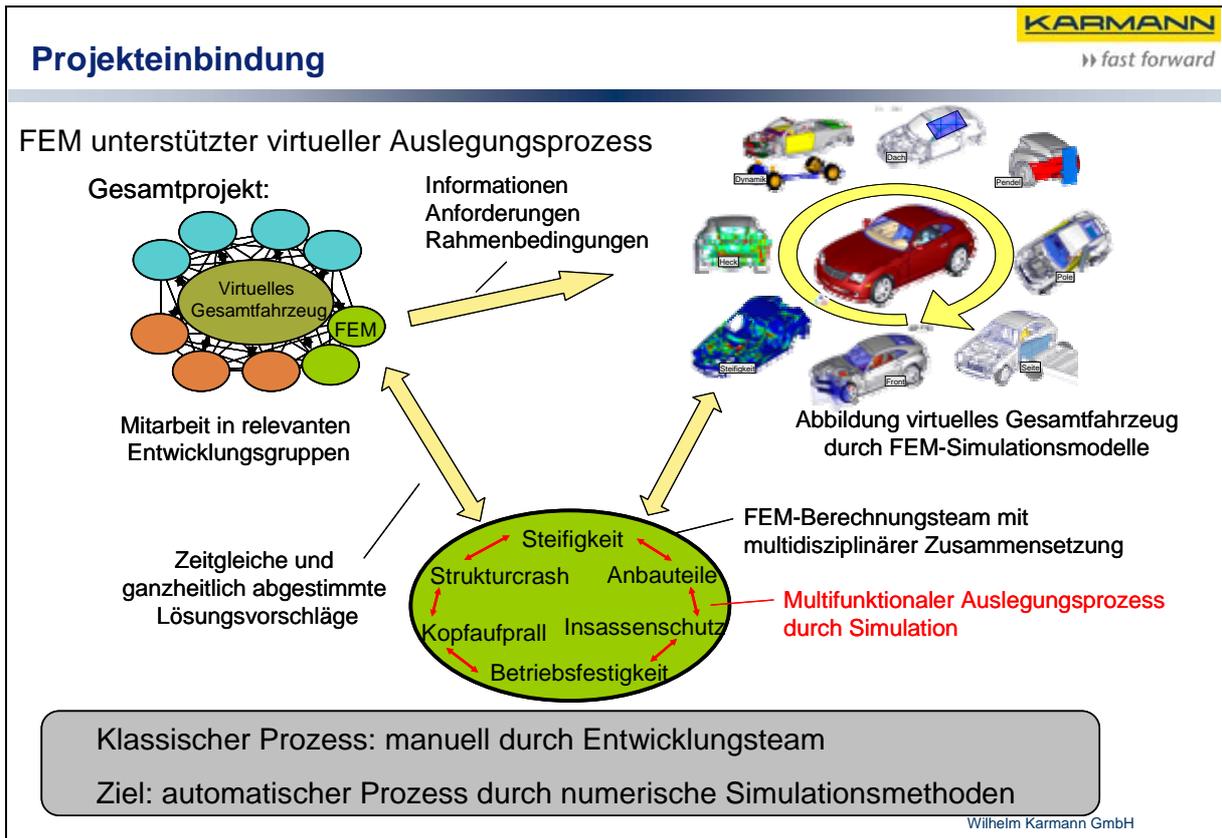


» fast forward

Klassischer Simulationsprozess



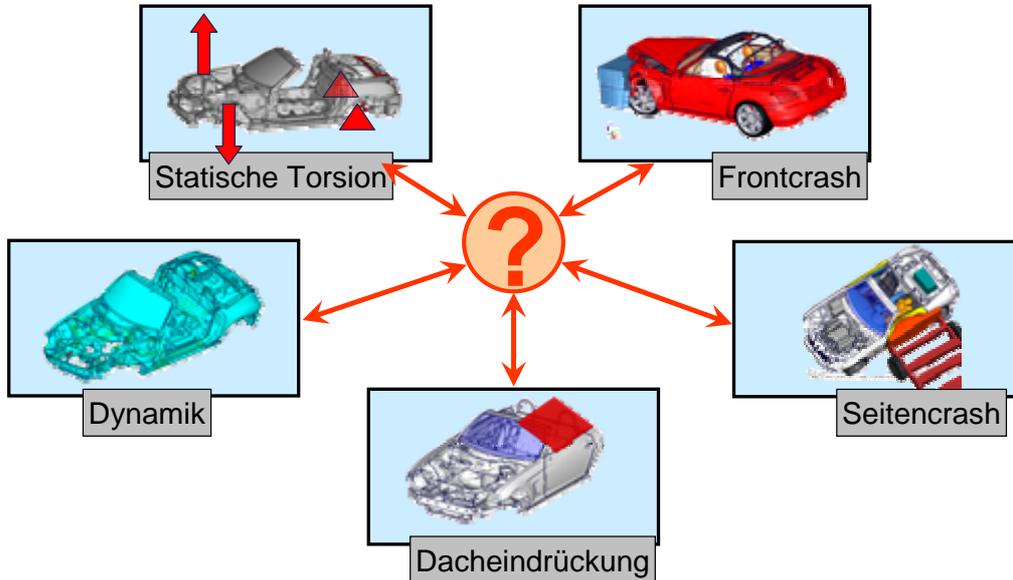
Wilhelm Karmann GmbH



Auslegungsprozess im Projekt

KARMANN
» fast forward

Wie kann in einem Entwicklungsprojekt eine optimale Lösung bei teilweise gegenläufigen Anforderungen gefunden werden ?



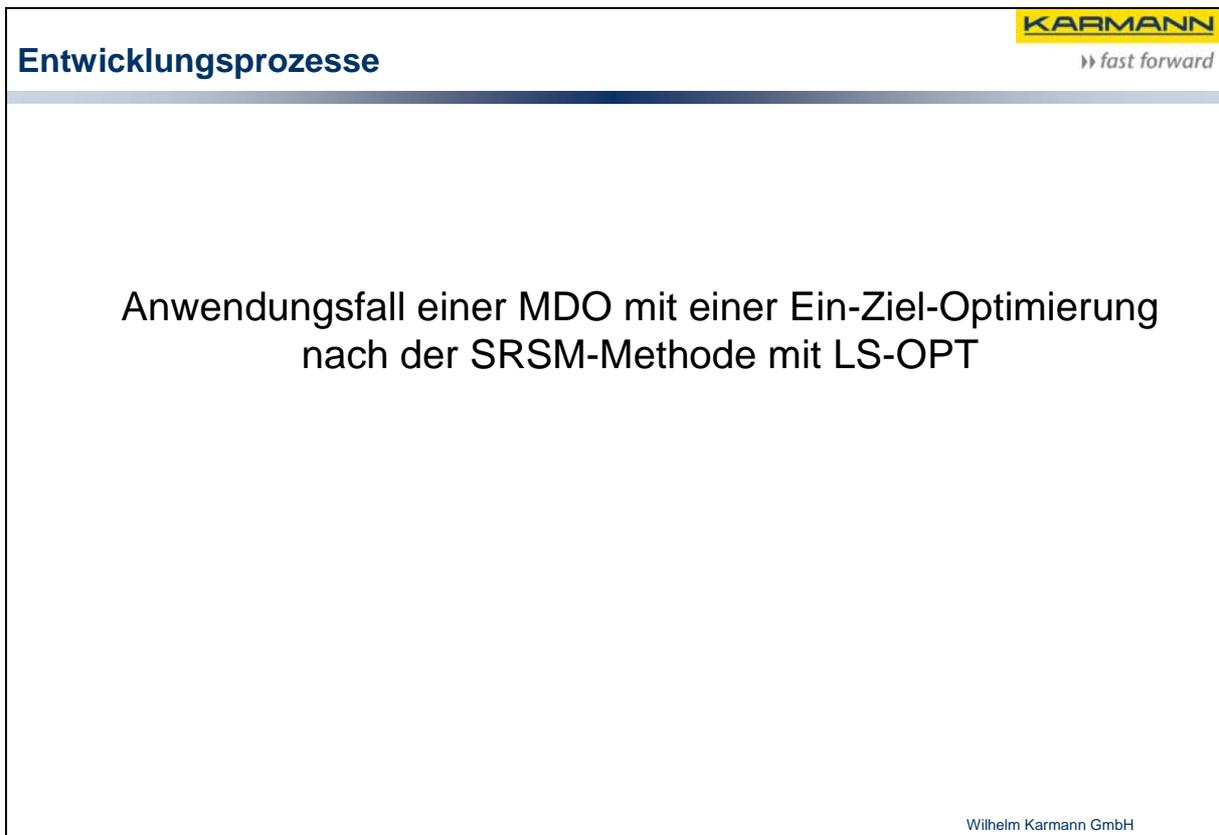
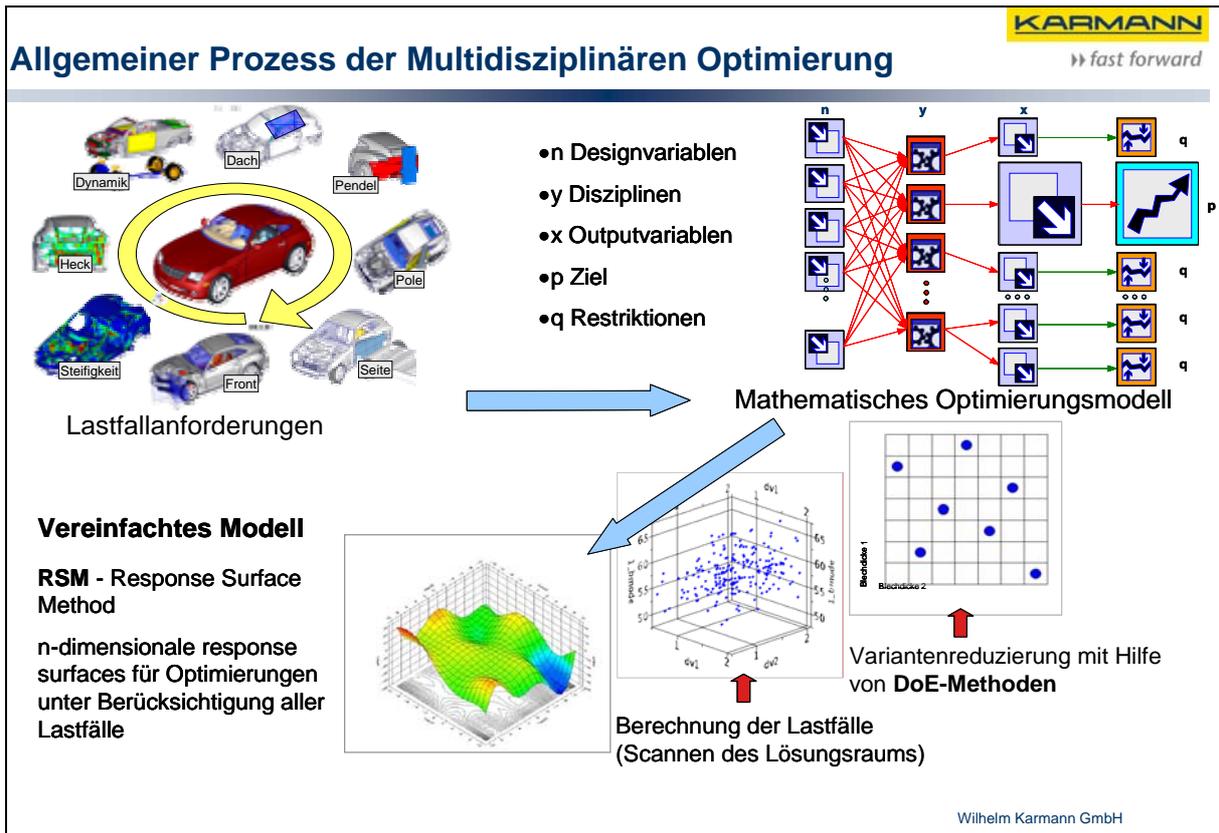
Wilhelm Karmann GmbH

Entwicklungsprozesse

KARMANN
» fast forward

Prozess einer Multidisziplinären Optimierung (MDO)

Wilhelm Karmann GmbH



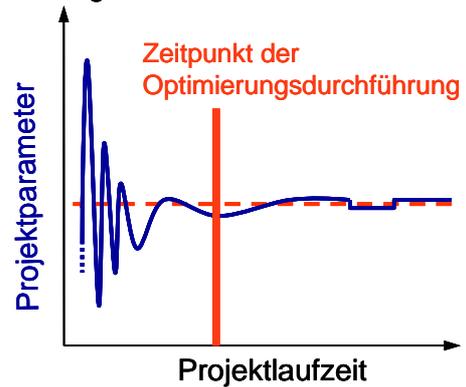
Auslegungsprozess im Projekt

KARMANN
» fast forward

Multidisziplinäre Optimierung mit LS-OPT in einem realen Entwicklungsprojekt

Anwendungsfall:

- Konstruktionsstand hatte schon einen gewissen Reifegrad durch herkömmlichen Engineering-Prozess („manuelle“ Optimierung)
- Modellgrößen:
 - Crash und Dynamik: 640.000 Knoten



Wilhelm Karmann GmbH

Optimierungsziel

KARMANN
» fast forward

Ziel:

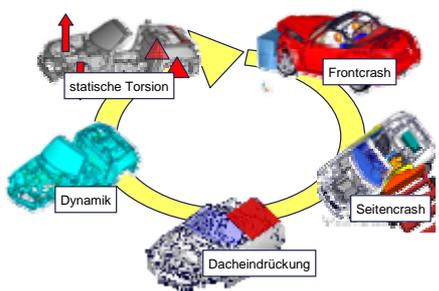
Reduzierung der Masse bei gleichzeitiger Erfüllung
aller Lastenheftanforderungen

Wilhelm Karmann GmbH



fast forward

Prozessparameter für MDO-Anwendungsfall



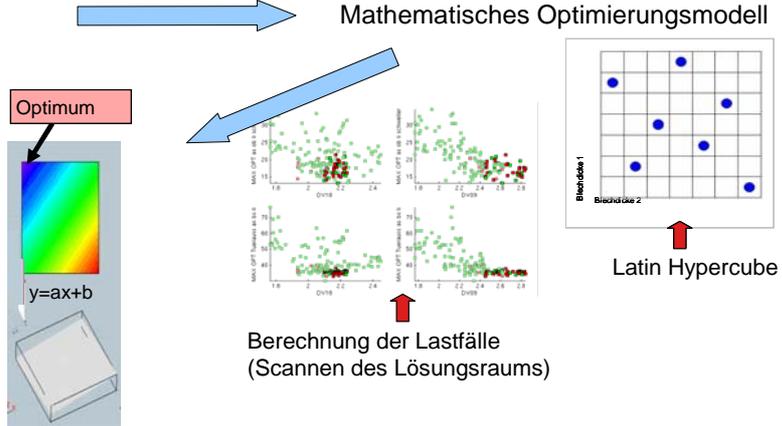
Lastfallanforderungen

- 23 Designvariablen
- 5 Disziplinen
- 29 Outputvariablen
- 1 Ziel
- 15 Restriktionen



Kräfte
Intrusionswege
Intrusionsgeschwindigkeiten
Intrusionsbeschleunigungen
Verformungsweg (st. Tors.)
Torsionseigenmode
Biegeeigenmode

Mathematisches Optimierungsmodell



Optimum

Vereinfachtes Modell

SRSM – Successive Response Surface Method

Linearer Funktionsansatz
 $y = ax + b$
 zur Approximation der Response Surface in jeder Iteration

Berechnung der Lastfälle (Scannen des Lösungsraums)

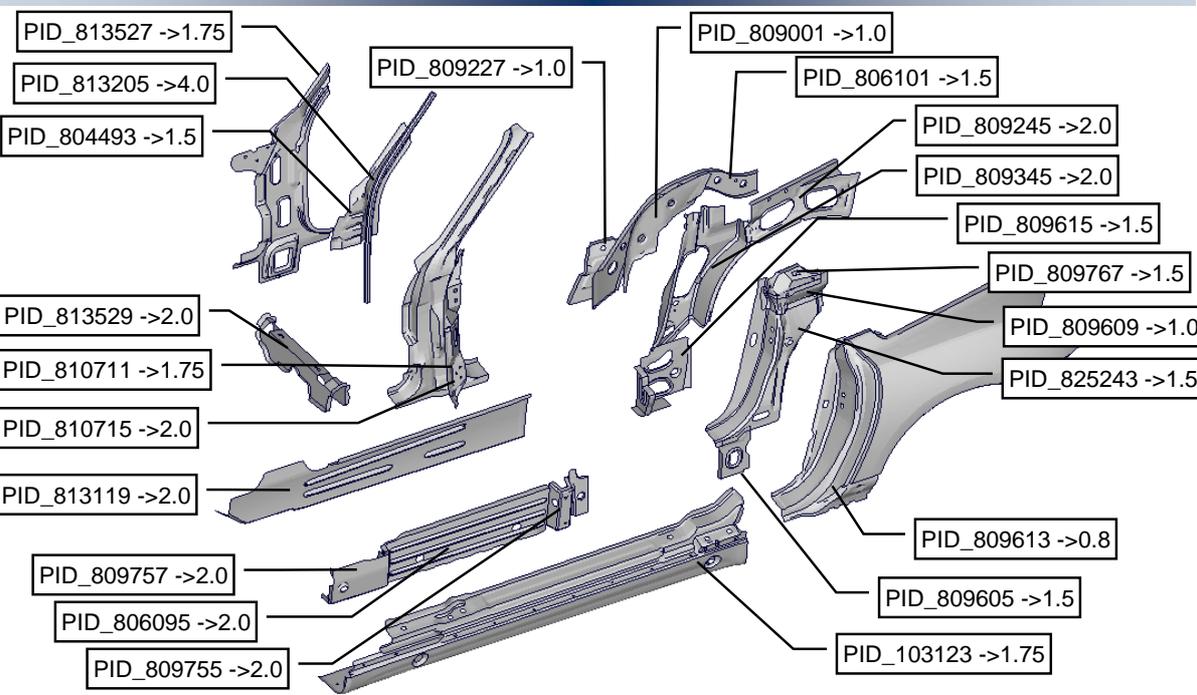
Latin Hypercube

Wilhelm Karmann GmbH



fast forward

Designvariablen der MDO: parametrisierte Bauteilblechdicken



PID_813527 ->1.75	PID_809227 ->1.0	PID_809001 ->1.0
PID_813205 ->4.0		PID_806101 ->1.5
PID_804493 ->1.5		PID_809245 ->2.0
		PID_809345 ->2.0
		PID_809615 ->1.5
PID_813529 ->2.0		PID_809767 ->1.5
PID_810711 ->1.75		PID_809609 ->1.0
PID_810715 ->2.0		PID_825243 ->1.5
PID_813119 ->2.0		
		PID_809613 ->0.8
PID_809757 ->2.0		PID_809605 ->1.5
PID_806095 ->2.0		PID_103123 ->1.75
PID_809755 ->2.0		

Wilhelm Karmann GmbH

Derzeitige Anwendungsgrenzen

- Anzahl der Designvariablen durch verfügbare Rechenleistung begrenzt:

Schon für einen linearen Funktionsansatz sollte die Anzahl der Berechnungen gleich der Zahl der Designvariablen+1, plus 50 % Oversampling sein.

- Rechenaufwand:

4 Iterationen mit jeweils minimal 25 Rechnungen pro Iteration und Lastfall erfordern ca. 2000 Stunden.

4 x 25 x 5 > 500 Rechenläufe

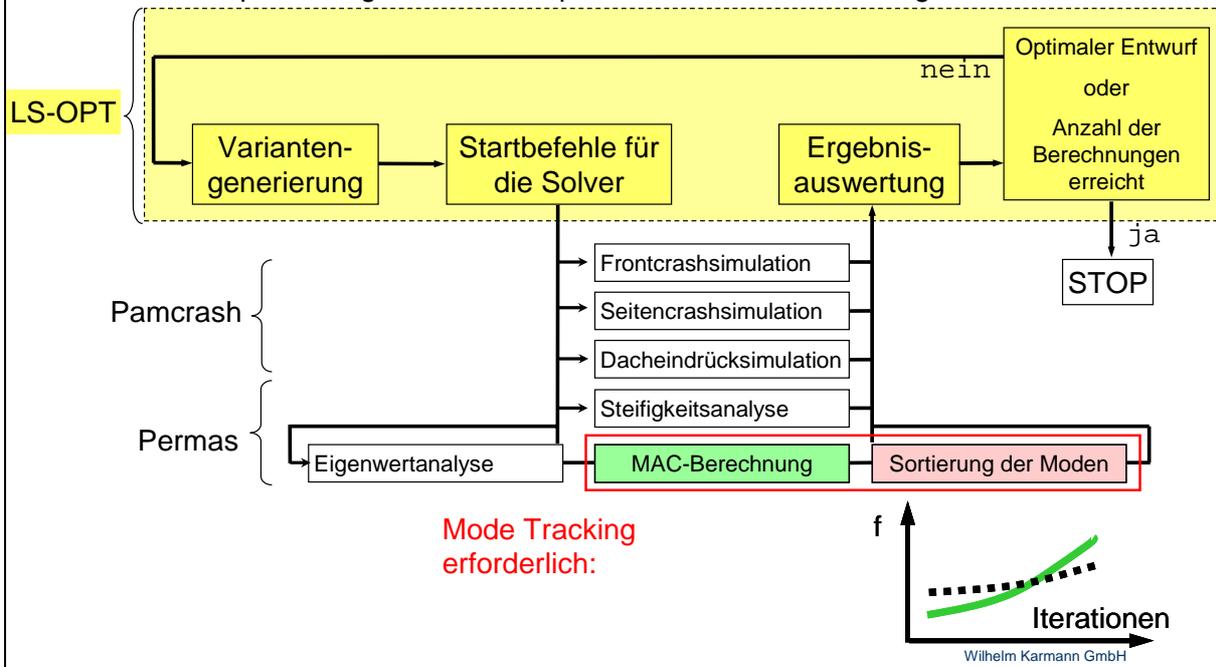
2000 h > 85 Tage

Parallele Abarbeitung:

10 Jobs parallel > 8,5 Tage

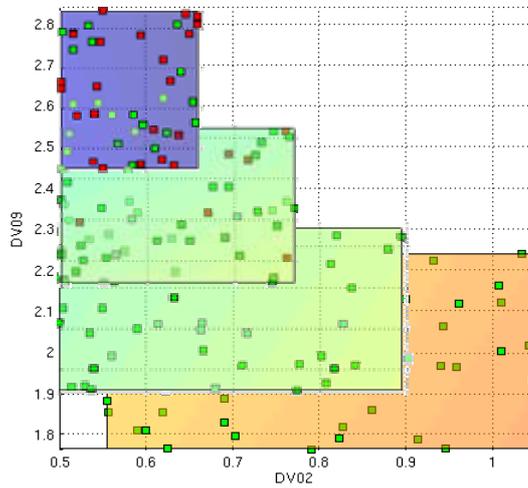
Optimierungsprozess mit LS-OPT

Numerische Optimierung erfordert komplette Ablaufautomatisierung:



Ablauf der Multidisziplinären Optimierung mit der SRSM-Methode fast forward

Iterationsverlauf mit der **SRSM** – Successive Response Surface Method

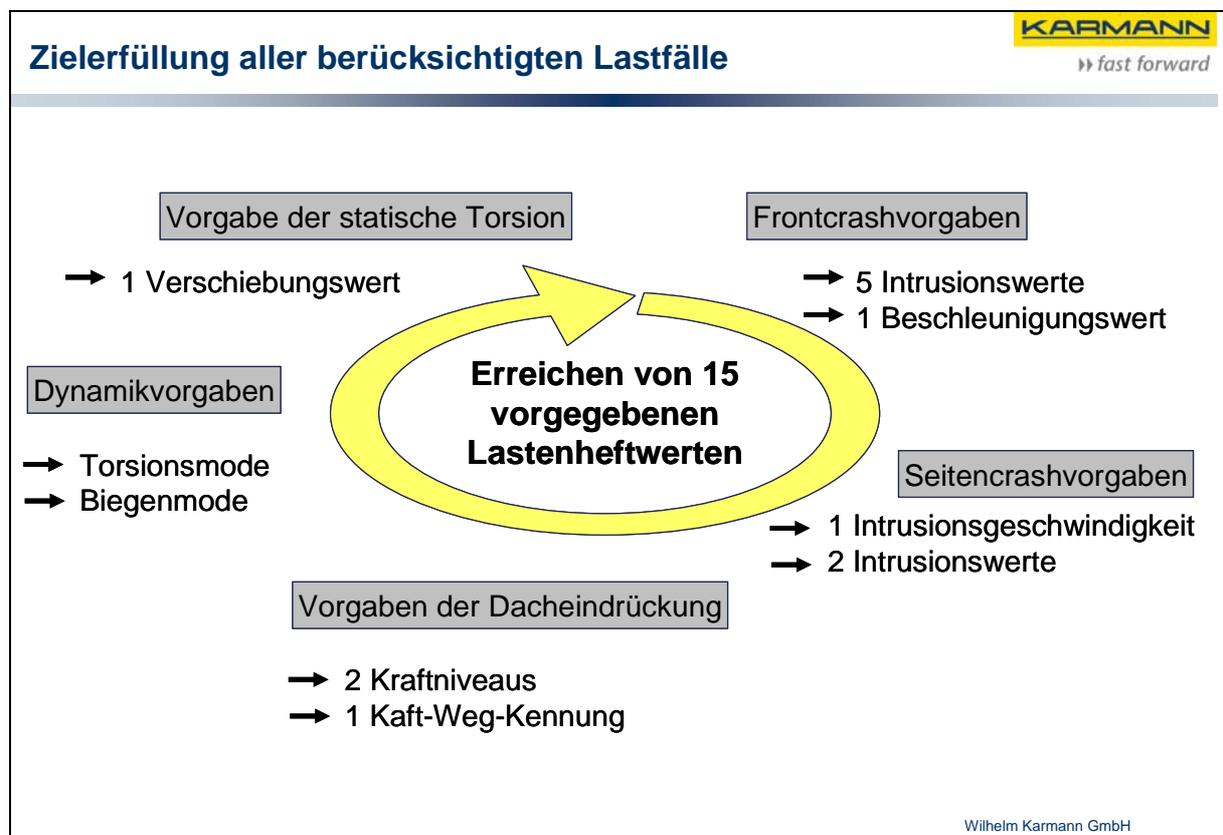
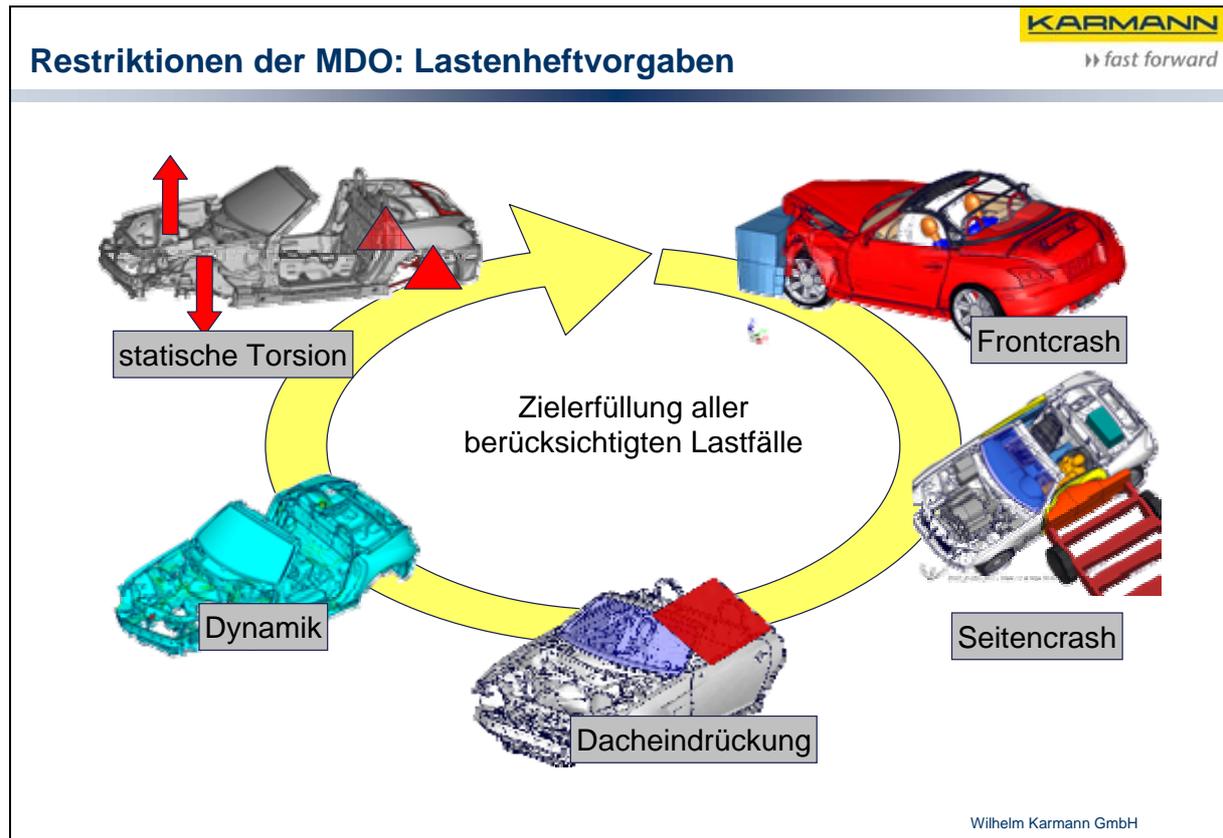


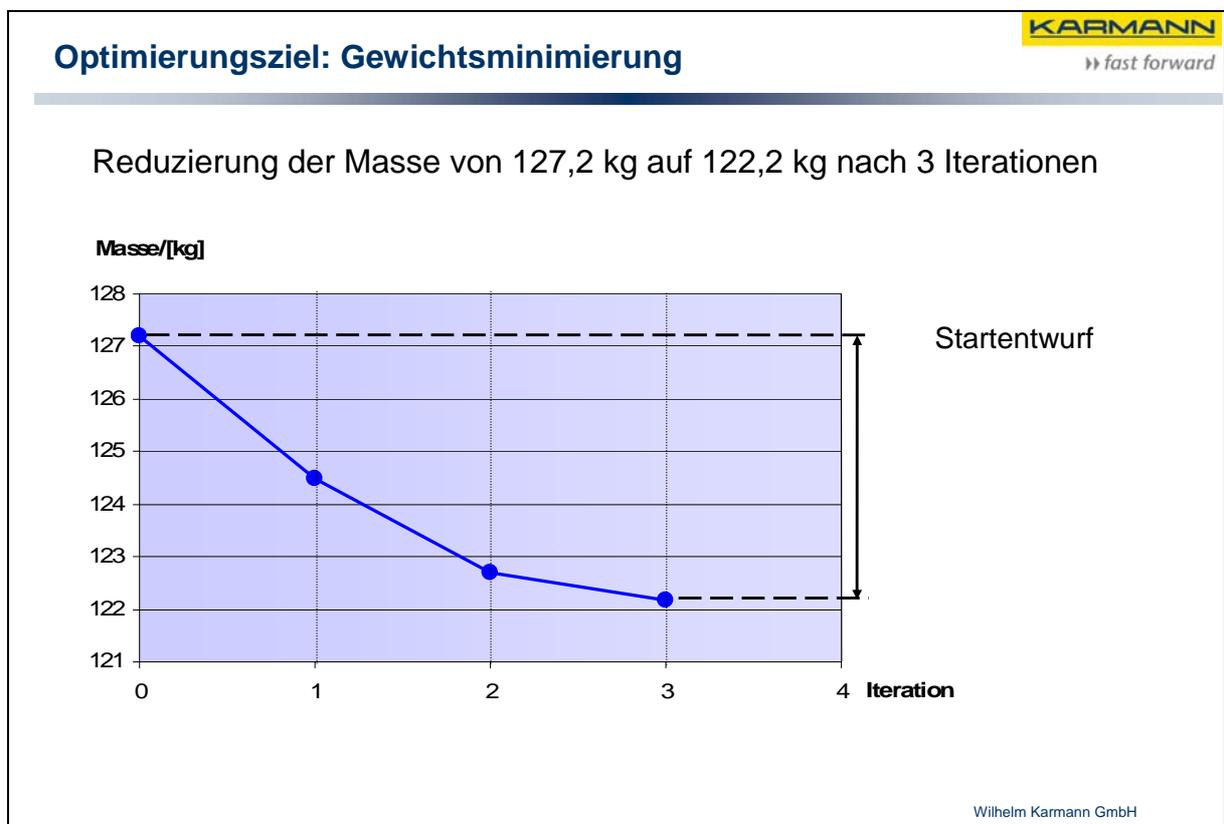
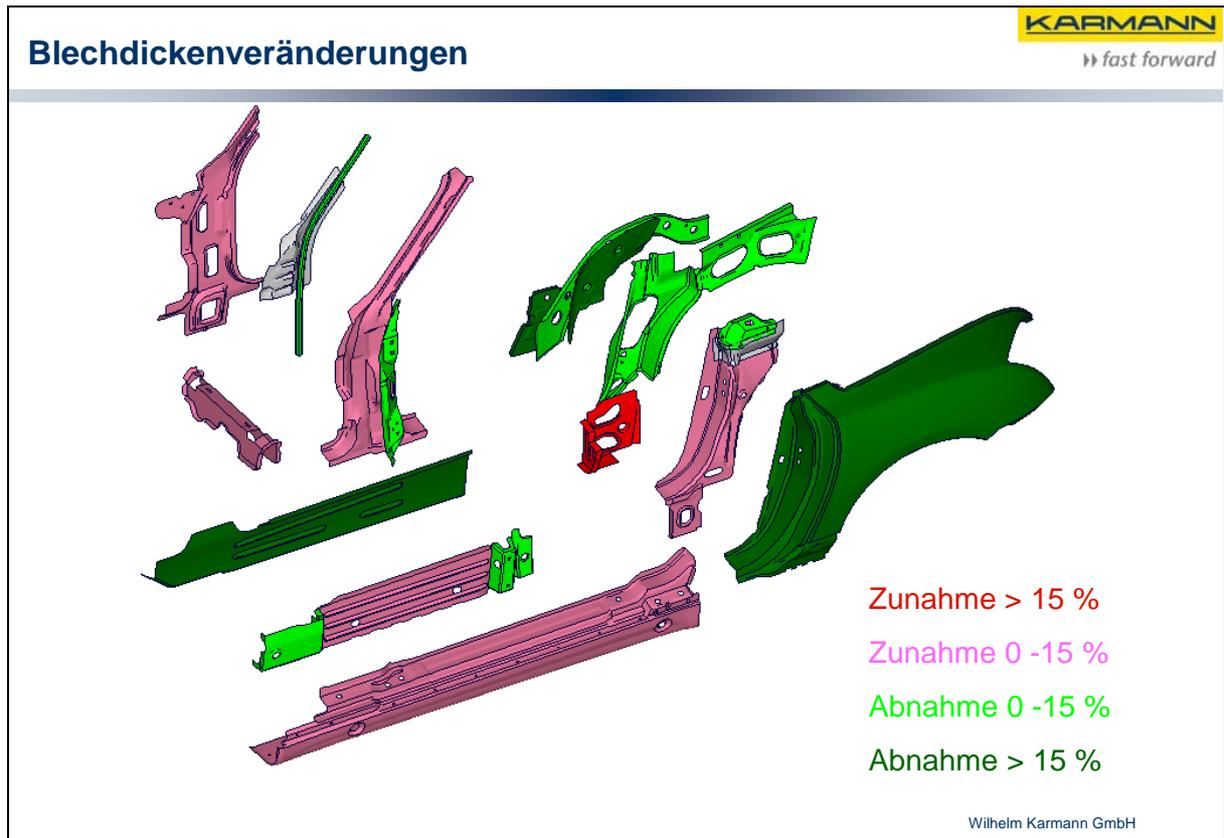
Wilhelm Karmann GmbH

Entwicklungsprozesse

Ergebnisse

Wilhelm Karmann GmbH





Ergebnisse der MDO



- Das Hauptziel der MDO
 - Massenreduktion bei Einhaltung aller Lastfälle - wurde erreicht.

- Die erzielte Massenreduktion von 5 kg ist relativ moderat.
Gründe:
 - Struktur war schon manuell voroptimiert
 - Es wurden lediglich die Blechdicken variiert

- Der vollautomatische Prozessablauf hält den Manpower-Aufwand gering, jedoch ist eine hohe Rechenleistung erforderlich

Wilhelm Karmann GmbH

Ergebnisse der MDO



Derzeitige Anwendung der Optimierungsmethode:

- Feinoptimierung und Plausibilisierung eines Konstruktionsstandes
- Ausbalancieren gegenläufiger Lastfallanforderungen

Weiterer Nutzen:

- Hoher Zugewinn an Systeminformationen
- Extrem schnelle Antwortzeiten auf RSM-Flächen

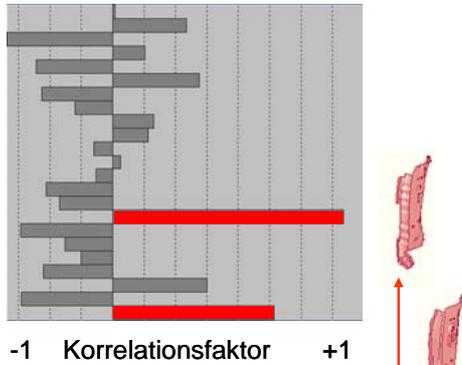
Wilhelm Karmann GmbH

Zugewinn an Systeminformationen



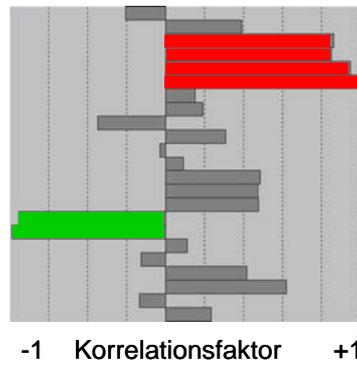
Beispiel: Korrelationen zwischen den Bauteilen und den Auslegungsgrößen

Dacheindrückkraft



A-Säule unten außen
Verstärkung A-Säule

Seitenwandintrusion



Schottblech Abstützung B-Säule
Querträger Mitte
Verstärkung Sitzquertraeger
Schachverstärkung außen



A-Säule unten außen
B-Säule innen

Wilhelm Karmann GmbH

Extrem schnelle Antwortzeiten durch RSM-Flächen

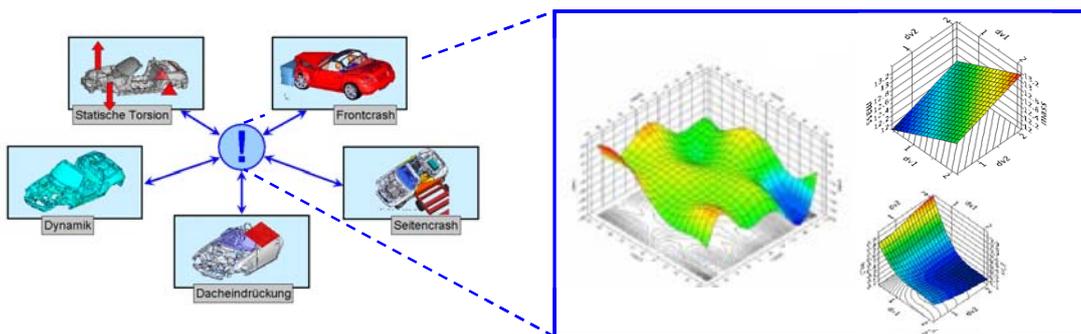


Auswirkungen von Konstruktionsänderungen können auf bestehender RSM extrem schnell bewertet werden:

Antwortzeit:

10 h

5 min



Informationen aller Zusammenhänge sind in n-dimensionalen Response-Surface-Oberflächen enthalten.

Wilhelm Karmann GmbH

Entwicklungsprozesse



Resumee

Wilhelm Karmann GmbH

Resümee



- Die Anwendung zeigt, dass die Methode auch in realen Fahrzeug-Entwicklungsprojekten einsetzbar ist und konkrete Informationen für eine verbesserte Struktur liefert.
- Die Methode bietet insgesamt erhebliches Potential, den Entwicklungsprozess zukünftig deutlich zu optimieren.

Wilhelm Karmann GmbH

