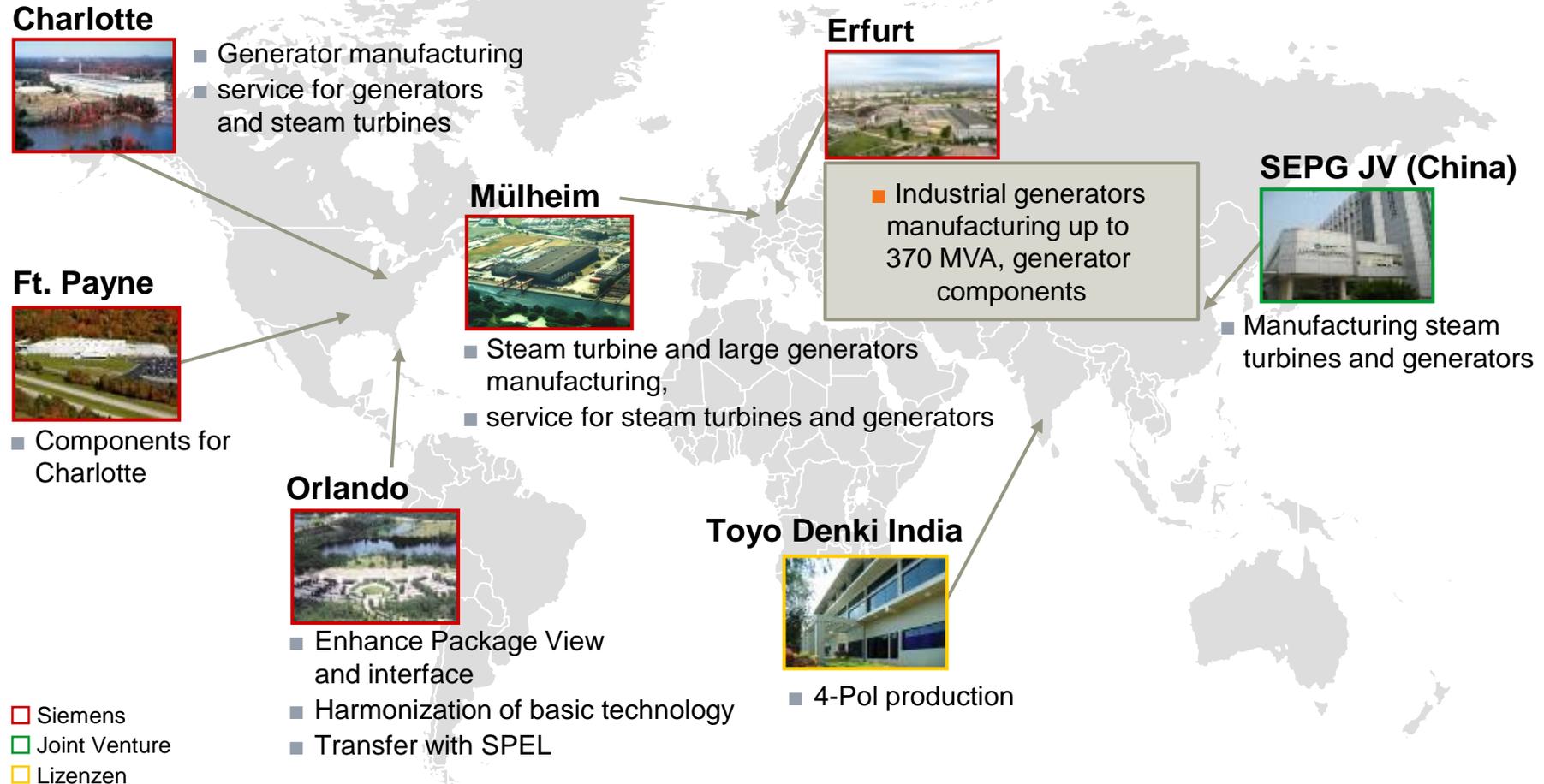


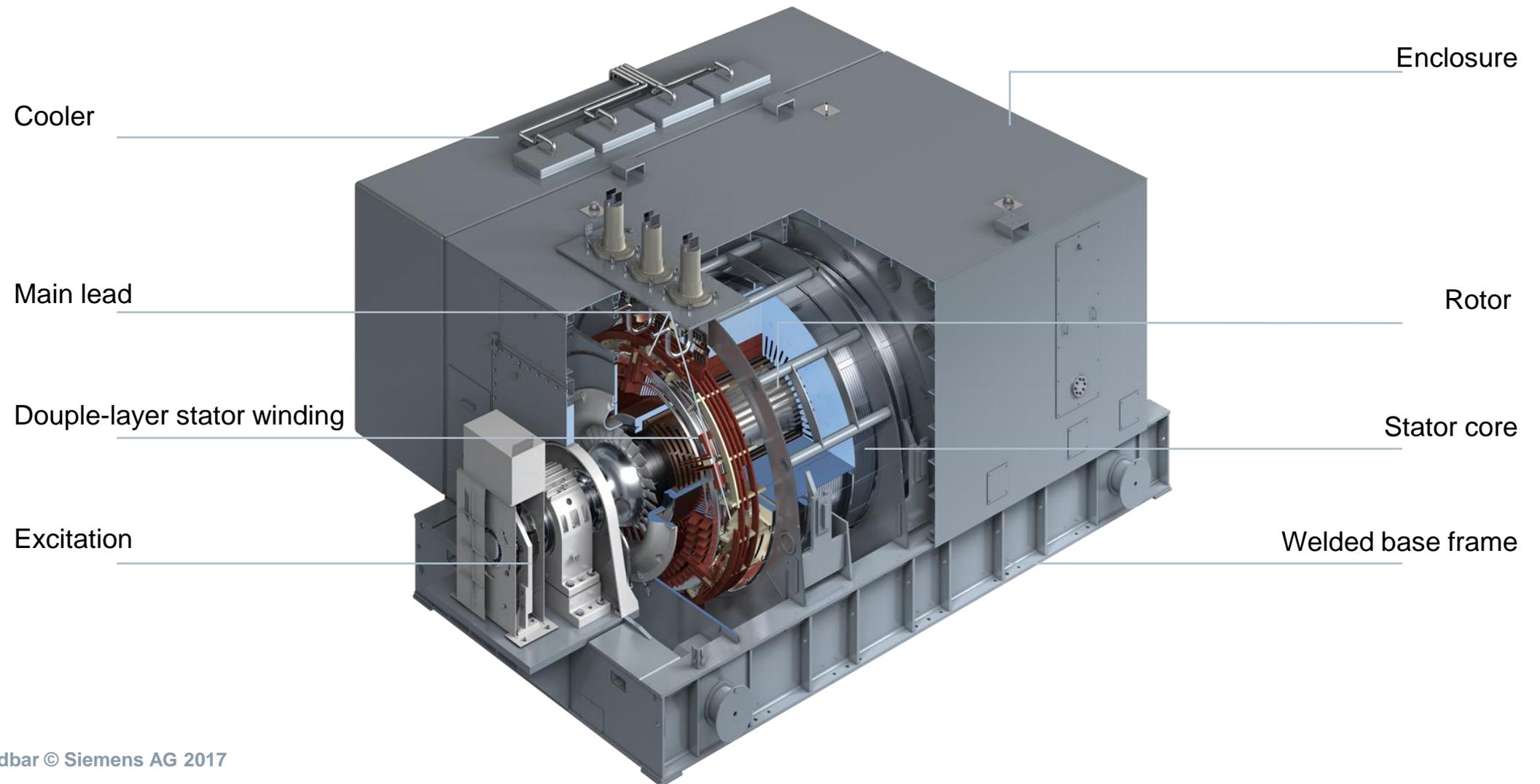
Workflow-Automatisierung, Modellparametrisierung & Sensitivitätsanalyse für Generatorkomponenten mit ANSYS optiSLang

Engineering Large Gas Turbines, Generators

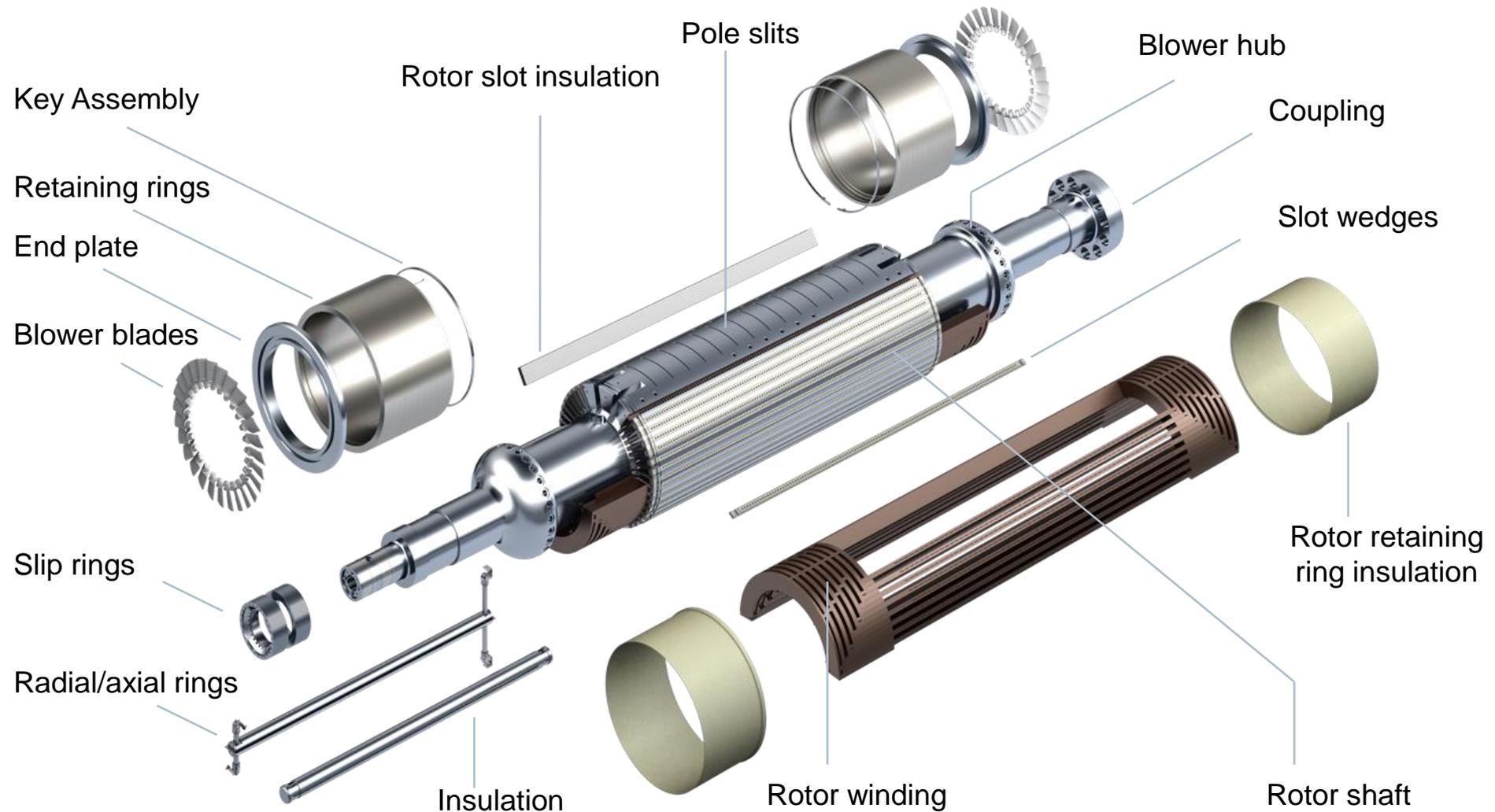
Siemens Generator Network



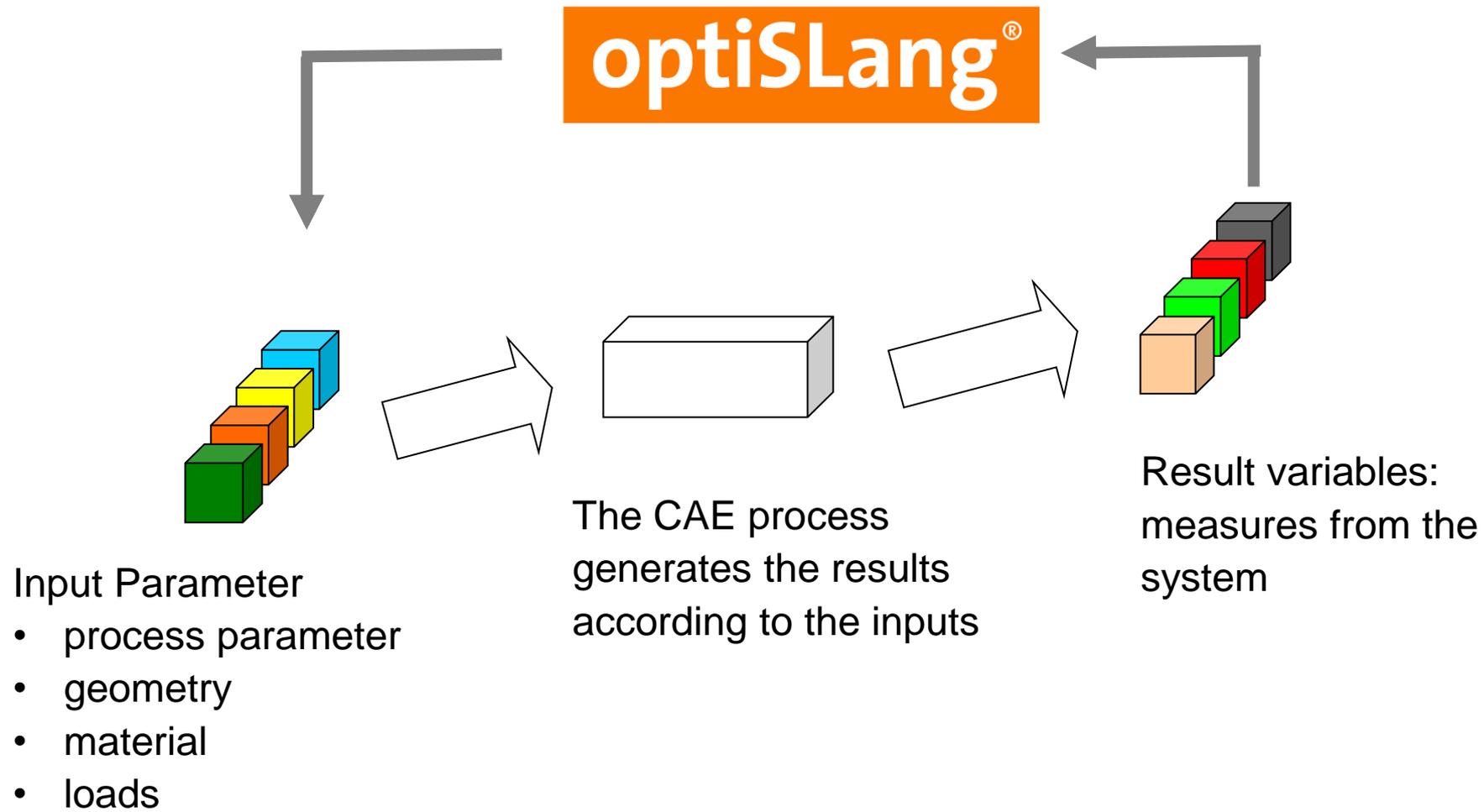
Siemens Generator SGen-100A 2P Series



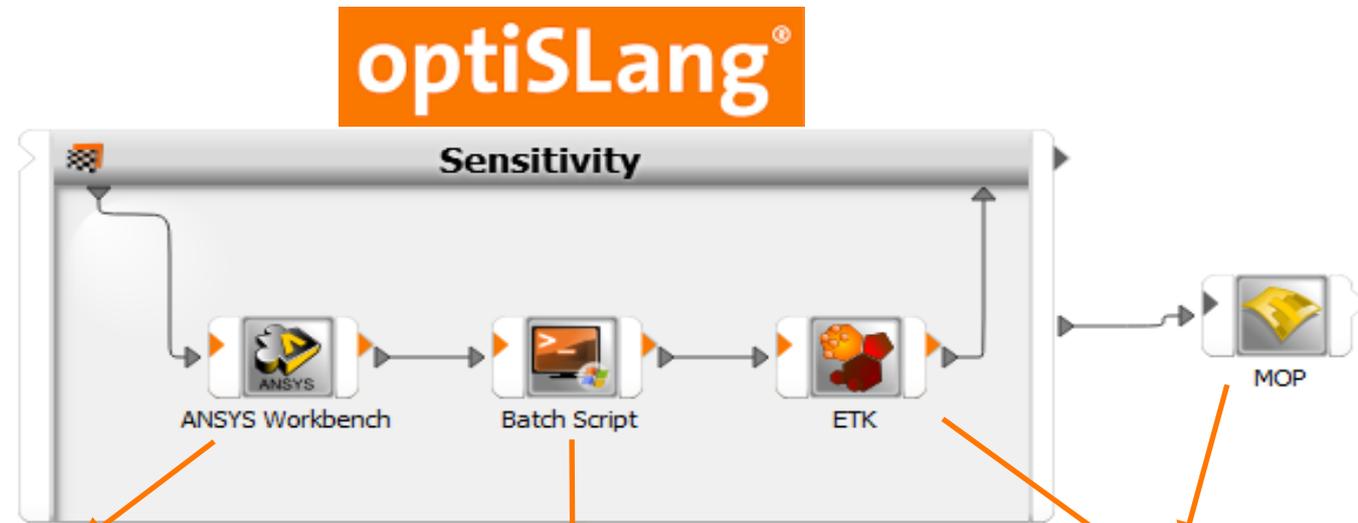
Rotor 2P Series



Prozess-Integration



Workflow-Automatisierung



- Importgeometrie aus CREO
- Bearbeitung der Geometrie im DM
- Vernetzung
- Durchführung der Berechnung über RSM
- Extraktion der Spannungen und Verformungen

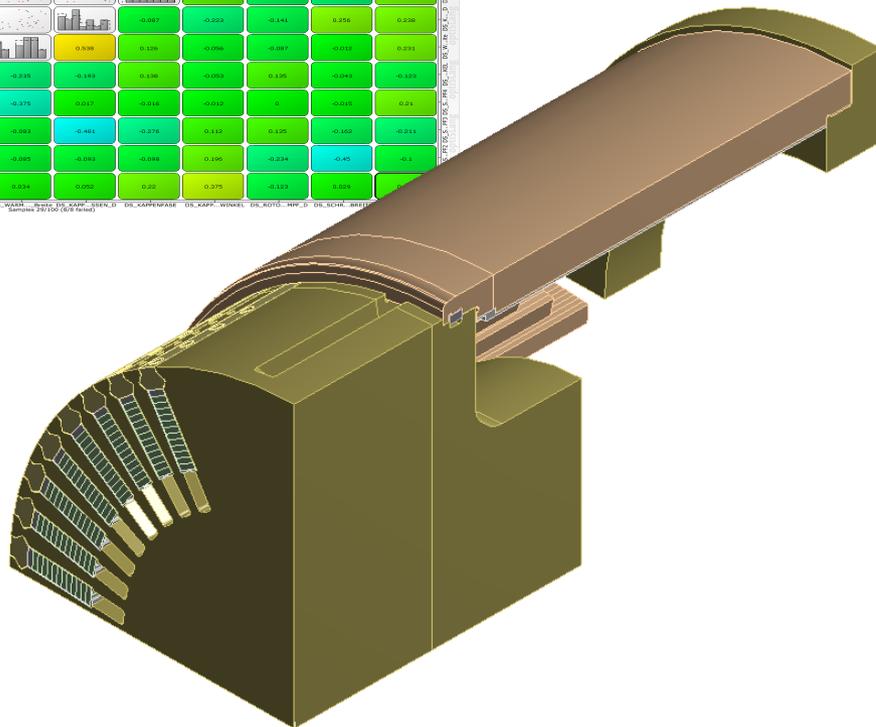


- Einlesen des .RST
- Starten die Berechnung im nCode im Batch-Modus
- Exportiert die Lebensdauer für Vordefinierte Komponenten in .csv



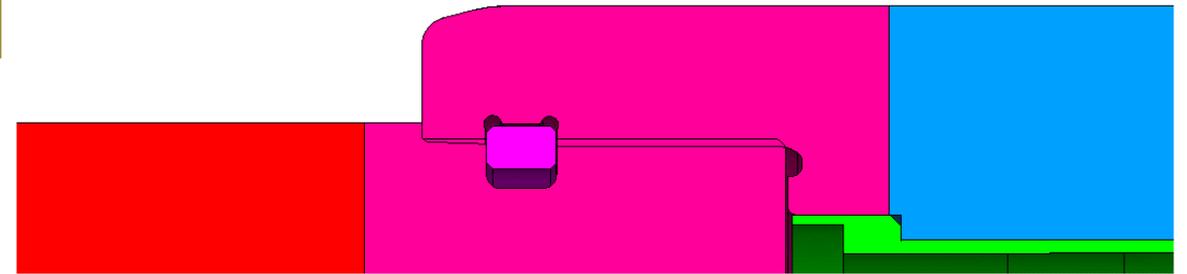
- Extraktion der Zielparameter aus nCode (.csv)
- Statistische Auswertung
- Darstellung der Korrelation zwischen Input- und Output-Parametern
- Umrechnung der Ersatzmodellen für jeden Zielparameter

Check der Modellparametrisierung mit optiSLang



VOLUMES
VOLU NUM

ANSYS
R17.0
PLOT NO. 1

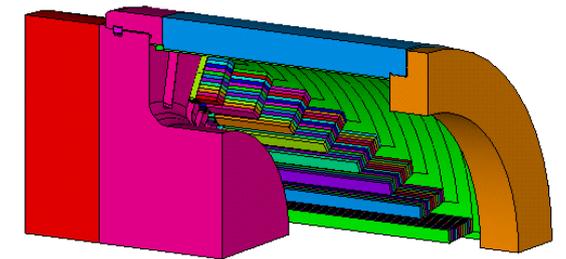
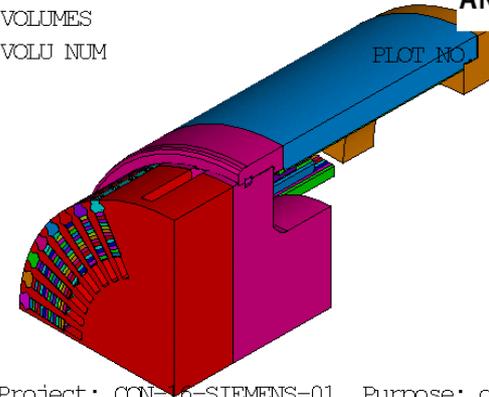


VOLUMES
VOLU NUM

ANSYS
R17.0
PLOT NO. 1

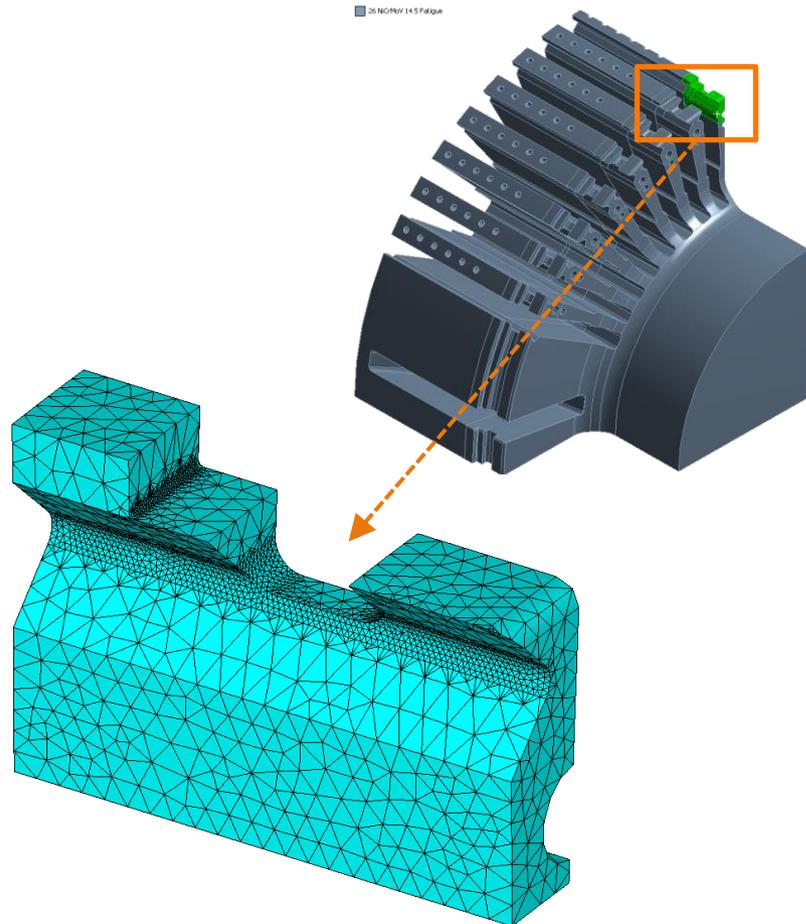
VOLUMES
VOLU NUM

ANSYS
R17.0
PLOT NO. 1



Project: CON-16-SIEMENS-01 Purpose: geometry precheck Date: 03/06/16

Ergebnisextraktion / Antwortgrößen – Rotor



Minimale Lebensdauer Rotor:

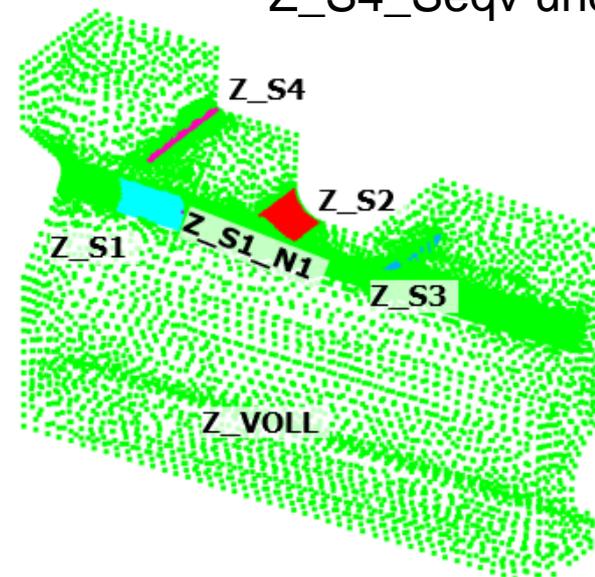
(Stillstand, Nenndrehzahl bei RT und Nennbetrieb)

Z_S1, Z_S1_N, Z_S2, Z_S3, Z_S4 und Z_VOLL

Vergleichsspannungen:

Z_S1_Seqv, Z_S1_N_Seqv, Z_S2_Seqv, Z_S3_Seqv,

Z_S4_Seqv und Z_VOLL_Seqv



Z_S1 (Nodes)

Z_S1_N1 (Nodes)

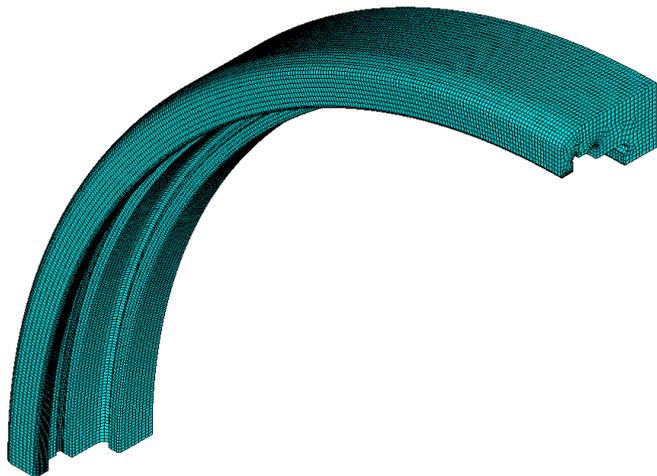
Z_S2 (Nodes)

Z_S3 (Nodes)

Z_S4 (Nodes)

Z_VOLL (Nodes)

Ergebnisextraktion / Antwortgrößen – Läuferkappe



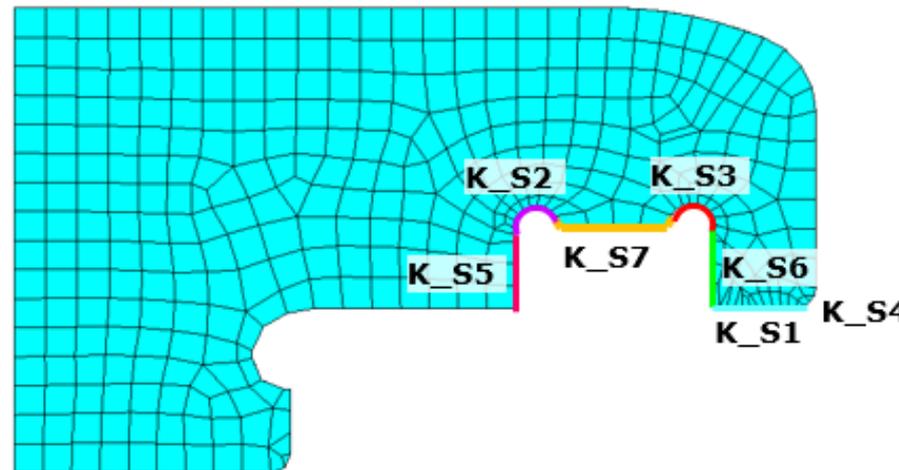
Minimale Lebensdauer Läuferkappe:

(Stillstand, Nenndrehzahl bei RT und Nennbetrieb)

K_S1, K_S2, K_S3, K_S4, K_S5, K_S6, K_S7

Vergleichsspannungen:

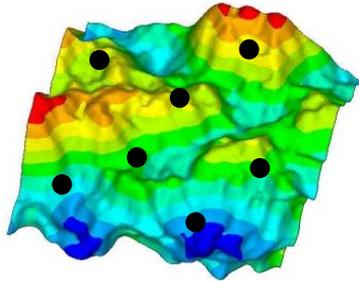
K_S1_Seqv, K_S2_Seqv, K_S3_Seqv, K_S4_Seqv, K_S5_Seqv,
K_S6_Seqv, K_S7_Seqv



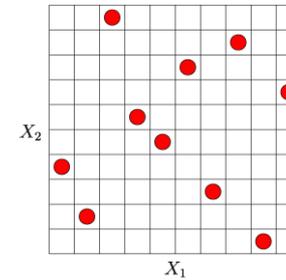
- K_S1 (Nodes)
- K_S2 (Nodes)
- K_S3 (Nodes)
- K_S4 (Nodes)
- K_S5 (Nodes)
- K_S6 (Nodes)
- K_S7 (Nodes)

Sensitivitätsanalyse – Vorgehen

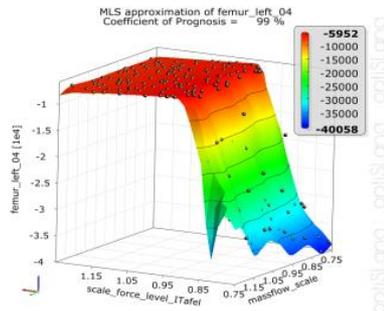
1) Define the input parameter space using scatter range, distribution and correlation



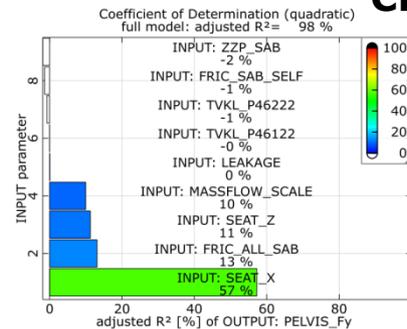
2) Scan the design space with Latin Hypercube sampling and measures the sensitivity with statistic measurements



5) Explain & Visualize dependencies / trends between input and response

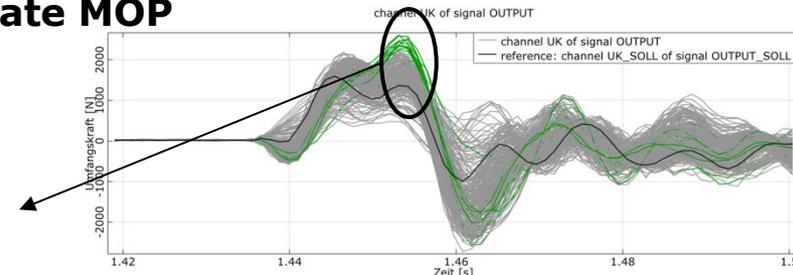


4) Filter & Identify sensible parameters, Quantify the uncertainties



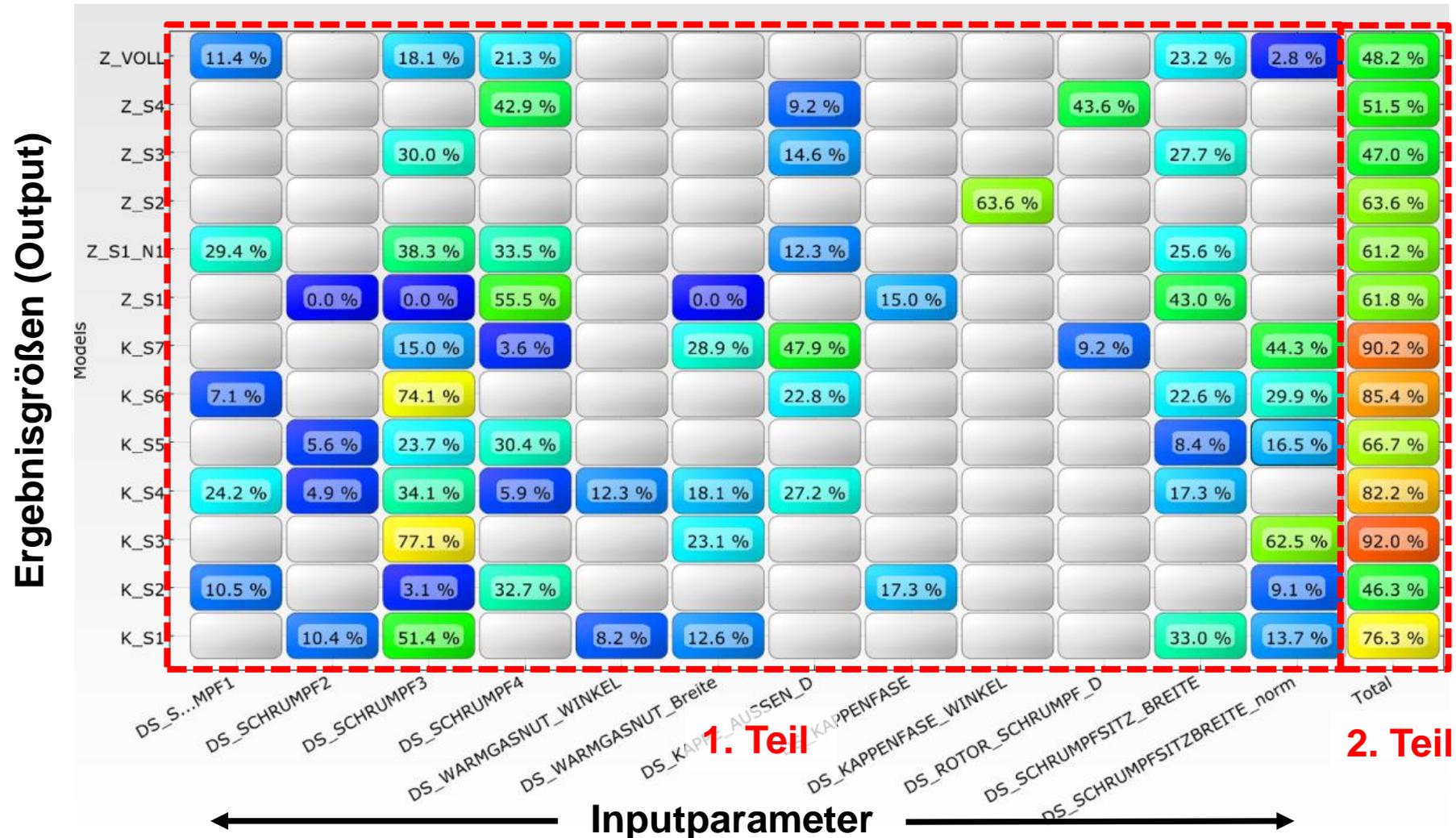
3) Check the variation of Signals & Results

Create MOP



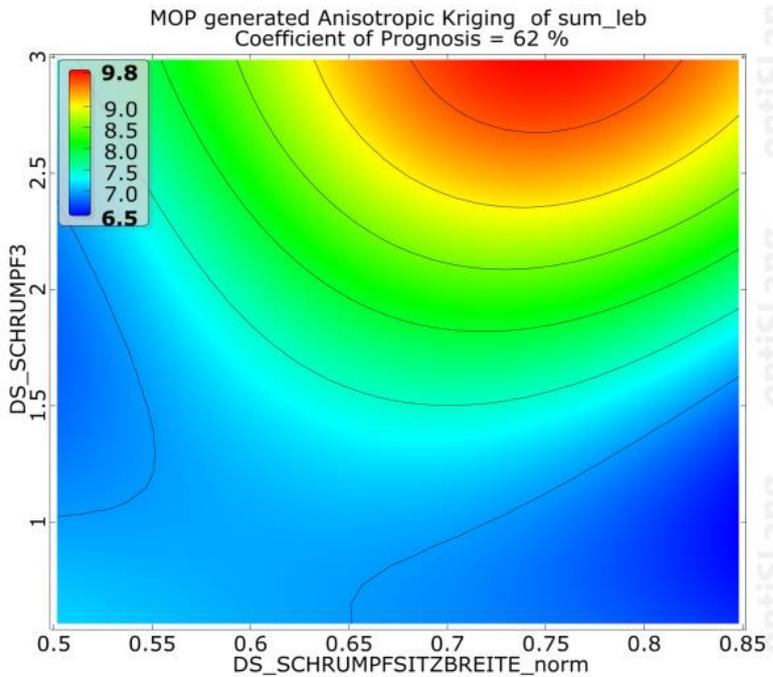
Sensitivitätsanalyse – Auswertung

COP-Matrix



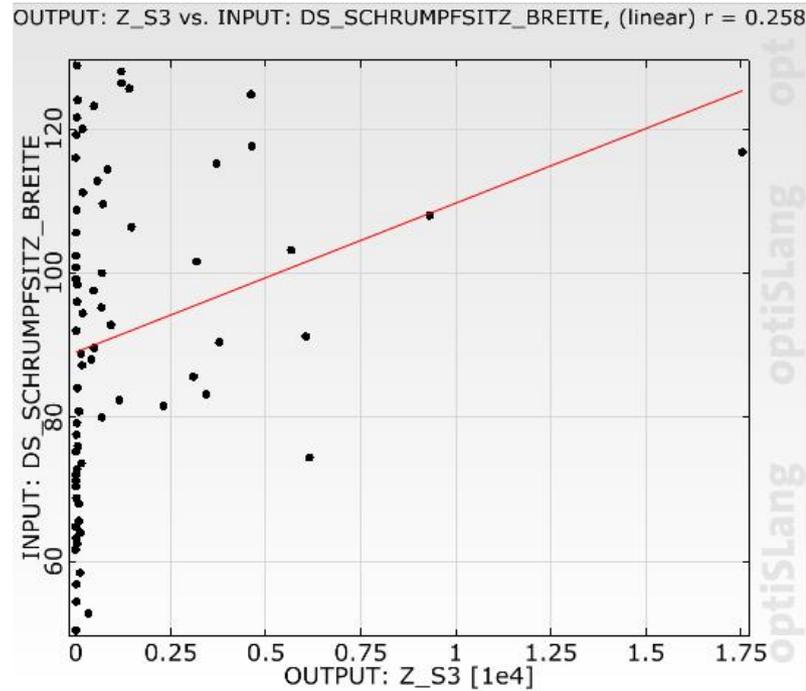
Sensitivitätsanalyse – Auswertung

Höhenlinienplot



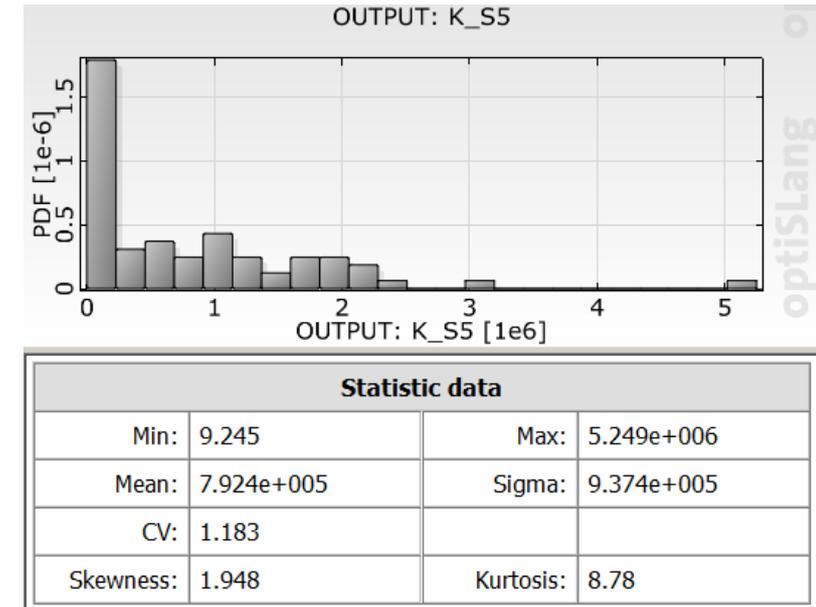
Interaktionen Input / Output

Anthillplot



Trends, Ausreißer, Cluster

Verteilungsplot



Streubereich, Verteilung Output

Sensitivitätsanalyse – Check der failed design

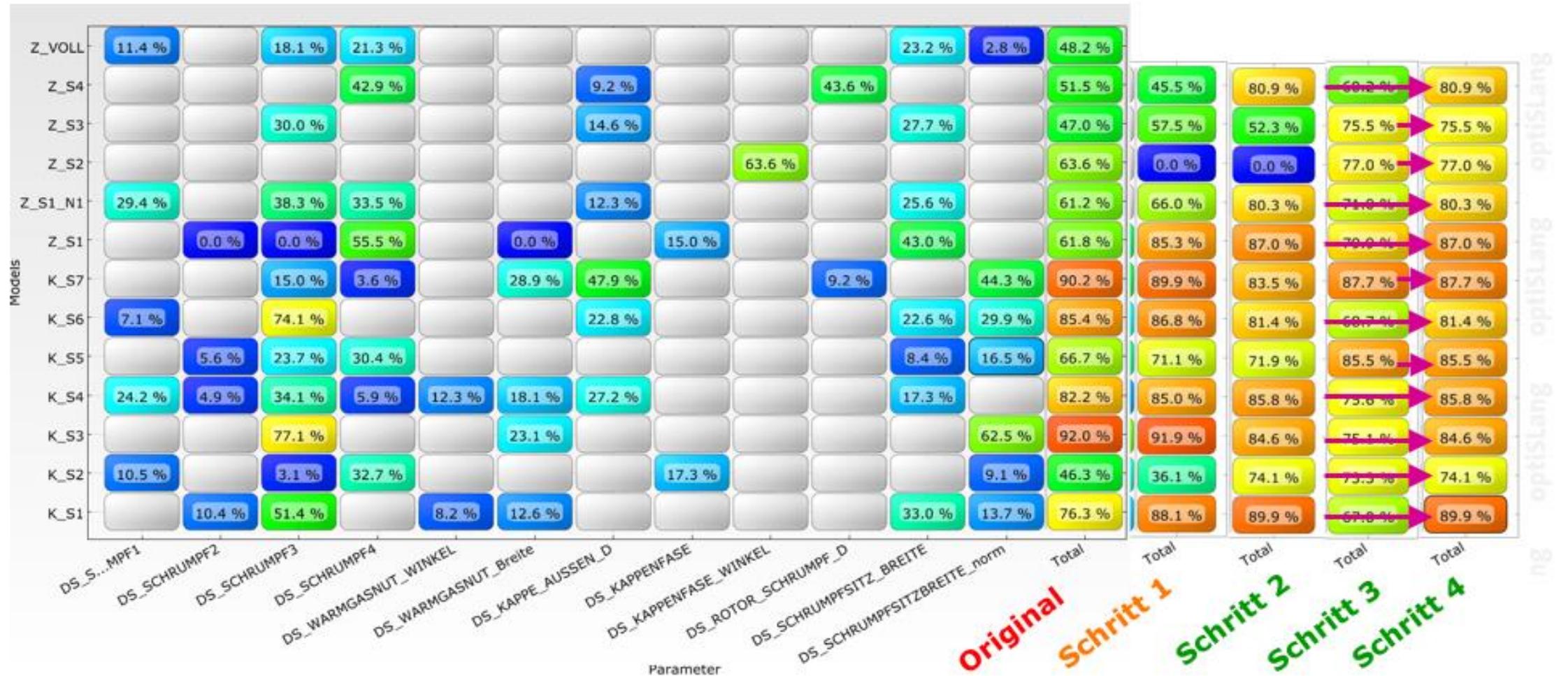
Die Eingangsparameter wurden im gegebenen Streubereich des Anwenders variiert. Es wurden 100 Designs gesampelt. Die Ursachen der nicht erfolgreichen Designs werden erklärt.



29 x failed design: 5 x Geometriezubereitung, 20 x nicht konvergiert und 4 x fehlerhaft im nCode. Dieser Designausfall kann die Genauigkeit des Approximationsmodells (MOP) negativ beeinflussen und sollte deswegen minimiert werden.

Sensitivitätsanalyse – Auswertung

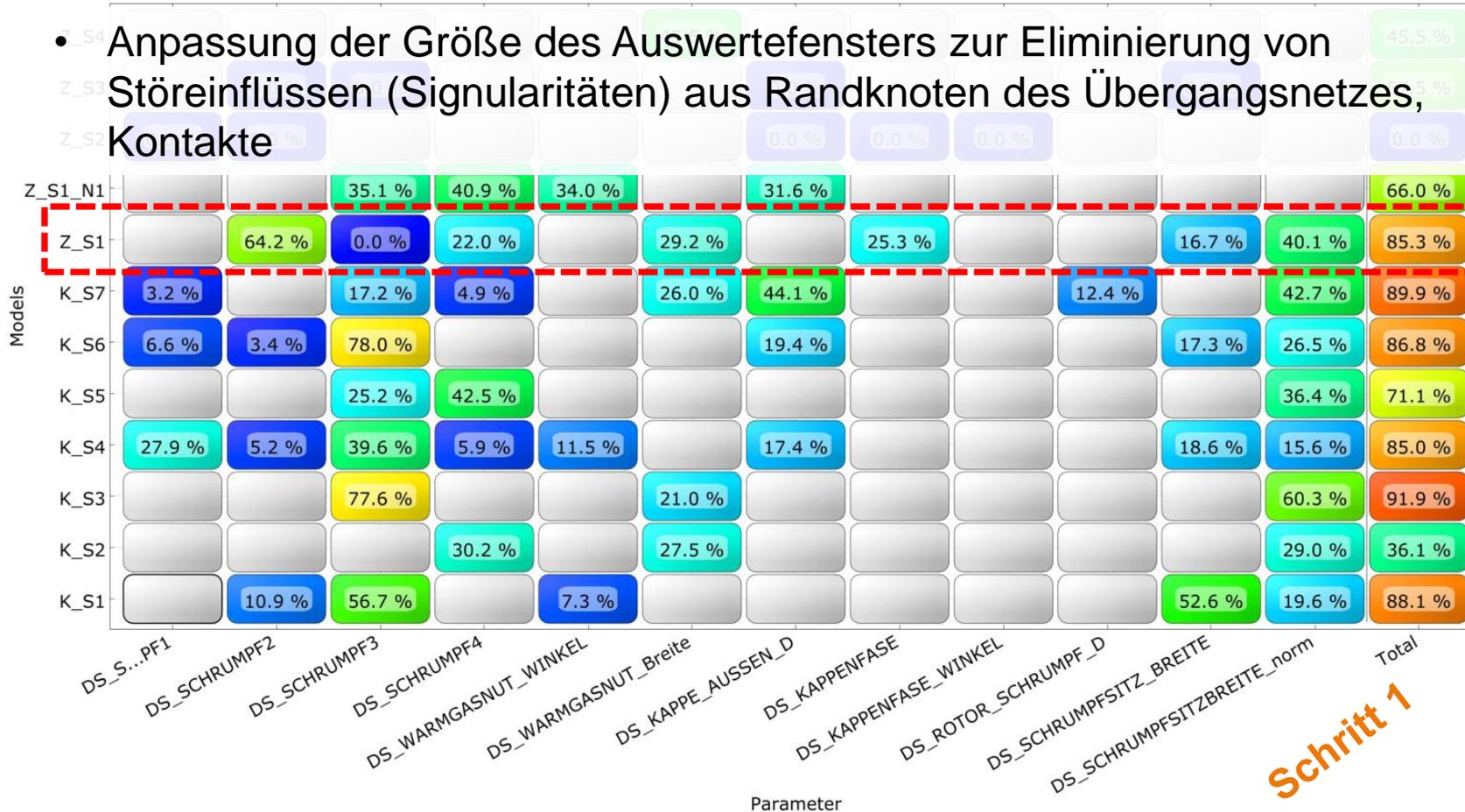
Verbesserung der MOP durch Steigerung der Erklärbarkeit der Ergebnisgrößen



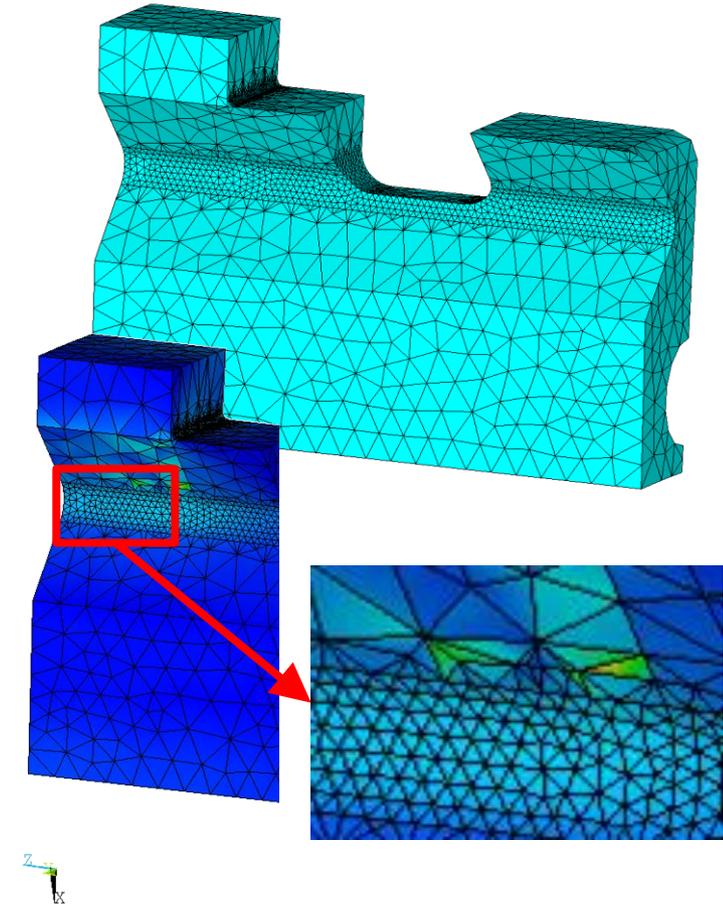
Sensitivitätsanalyse – Auswertung

Schritt 1 – Eliminierung Netzabhängigkeit

- Anpassung der Größe des Auswertefensters zur Eliminierung von Störeinflüssen (Signalaritäten) aus Randknoten des Übergangnetzes, Kontakte



Schritt 1



Sensitivitätsanalyse – Auswertung

Schritt 2 – Vereinheitlichung der Auswertung in nCode



Vorgabe identischer Auswertealgorithmus
 → Erklärbarkeiten für fast alle Kerben höher

General	
ENMethod	Standard
CombinationMethod	AbsMaxPrincipal
MeanStressCorrection	SmithWatsonTopper
InterpolationLimit	UseMaxCurve
MultiAxialAssessment	Auto

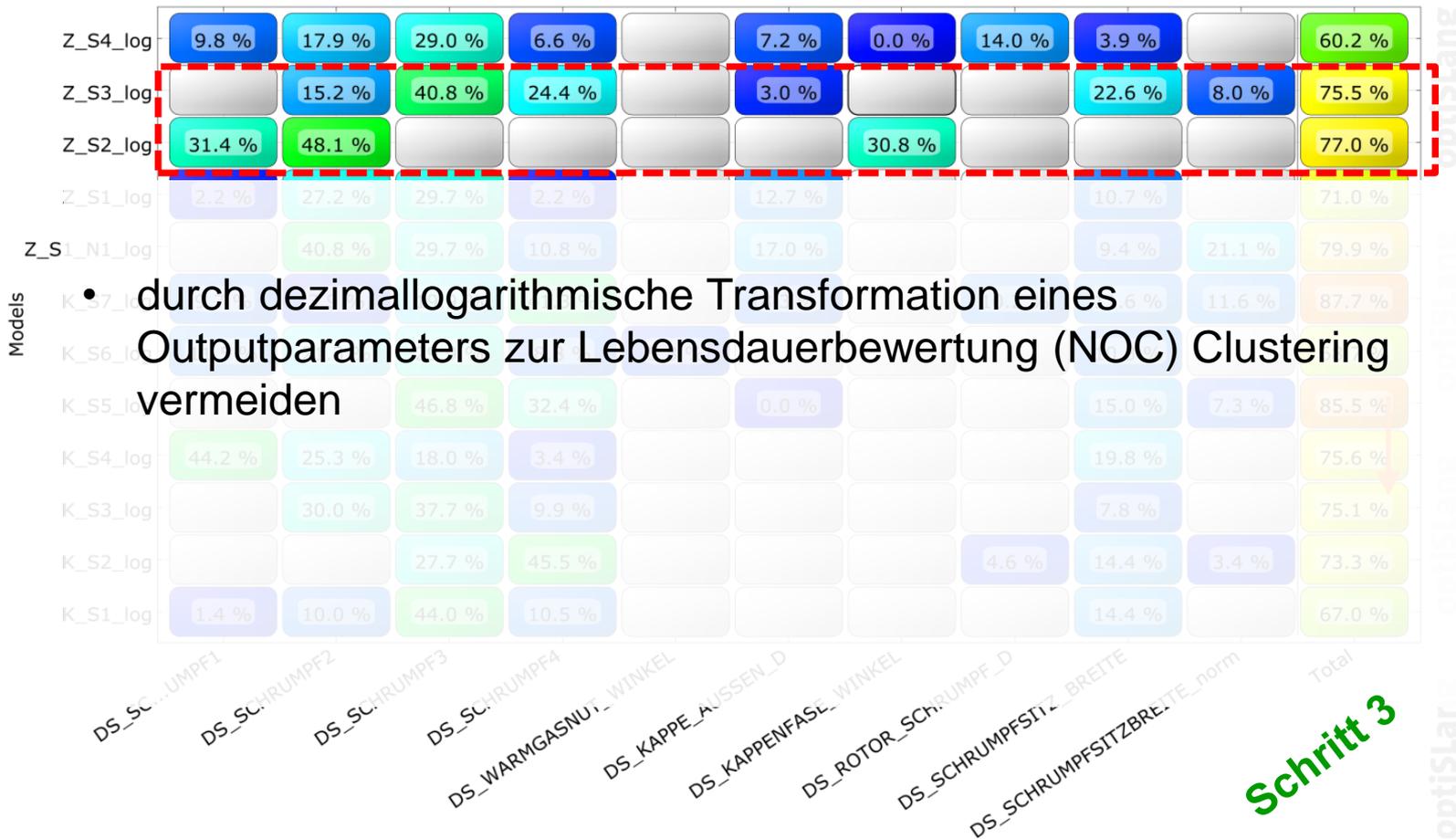


General	
ENMethod	Standard
CombinationMethod	CriticalPlane
MeanStressCorrection	SmithWatsonTopp
InterpolationLimit	UseMaxCurve
MultiAxialAssessment	None

Schritt 2

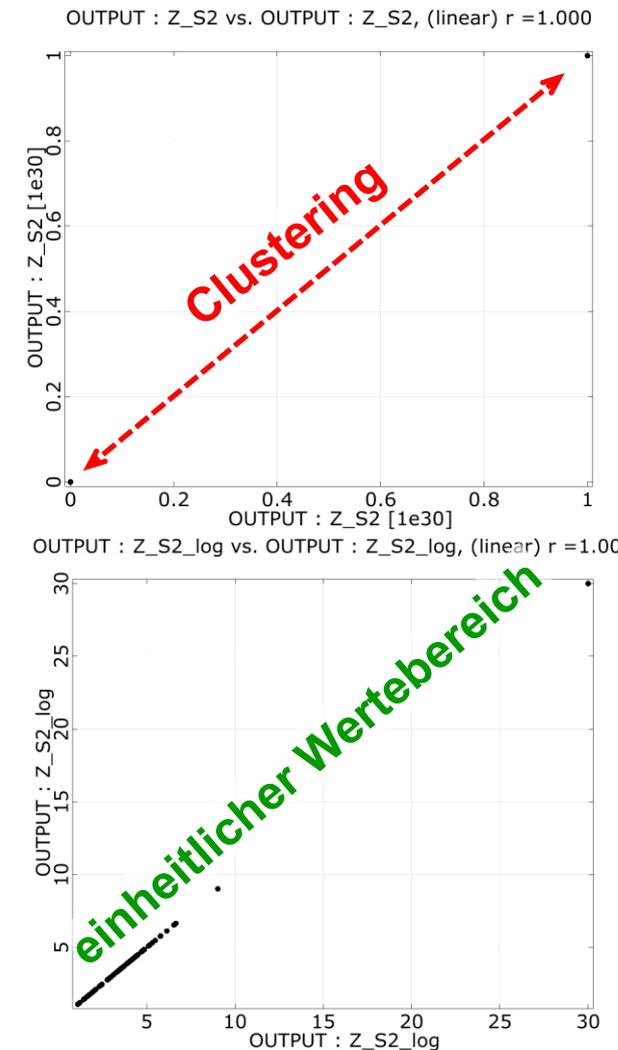
Sensitivitätsanalyse – Auswertung

Schritt 3 – Dezimallogarithmische Ergebnis-Transformation (NOC)



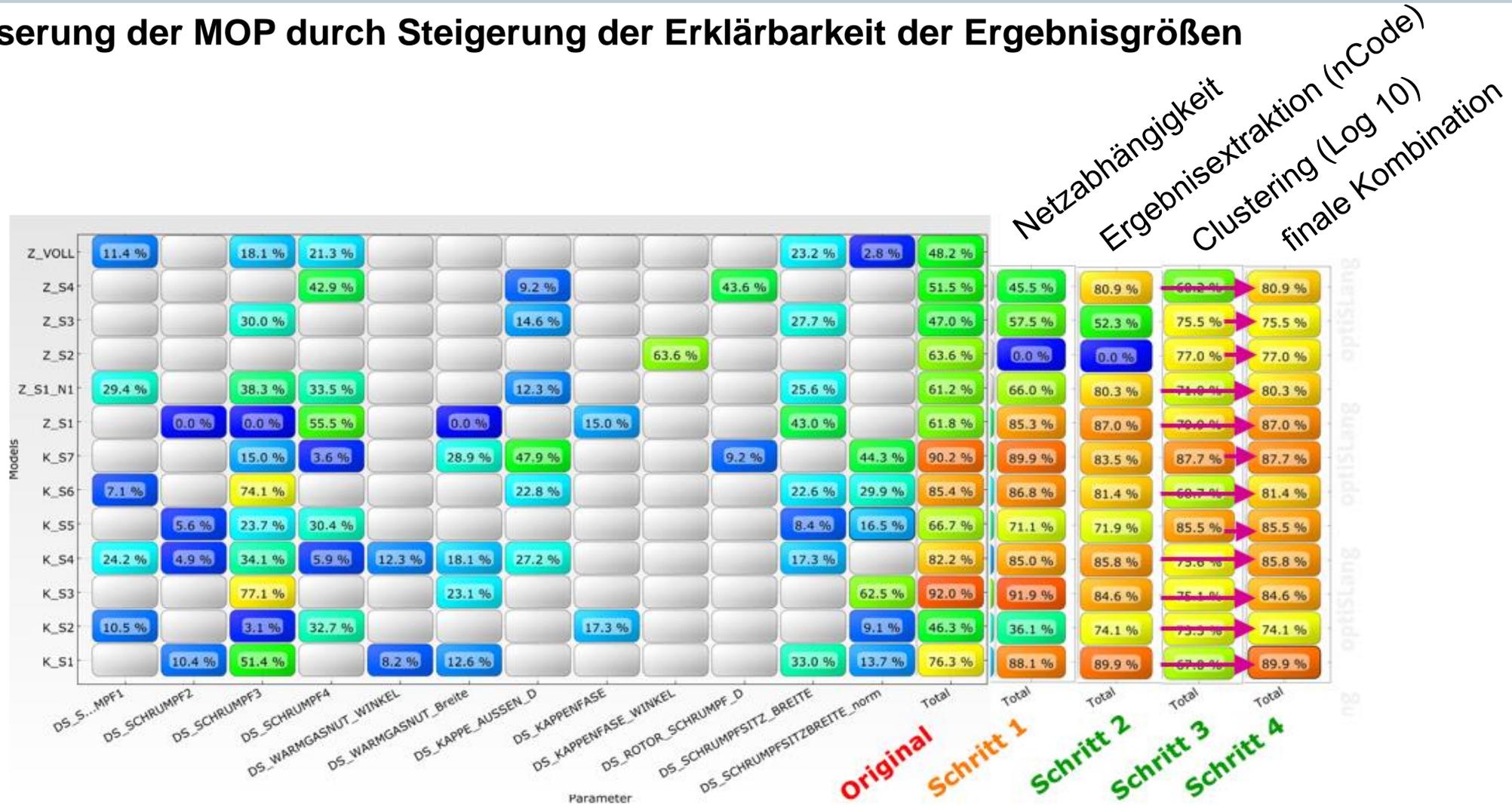
- durch dezimallogarithmische Transformation eines Outputparameters zur Lebensdauerbewertung (NOC) Clustering vermeiden

Schritt 3



Sensitivitätsanalyse – Auswertung

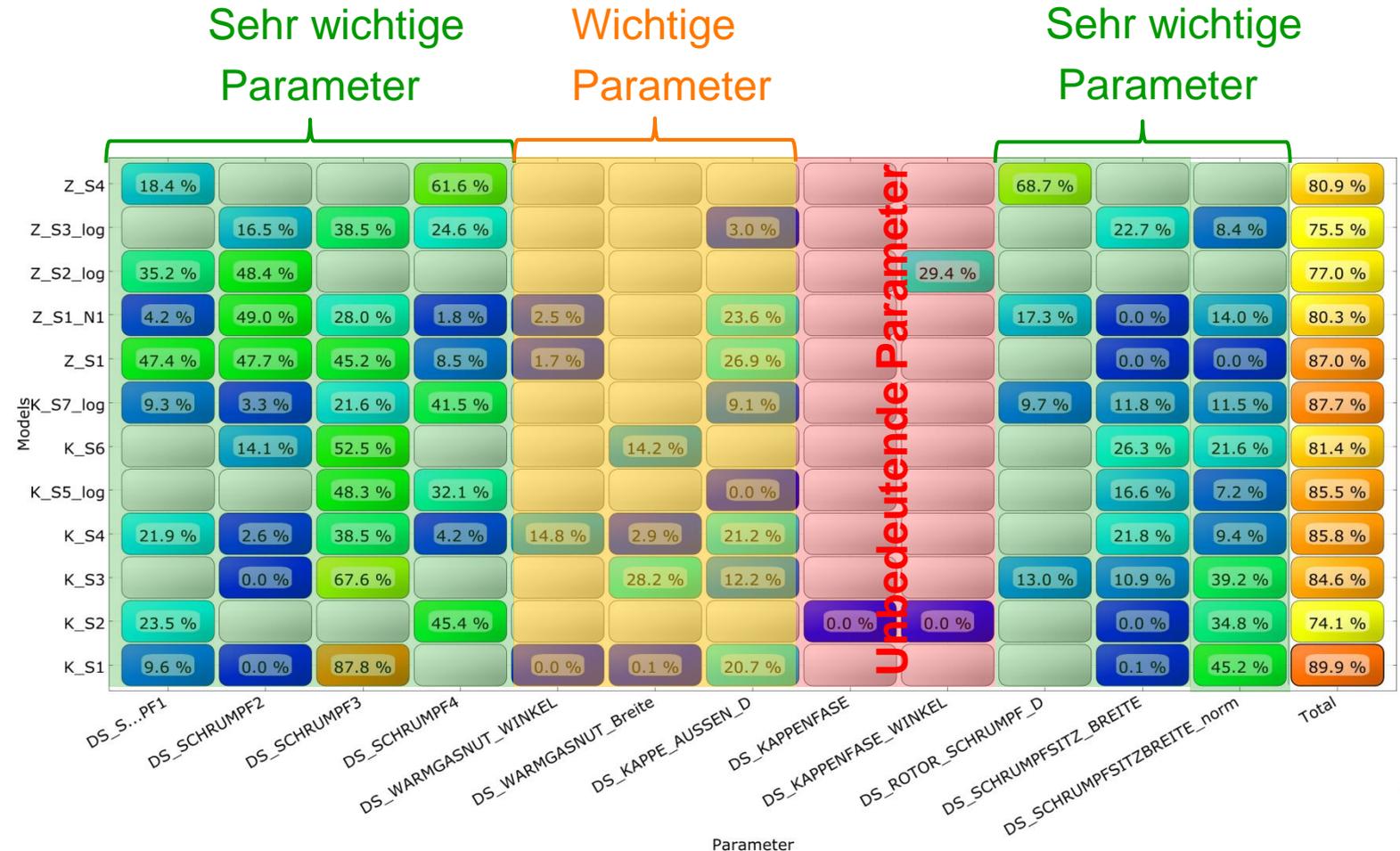
Verbesserung der MOP durch Steigerung der Erklärbarkeit der Ergebnisgrößen



Optimierung – Vorbereitung

Aus Sensitivitätsanalyse:

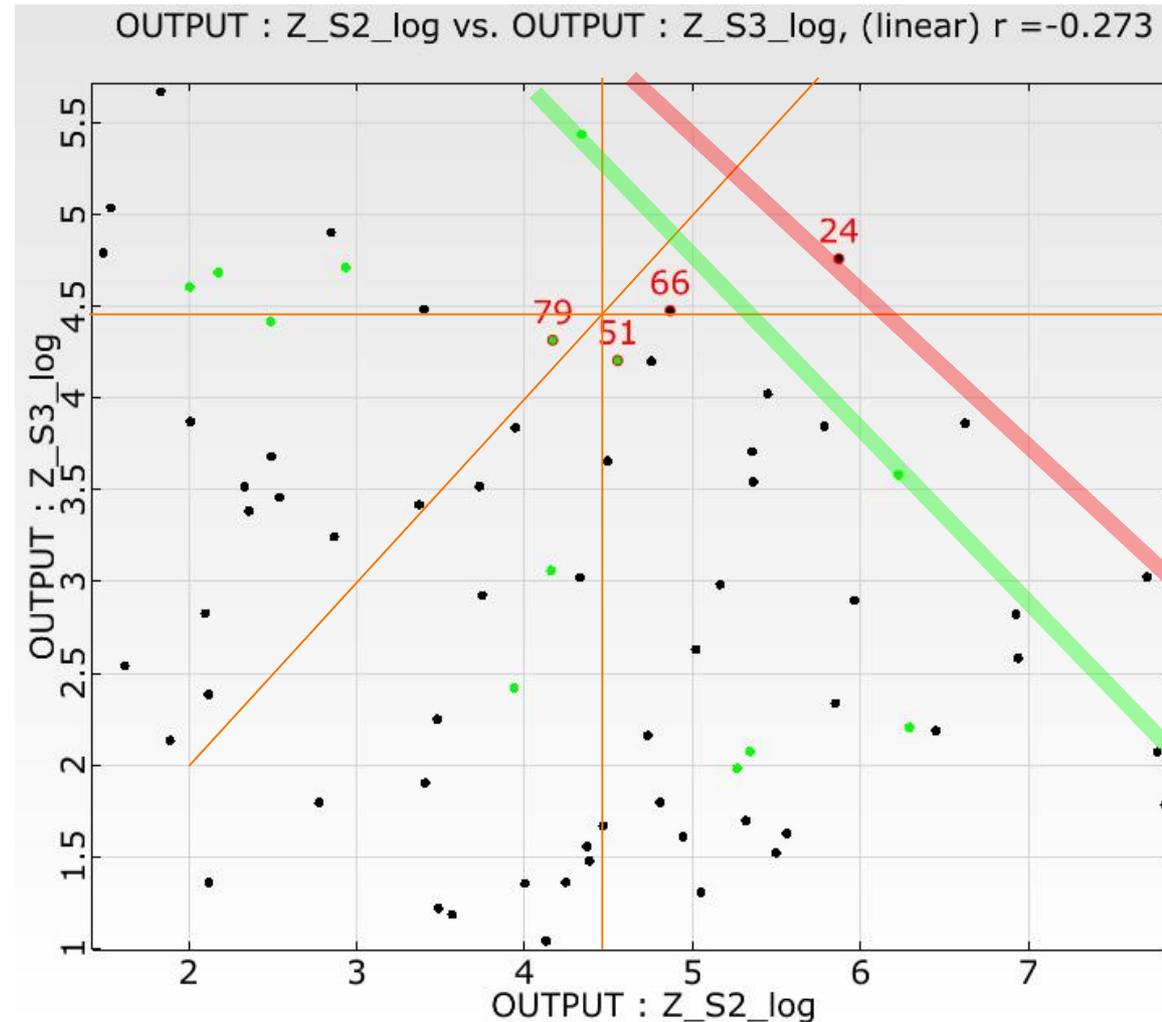
- Aufgrund Verbesserungen gute Erklärbarkeiten (COP) für alle Antwortgrößen > 70 - 80 %,
- Filterung wichtiger Parameter,
- Identifikation der Zusammenhänge und Haupttrends



Optimierung – Vorbereitung

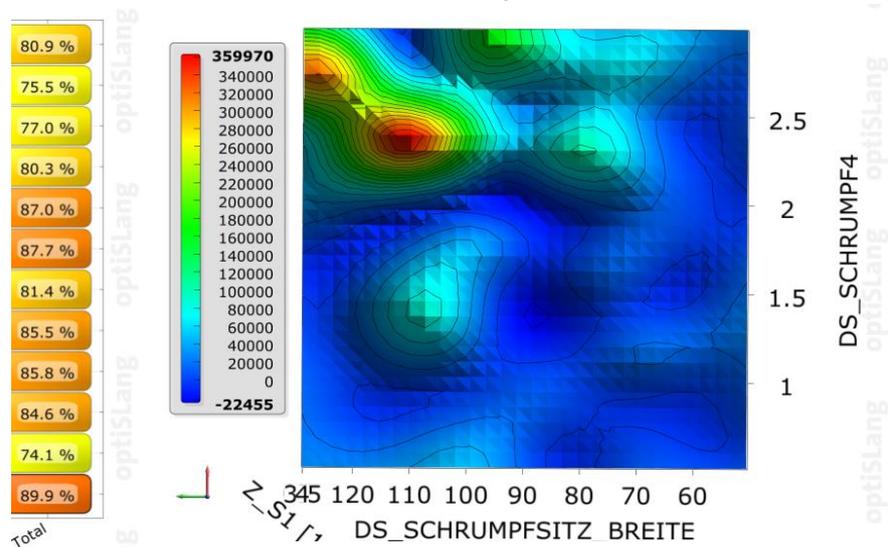
Aus Sensitivitätsanalyse:

Identifikation der Trends und Interaktionen zwischen den Inputparameter, Nebenbedingungen und Optimierungszielen



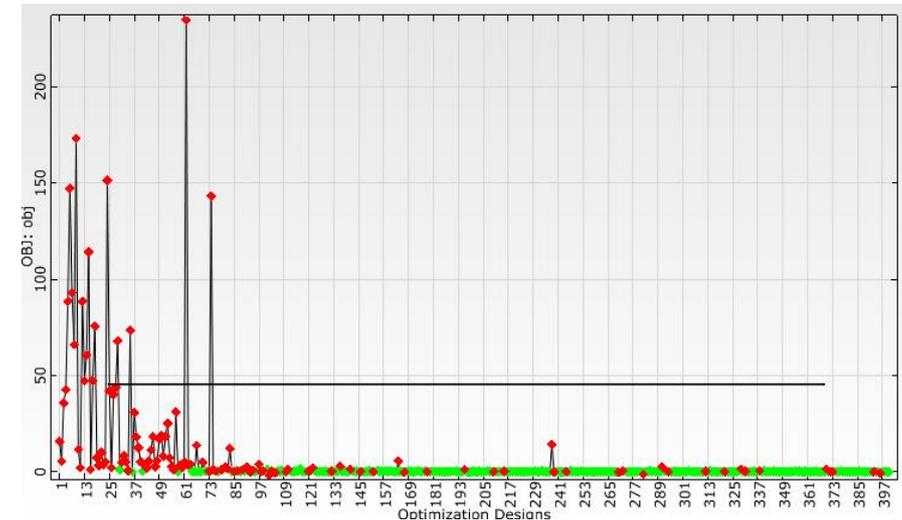
Optimierung – Vorbereitung, Voroptimierung auf MOP

Sensitivitätsanalyse → MOP



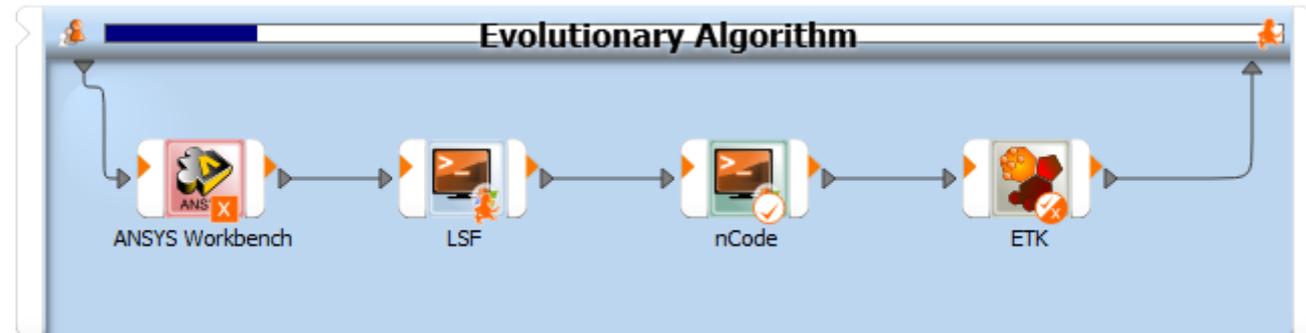
- 70 Designs wurden berechnet
- die Erklärbarkeit der Antwortgrößen durch den MOP liegt bei circa 75 %
- Antwortflächen sind sehr komplexe mathematische Funktionen (es gibt mehrere lokale Optima)

Voroptimierung auf dem MOP



- Voroptimierung auf dem MOP mit 400 Design
- Generierung der Start-Population für EA

Optimierung



- läuft aktuell mit evolutionärem Algorithmus (EA)
- zur Beschleunigung des EA wurden als Startpopulation die berechneten Designs aus der Sensitivitätsanalyse und das nachgerechneten Design der Vorooptimierung verwendet (um Zeit zu sparen wurden diese Designs nicht neu berechnet)
- Jede weitere Populationsgröße umfasst 20 Designs

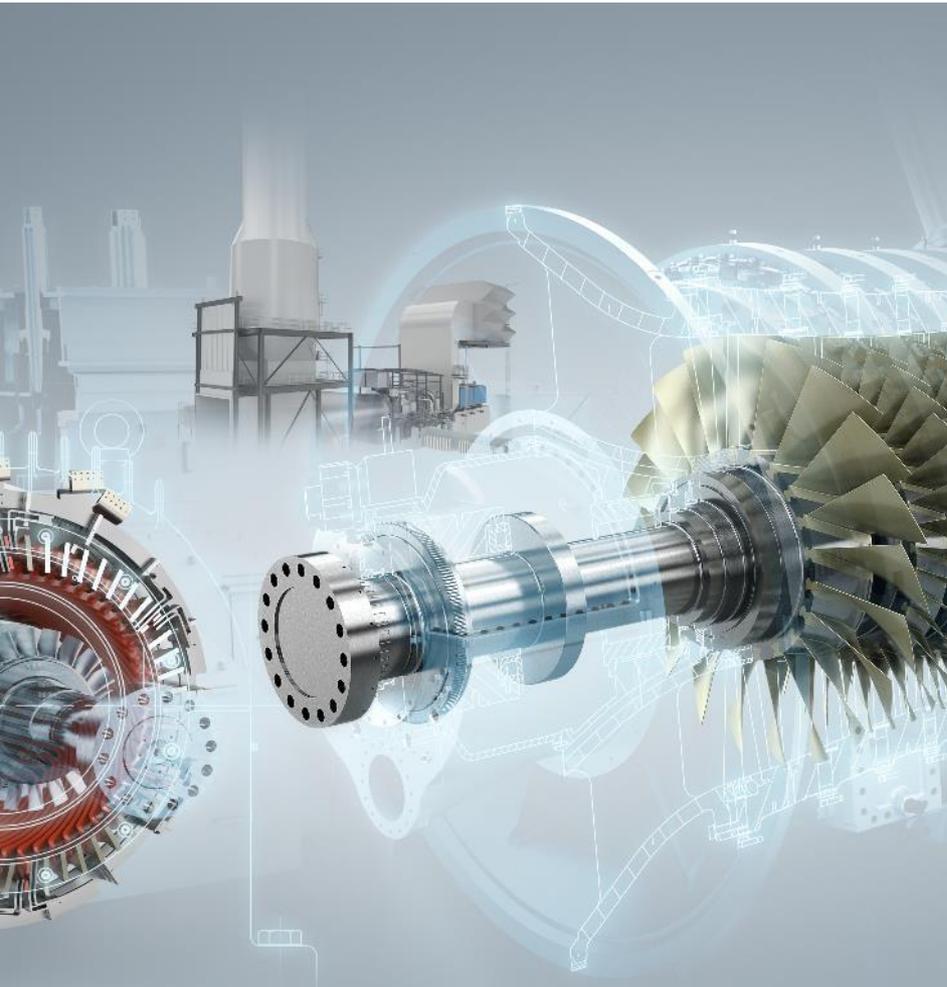
Ausblick

- Identifikation eines technisch optimalen Punktes im gegebenen Parameterraum
- Vergleich mit Anforderungen, Führen von Detailnachweisen und Kostenbewertung
- ggf. Erweiterung des Parameterraum (weitere „Stellschrauben“ am Design)
- Perspektivisch: Bi-direktionale Kopplung mit CFD und elektrischer Auslegung
- Ausrollen des vorgestellten Workflows für weitere Baugruppen
- Effektive Nutzung vorhandener Hardwareressourcen

Thank you for your attention



We power the world –
with our Gas Turbine and Generator Packages



Bjoern Stiller, Frank Preusker, Jörg Derdulla, Dr. Thomas Robert Walbeck

Siemens AG
Power and Gas Division
Large Gas Turbines, Generators Engineering
PG GT EN GN ISE PIE MED
Werner-von-Siemens-Str. 1
99086 Erfurt, Deutschland

Jiri Drozda, Dr. Roger Schlegel

Dynardo GmbH
Steubenstraße 23, 99423 Weimar

Disclaimer

This document contains statements related to our future business and financial performance and future events or developments involving Siemens that may constitute forward-looking statements. These statements may be identified by words such as “expect,” “look forward to,” “anticipate” “intend,” “plan,” “believe,” “seek,” “estimate,” “will,” “project” or words of similar meaning. We may also make forward-looking statements in other reports, in presentations, in material delivered to shareholders and in press releases. In addition, our representatives may from time to time make oral forward-looking statements. Such statements are based on the current expectations and certain assumptions of Siemens’ management, of which many are beyond Siemens’ control. These are subject to a number of risks, uncertainties and factors, including, but not limited to those described in disclosures, in particular in the chapter Risks in Siemens’ Annual Report. Should one or more of these risks or uncertainties materialize, or should underlying expectations not occur or assumptions prove incorrect, actual results, performance or achievements of Siemens may (negatively or positively) vary materially from those described explicitly or implicitly in the relevant forward-looking statement. Siemens neither intends, nor assumes any obligation, to update or revise these forward-looking statements in light of developments which differ from those anticipated.

Trademarks mentioned in this document are the property of Siemens AG, its affiliates or their respective owners.

TRENT® and RB211® are registered trade marks of and used under license from Rolls-Royce plc.

Trent, RB211, 501 and Avon are trade marks of and used under license of Rolls-Royce plc.