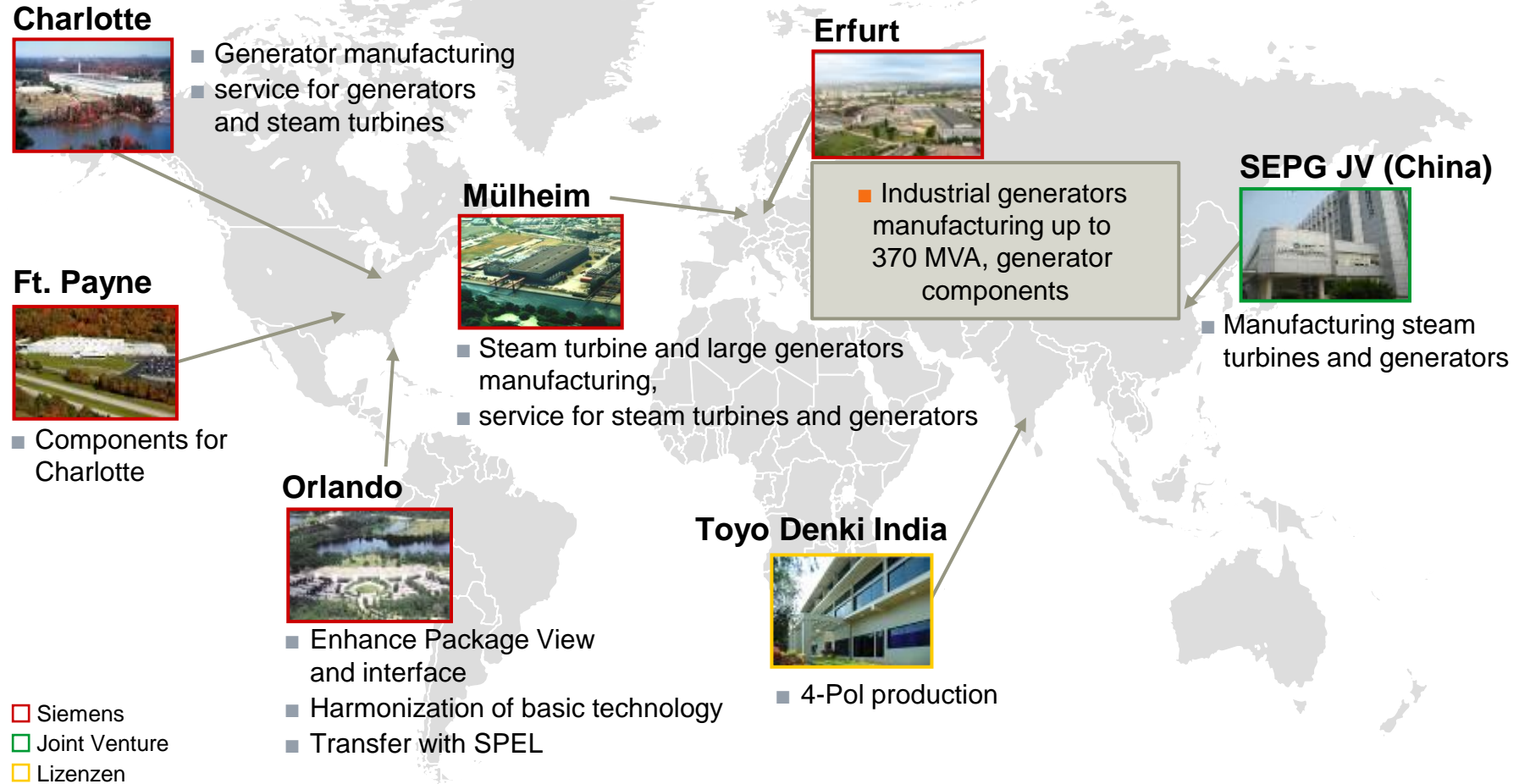


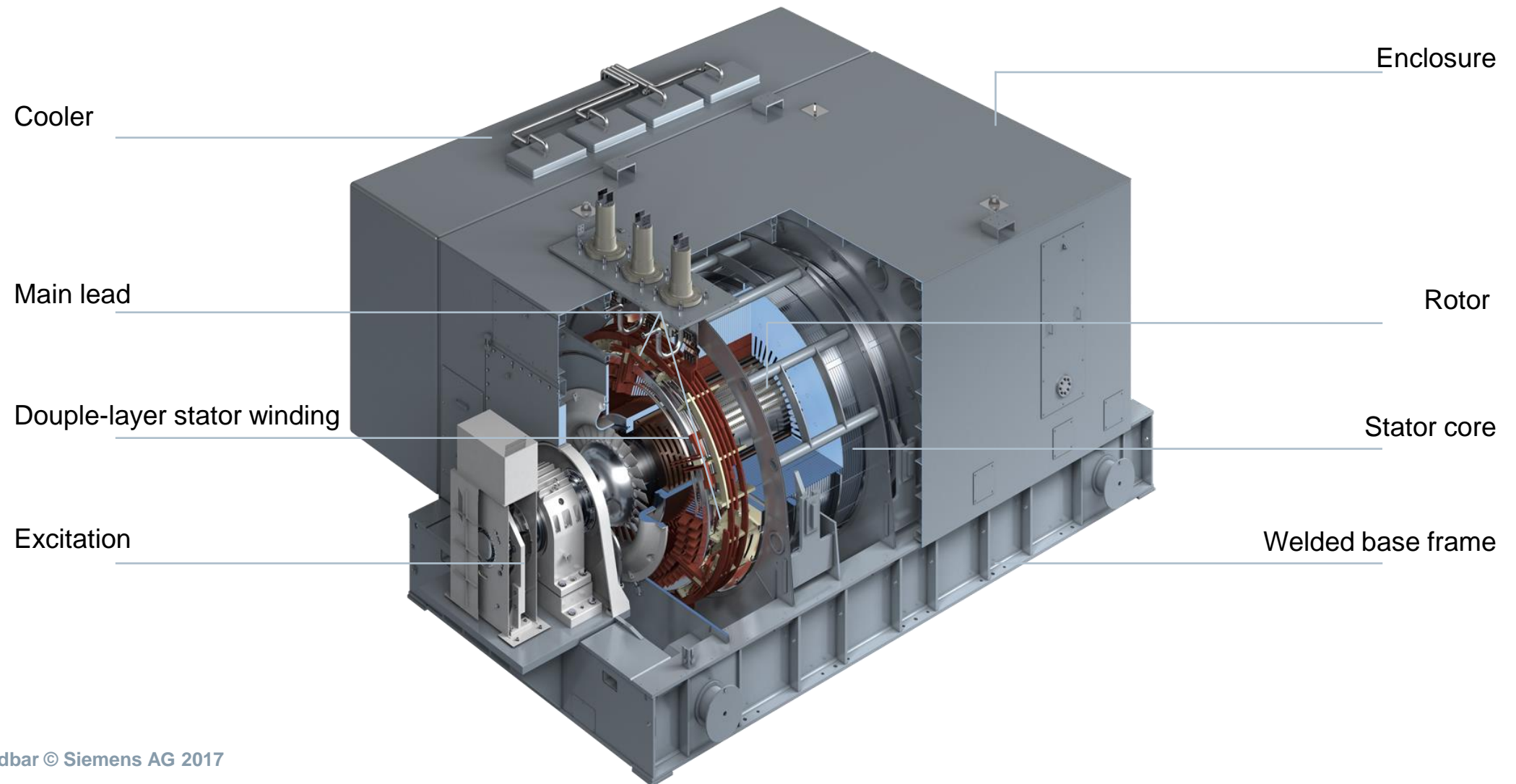
# Workflow-Automatisierung, Modellparametrisierung & Sensitivitätsanalyse für Generatorkomponenten mit ANSYS optiSLang

Engineering Large Gas Turbines, Generators

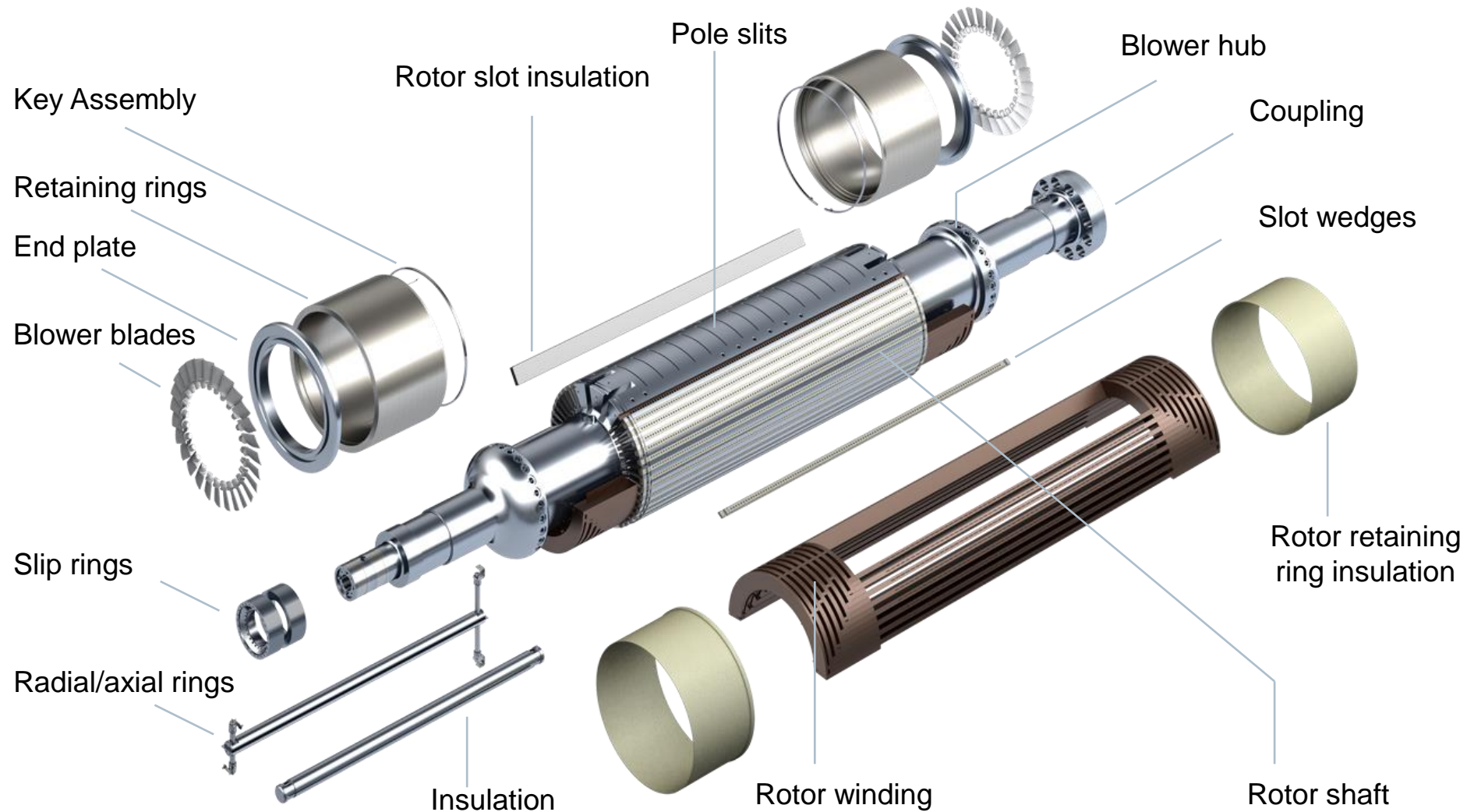
# Siemens Generator Network



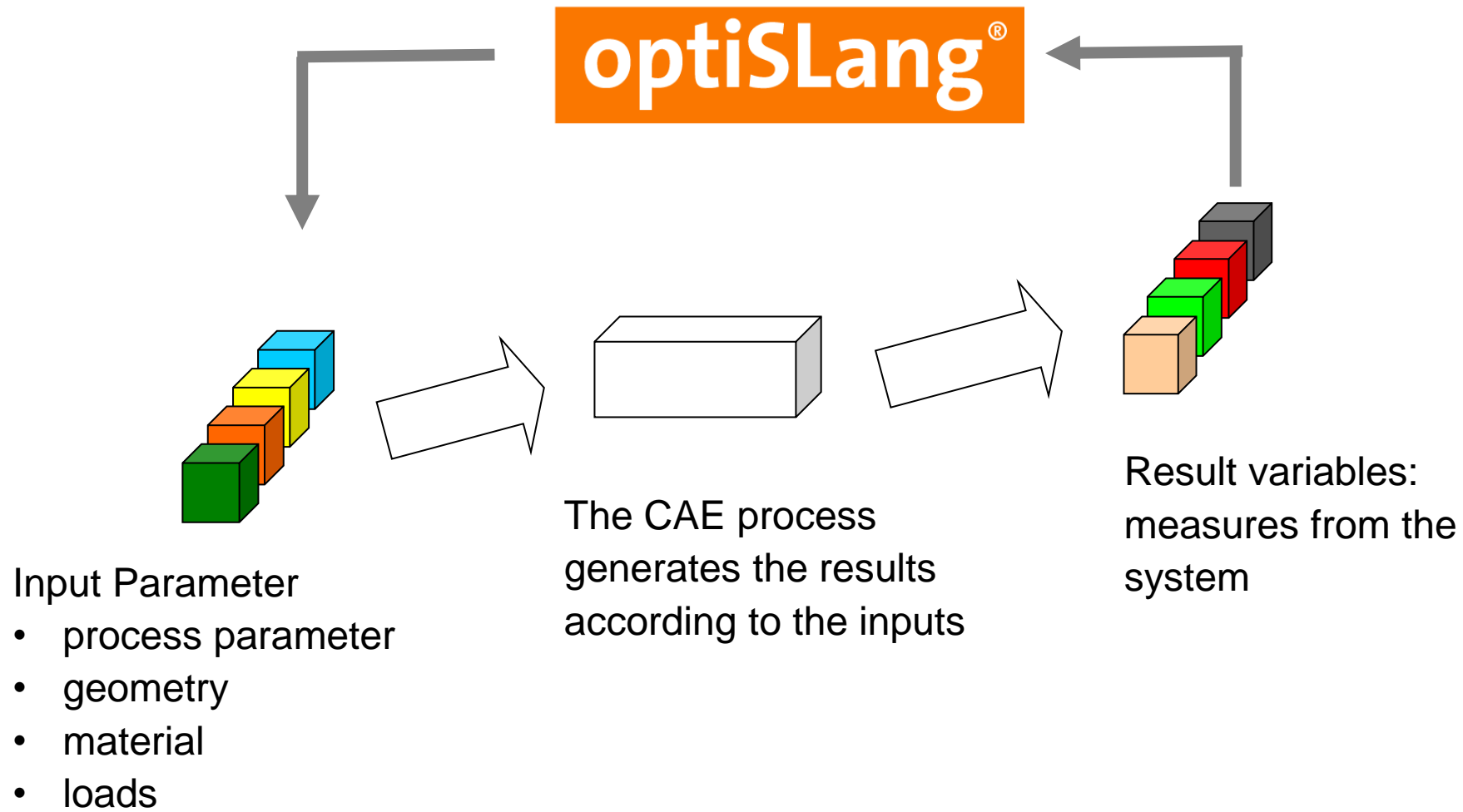
# Siemens Generator SGen-100A 2P Series



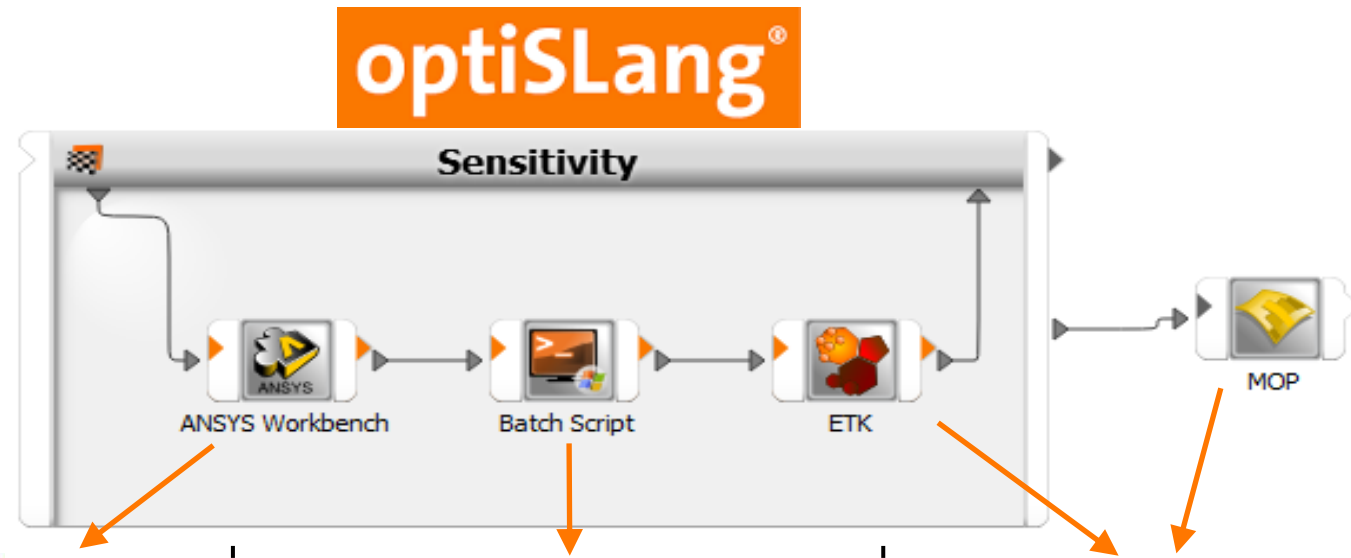
# Rotor 2P Series



## Prozess-Integration



# Workflow-Automatisierung



PTC® Creo®  
Parametric™

+



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

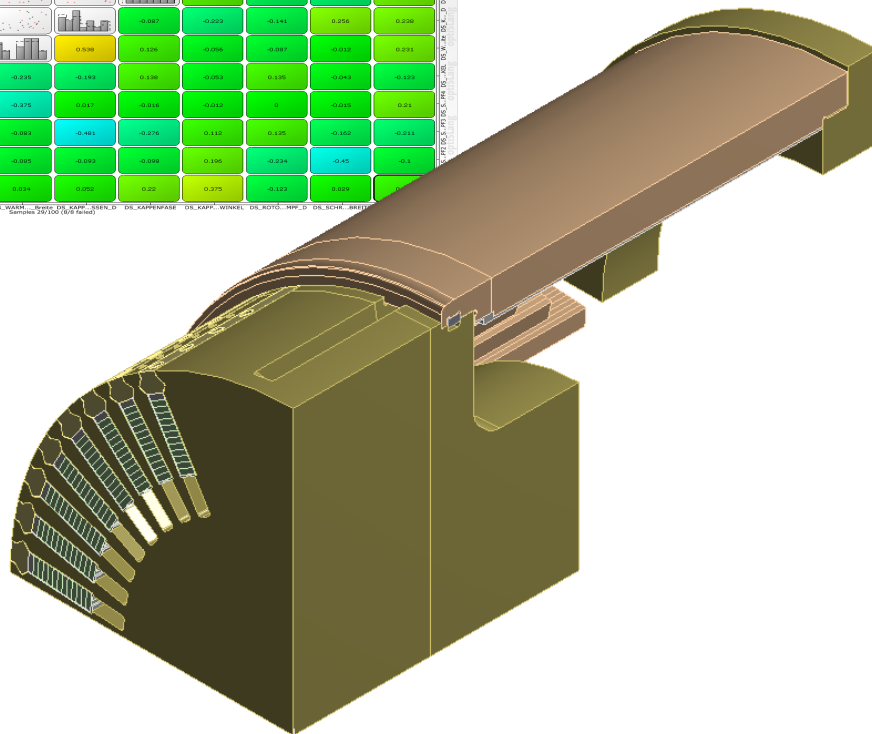
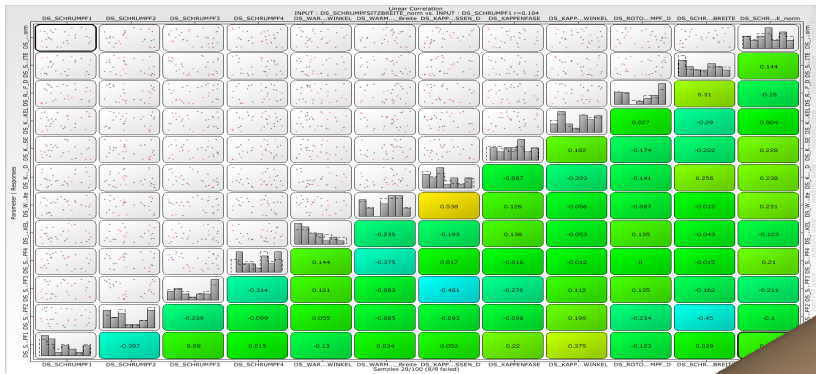


- Einlesen des .RST
- Starten die Berechnung im nCode im Batch-Modus
- Exportiert die Lebensdauer für Vordefinierte Komponenten in .csv

optiSLang®

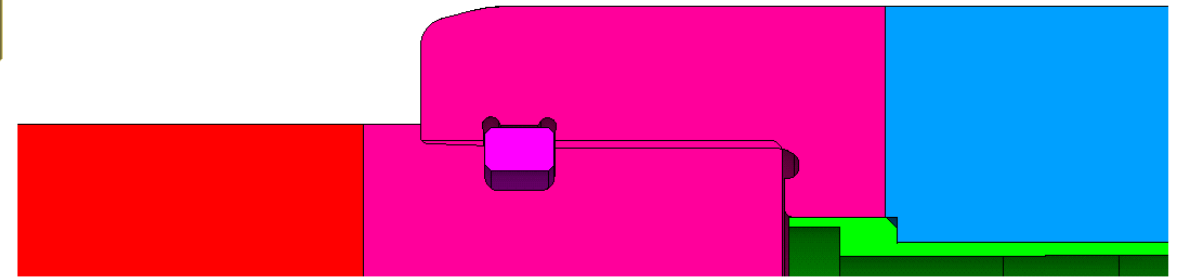
- Extraktion der Zielparameter aus nCode (.csv)
- Statistische Auswertung
- Darstellung der Korrelation zwischen Input- und Output-Parametern
- Umrechnung der Ersatzmodellen für jeden Zielparameter

# Check der Modellparametrisierung mit optiSLang



VOLUMES  
VOLUME NUM

ANSYS  
R17.0  
PLOT NO. 1

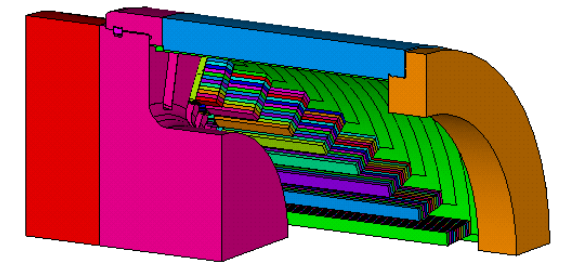
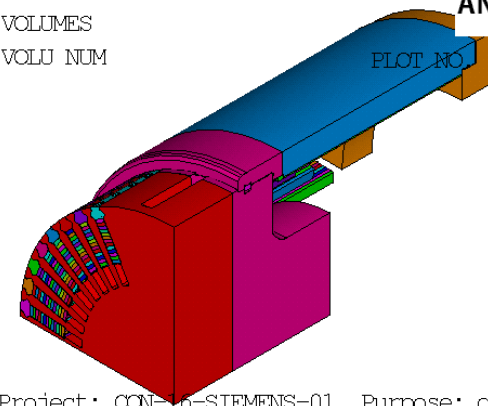


VOLUMES  
VOLUME NUM

ANSYS  
R17.0  
PLOT NO. 1

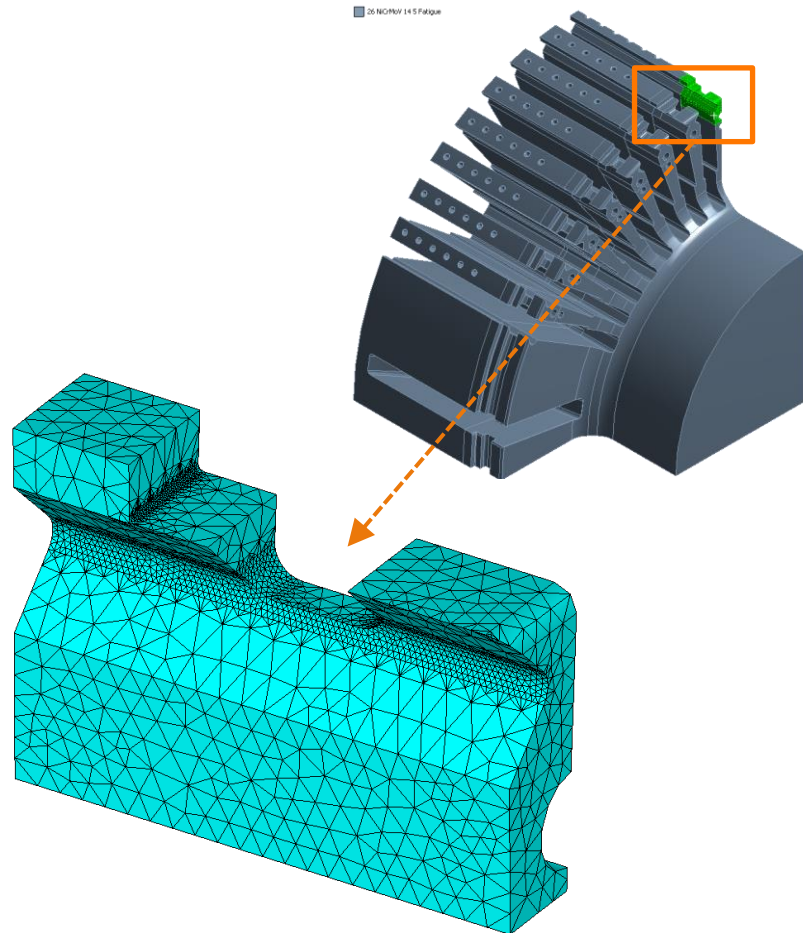
VOLUMES  
VOLUME NUM

ANSYS  
R17.0  
PLOT NO. 1



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

# Ergebnisextraktion / Antwortgrößen – Rotor



## Minimale Lebensdauer Rotor:

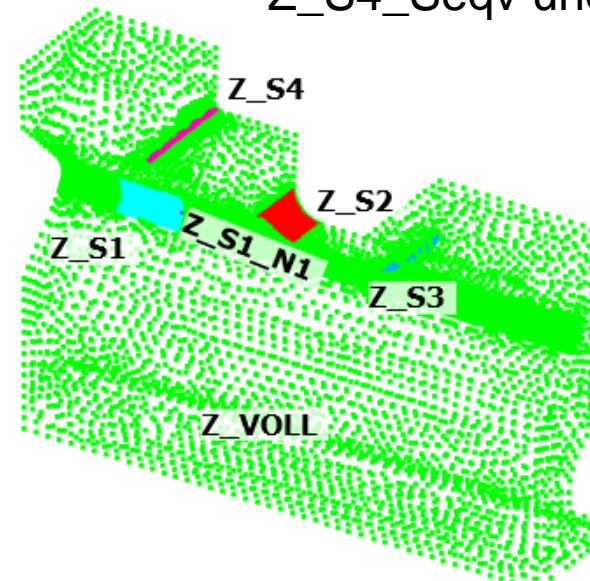
(Stillstand, Nenndrehzahl bei RT und Nennbetrieb)

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)

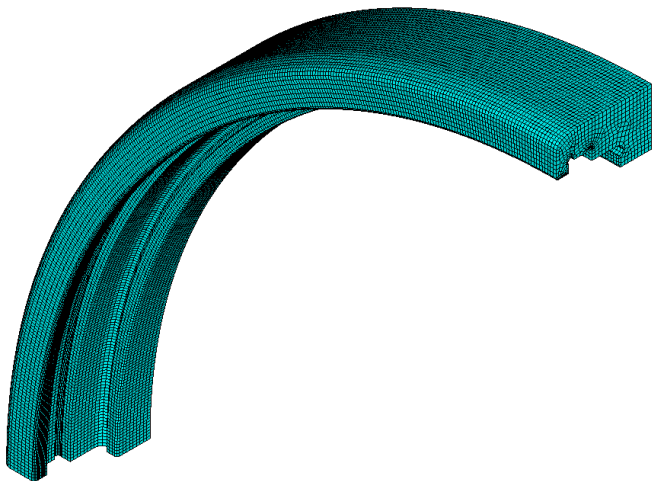
Z\_S3 (Nodes)

Z\_S4 (Nodes)

Z\_VOLL (Nodes)



## Ergebnisextraktion / Antwortgrößen – Läuferkappe



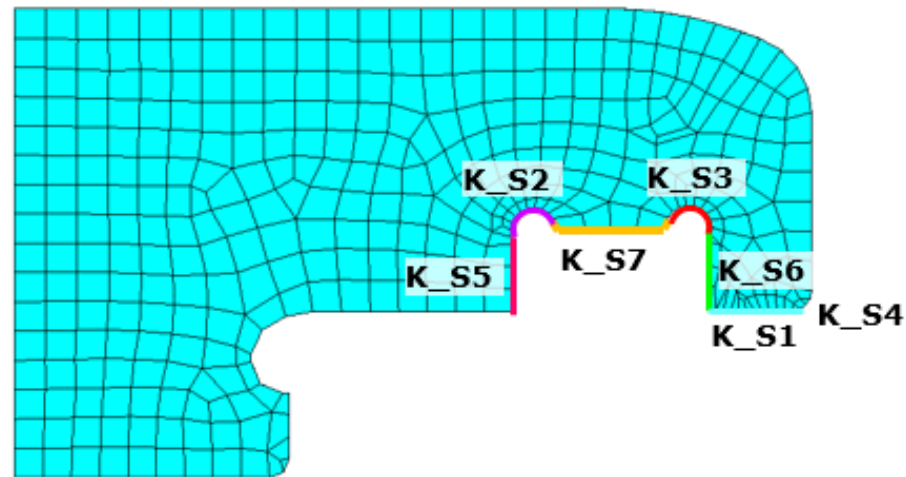
### Minimale Lebensdauer Läuferkappe:

(Stillstand, Nenndrehzahl bei RT und Nennbetrieb)

K\_S1, K\_S2, K\_S3, K\_S4, K\_S5, K\_S6, K\_S7

### Vergleichsspannungen:

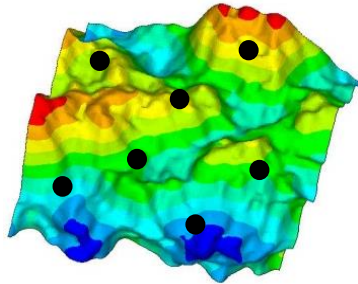
K\_S1\_Seqv, K\_S2\_Seqv, K\_S3\_Seqv, K\_S4\_Seqv, K\_S5\_Seqv,  
K\_S6\_Seqv, K\_S7\_Seqv



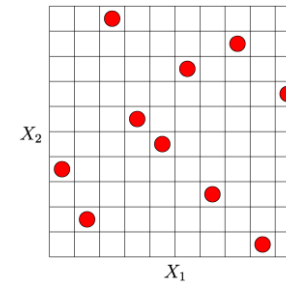
K\_S1 (Nodes)  
K\_S2 (Nodes)  
K\_S3 (Nodes)  
K\_S4 (Nodes)  
K\_S5 (Nodes)  
K\_S6 (Nodes)  
K\_S7 (Nodes)

# Sensitivitätsanalyse – Vorgehen

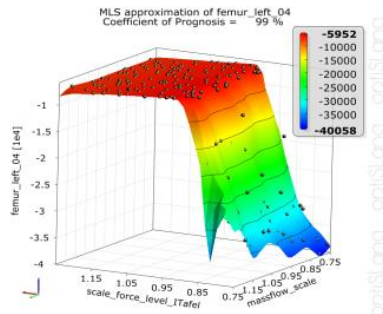
1) Define the input parameter space using scatter range, distribution and correlation



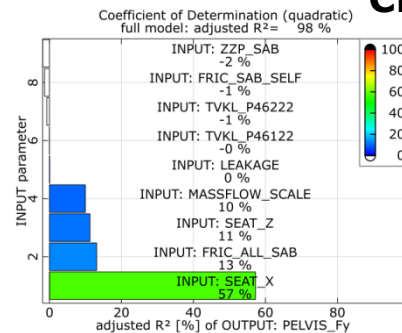
2) Scan the design space with Latin Hypercube sampling and measures the sensitivity with statistic measurements



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

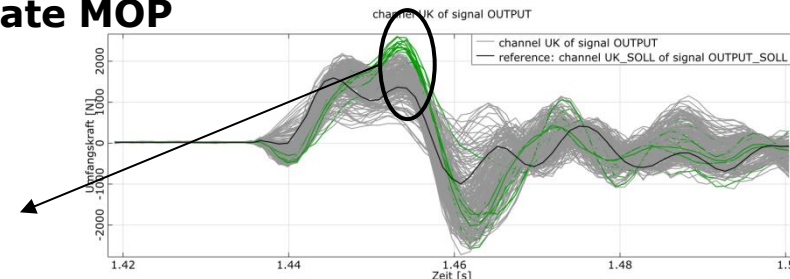


4) Filter & Identify sensible parameters, Quantify the uncertainties



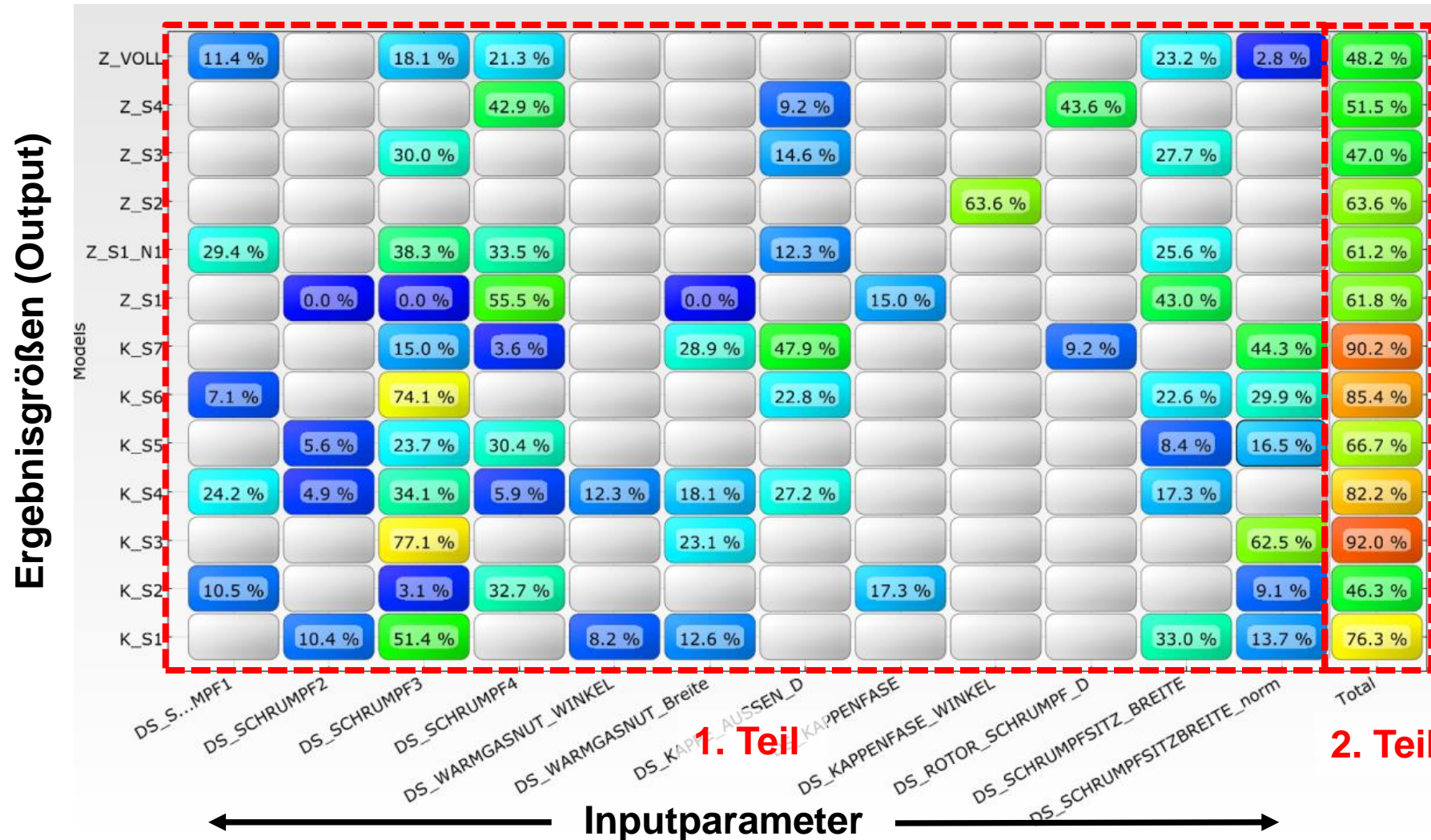
3) Check the variation of Signals & Results

## Create MOP



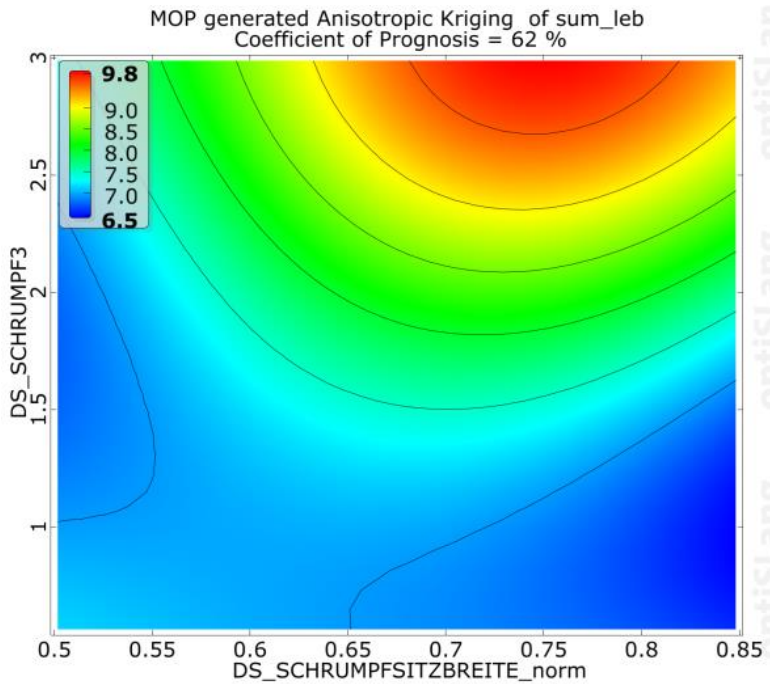
# Sensitivitätsanalyse – Auswertung

## COP-Matrix



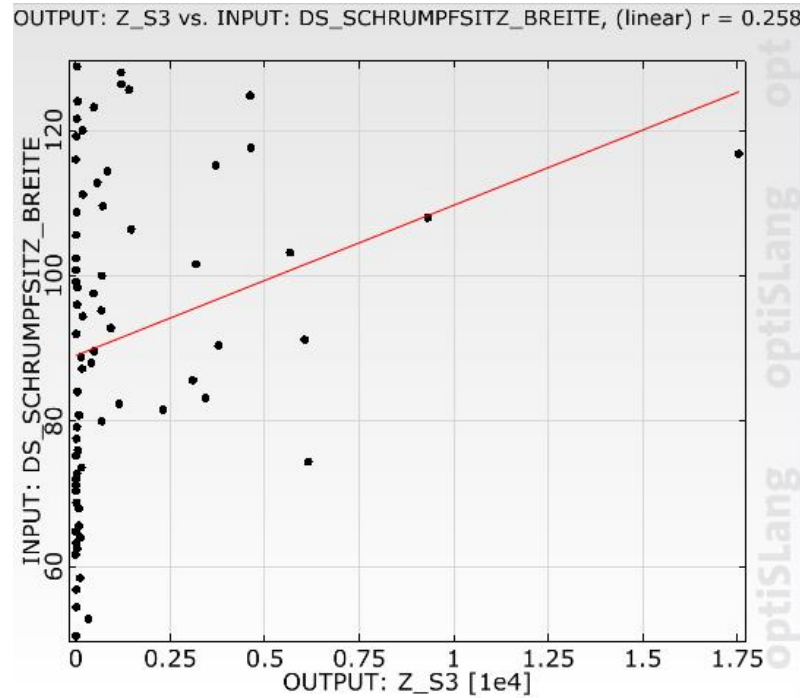
# Sensitivitätsanalyse – Auswertung

## Höhenlinienplot



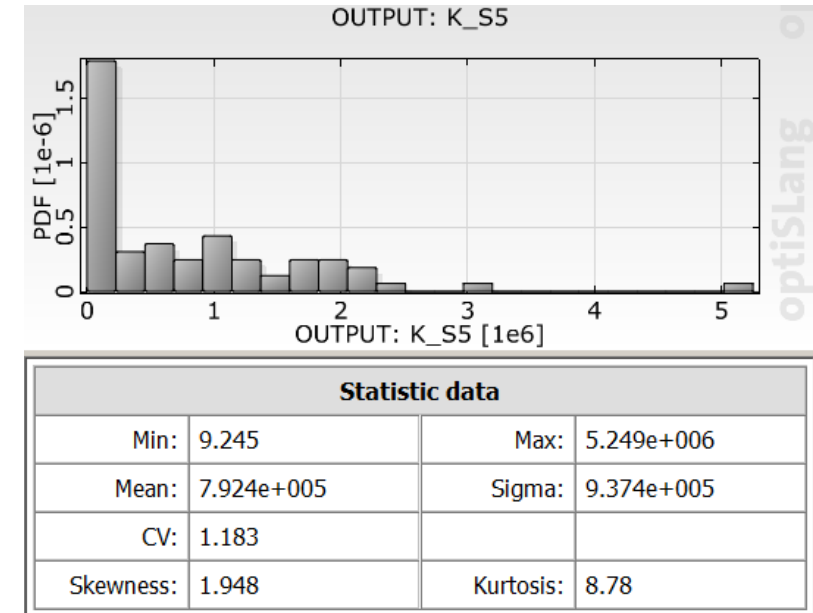
Interaktionen Input / Output

## Anthillplot



Trends, Ausreißer, Cluster

## Verteilungsplot



Streubereich, Verteilung Output

# Sensitivitätsanalyse – Check der failed design

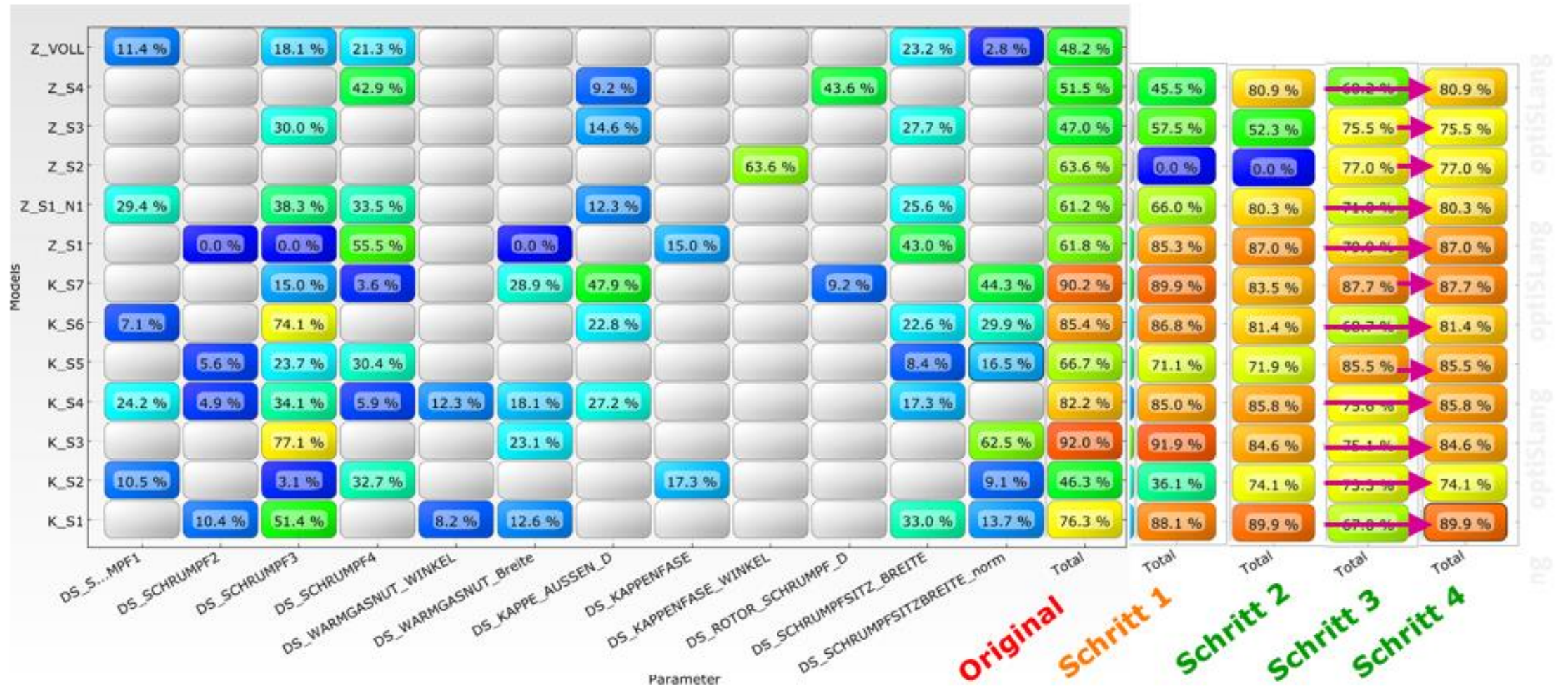
Die Eingangsparameter wurden im gegebenen Streubereich des Anwenders variiert. Es wurden 100 Designs gesampelt. Die Ursachen der nicht erfolgreichen Designs werden erklärt.



29 x failed design: 5 x Geometrievorbereitung, 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

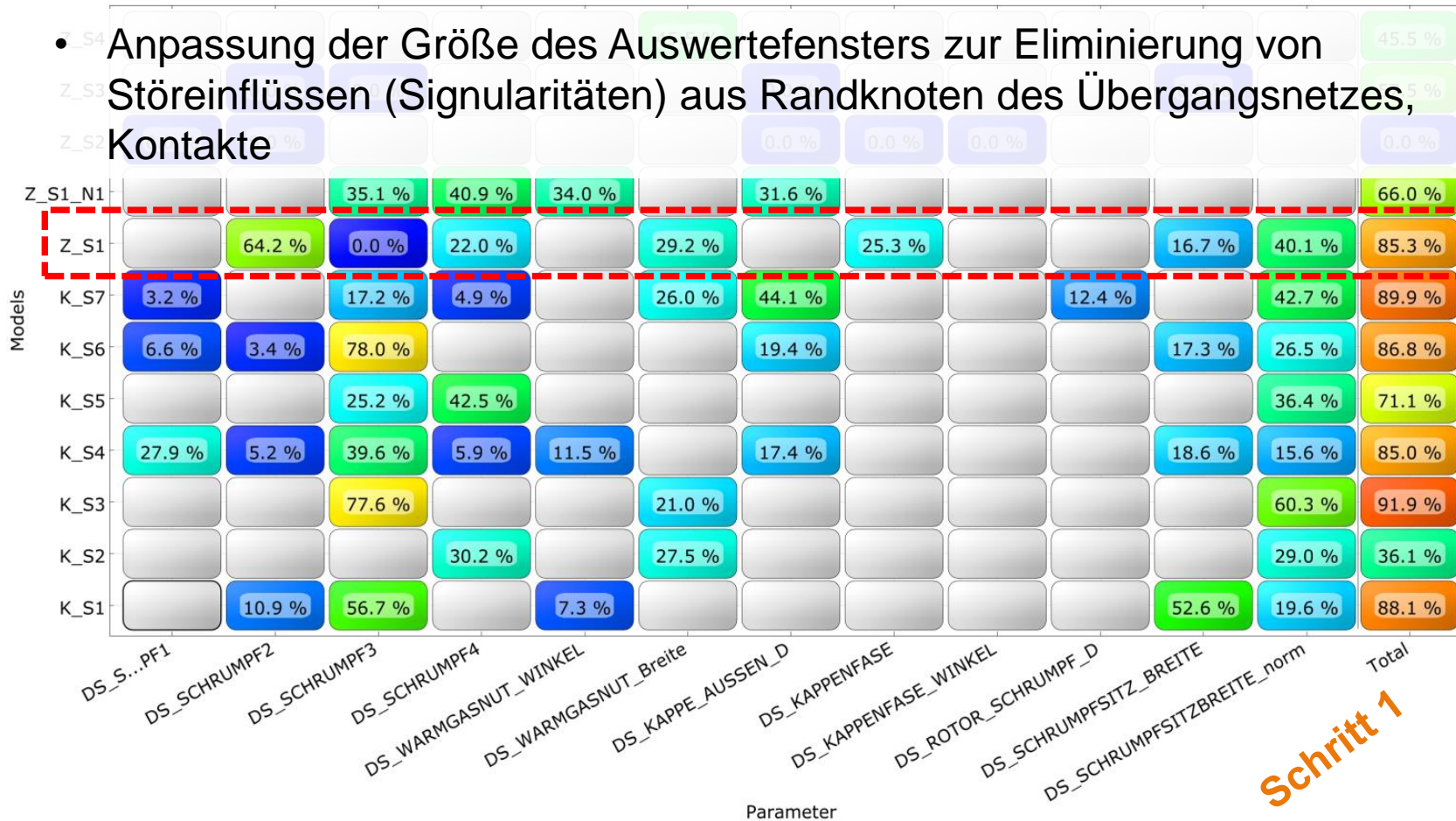
## Verbesserung der MOP durch Steigerung der Erklärbarkeit der Ergebnisgrößen



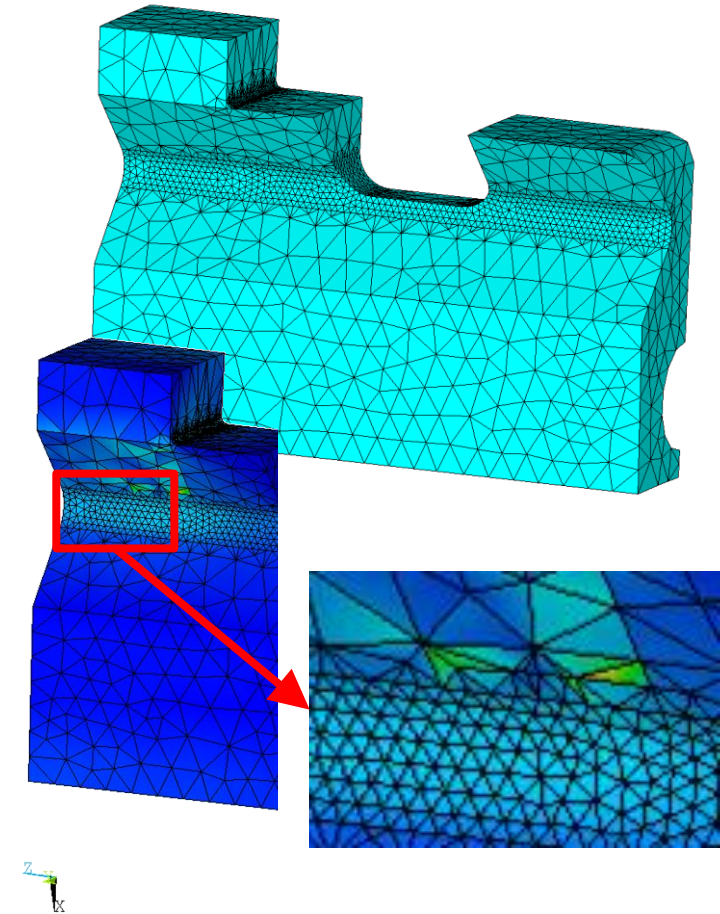
# Sensitivitätsanalyse – Auswertung

## 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 Auswerteargorithmus  
 → Erklärbarkeiten für fast alle Kerben höher

General	
ENMethod	Standard
CombinationMethod	AbsMaxPrincipal
MeanStressCorrection	SmithWatsonTopper
InterpolationLimit	UseMaxCurve
MultiAxialAssessment	Auto



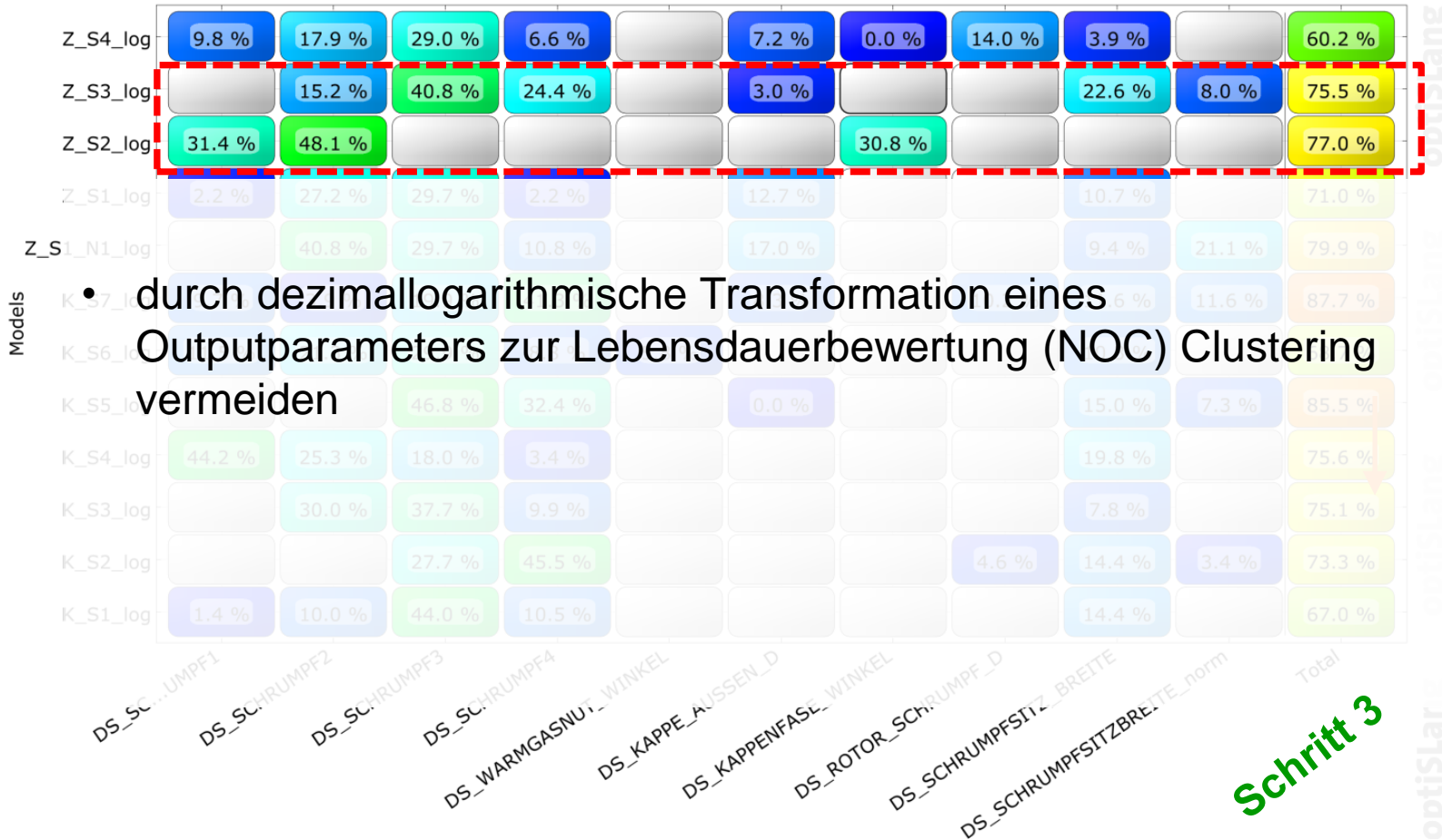
General	
ENMethod	Standard
CombinationMethod	CriticalPlane
MeanStressCorrection	SmithWatsonTopp
InterpolationLimit	UseMaxCurve
MultiAxialAssessment	None

Schritt 2



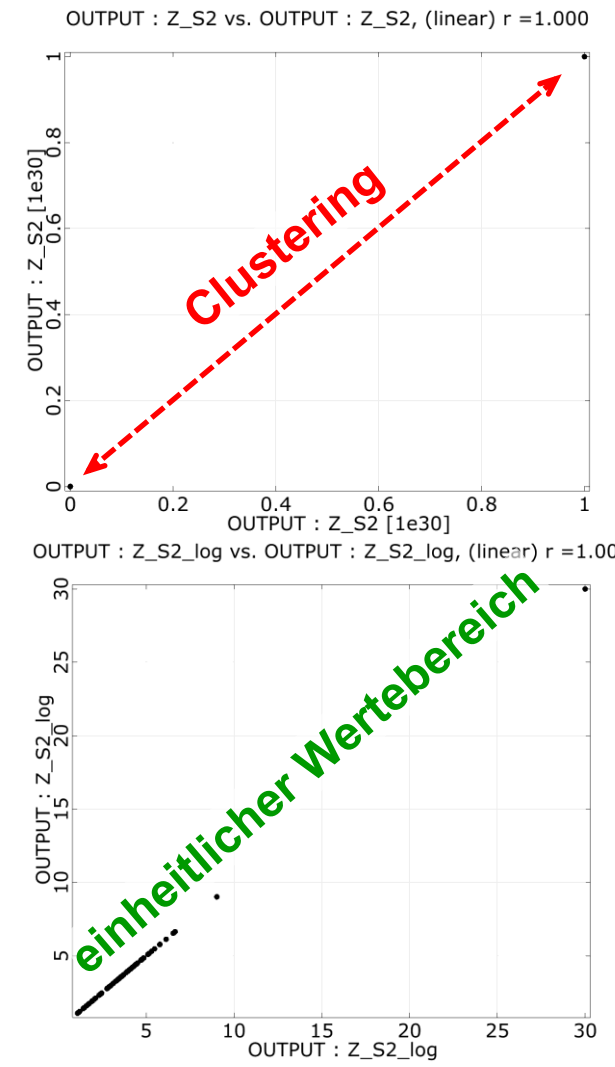
# Sensitivitätsanalyse – Auswertung

## Schritt 3 – Dezimallogarithmische Ergebnis-Transformation (NOC)



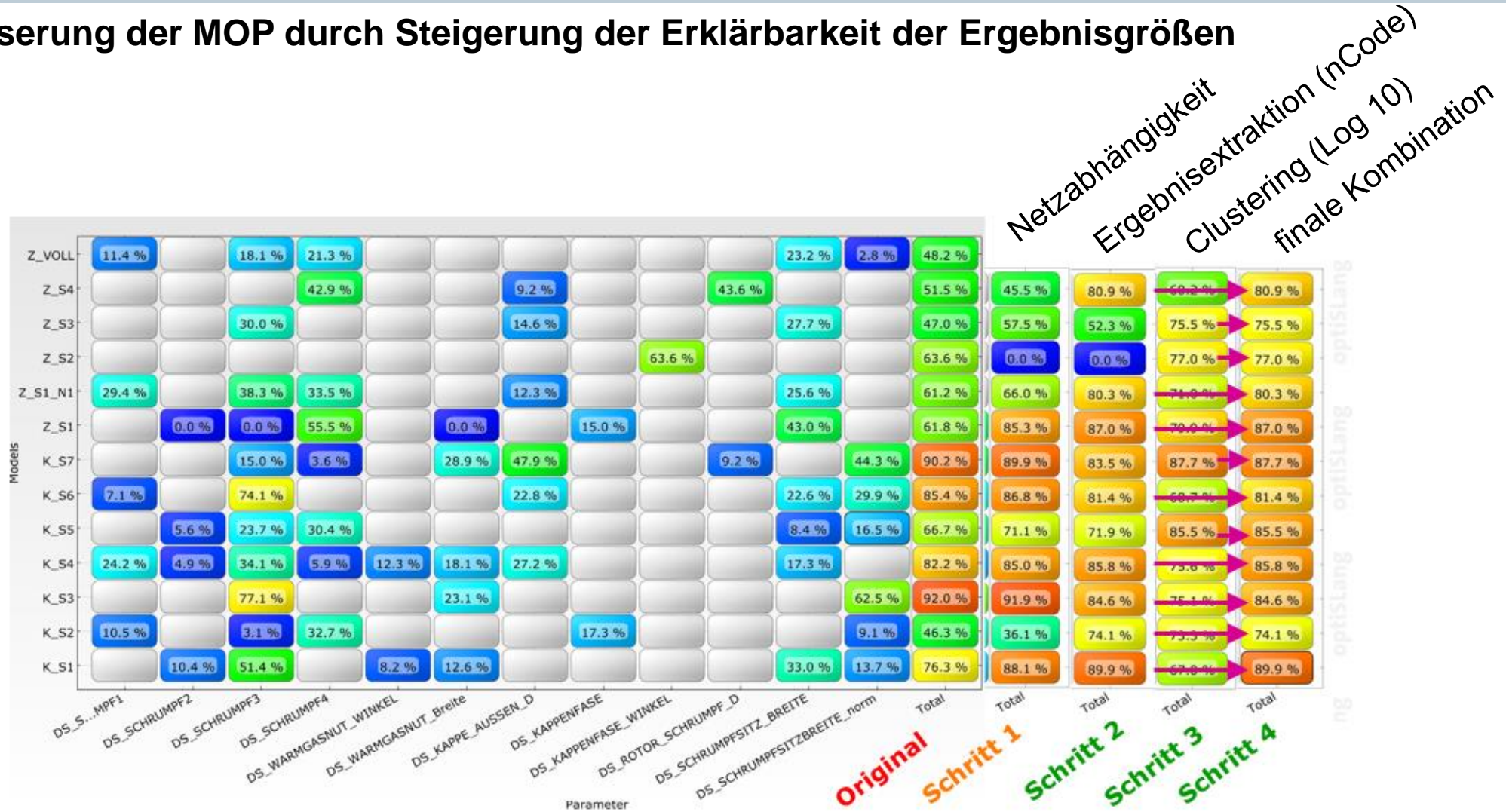
- durch dezimallogarithmische Transformation eines Outputparameters zur Lebensdauerbewertung (NOC) Clustering vermeiden

Schritt 3



# Sensitivitätsanalyse – Auswertung

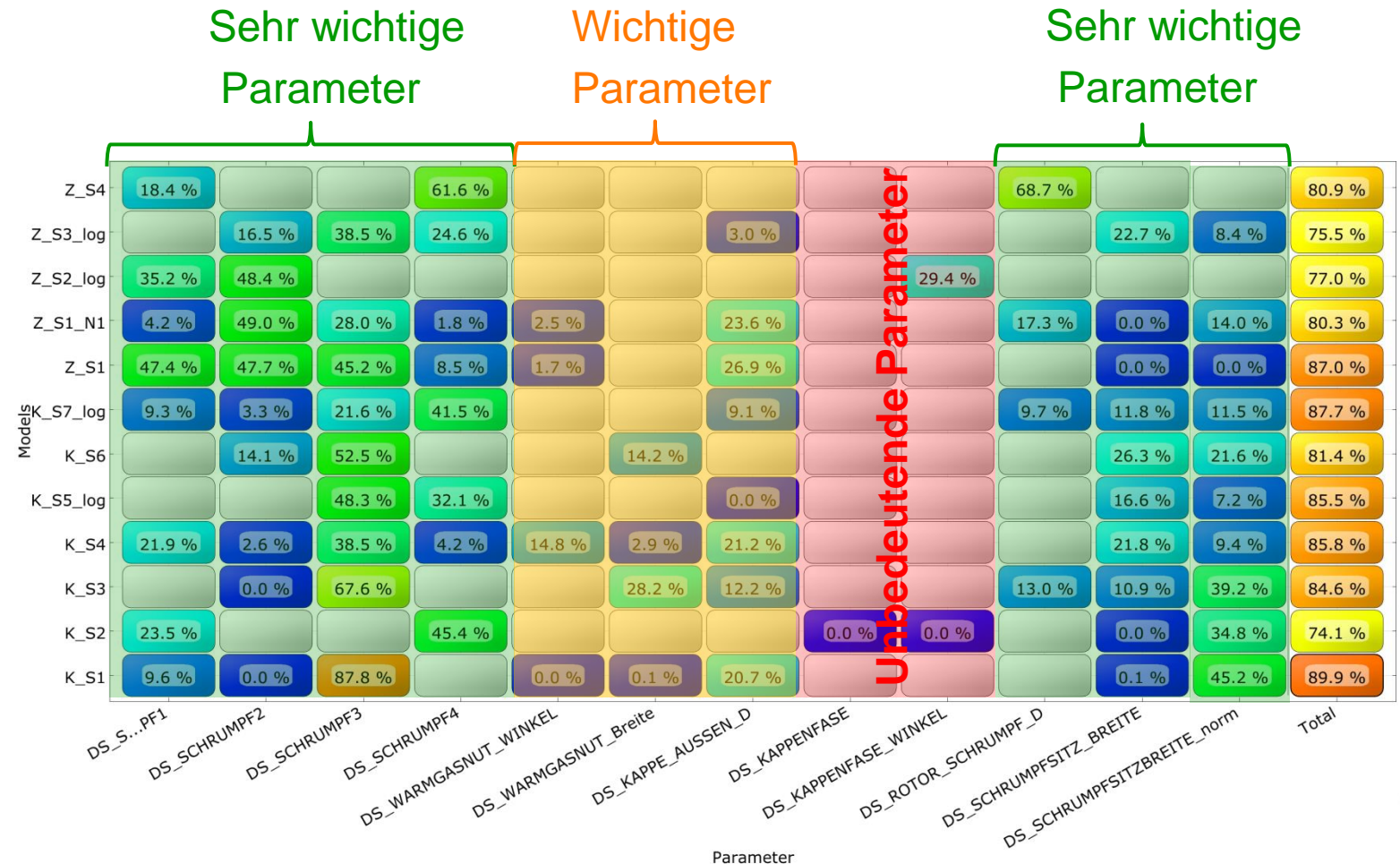
## Verbesserung der MOP durch Steigerung der Erklärbarkeit der Ergebnisgrößen



# Optimierung – Vorbereitung

Aus Sensitivitätsanalyse:

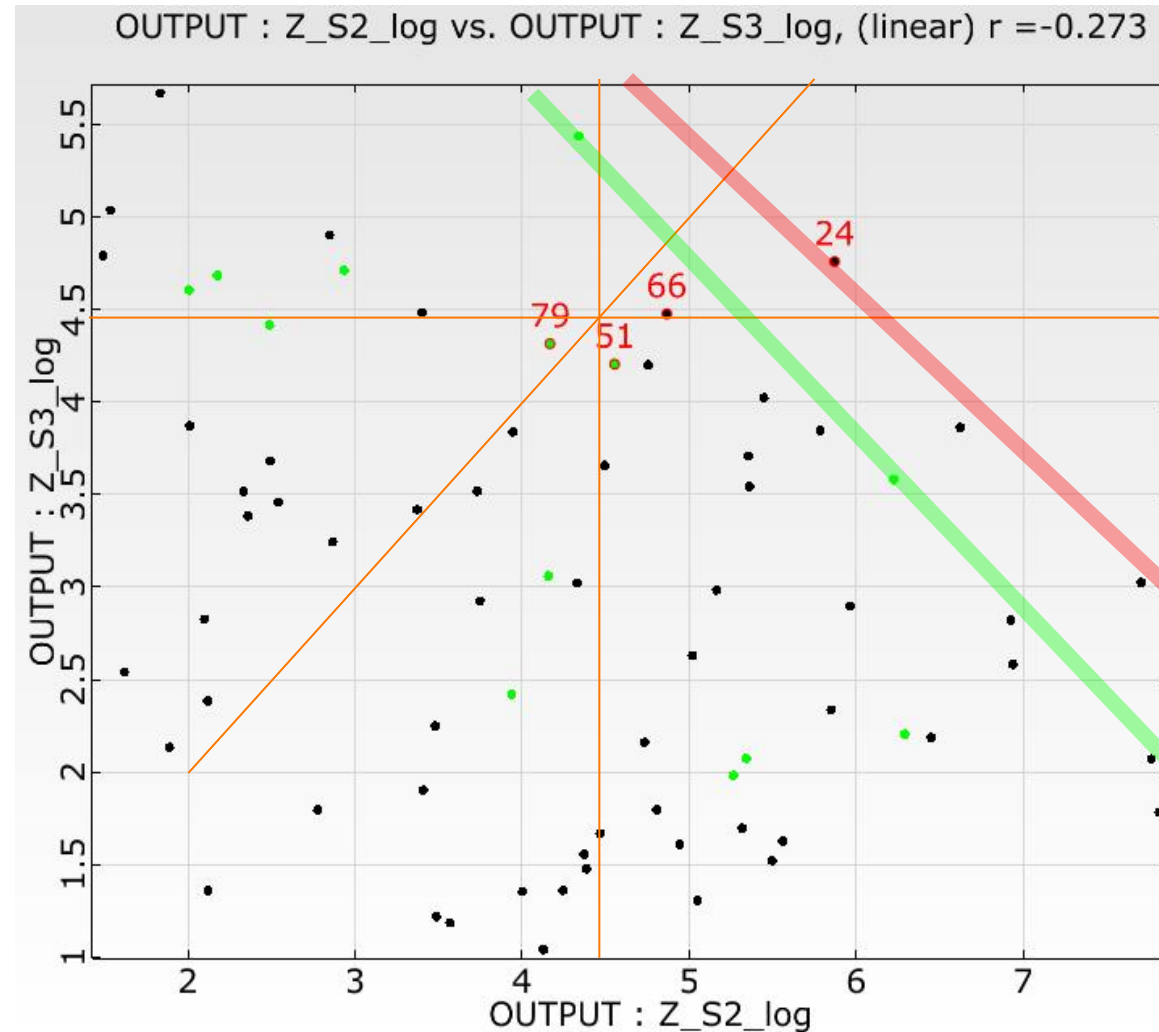
- Aufgrund Verbesserungen gute Erklärbarkeiten (COP) für alle Antwortgrößen > 70 - 80 %,
- Filterung wichtiger Parameter,
- Identifikation der Zusammenhänge und Haupttrends



# Optimierung – Vorbereitung

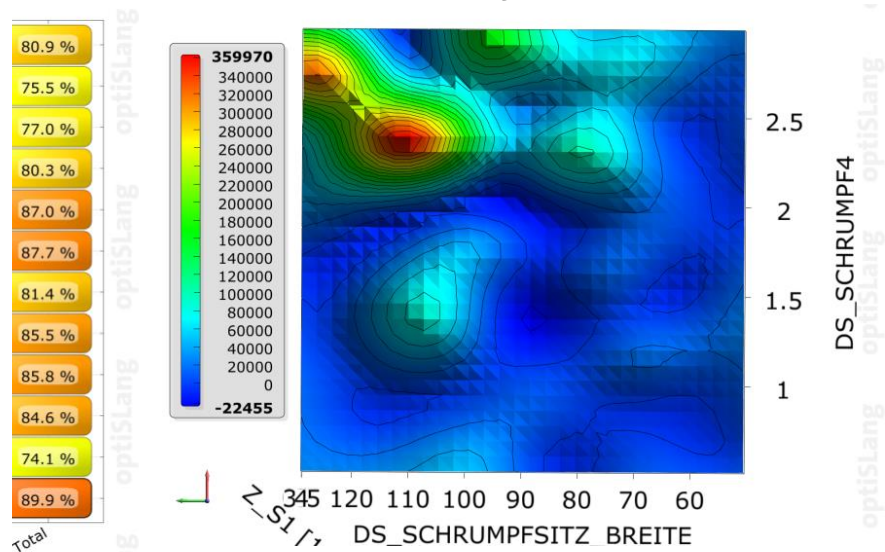
Aus Sensitivitätsanalyse:

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



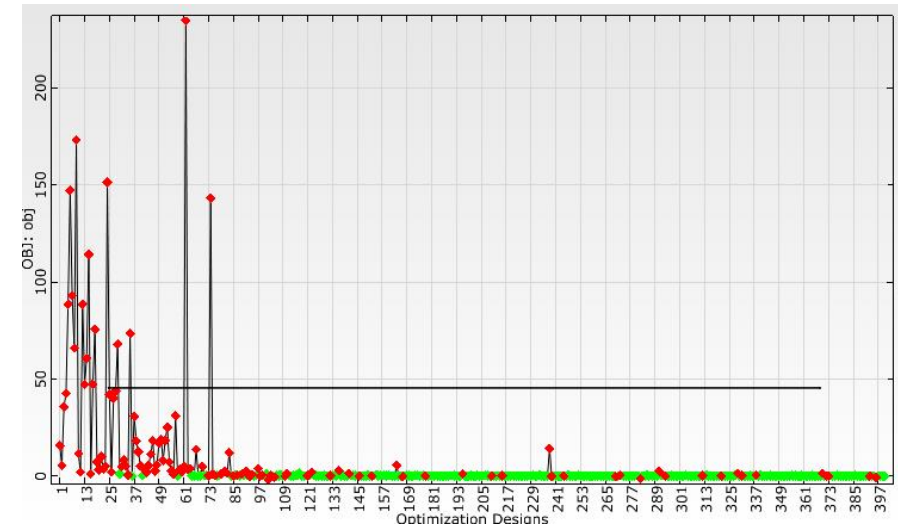
# Optimierung – Vorbereitung, Voroptimierung auf MOP

## Sensitivitätsanalyse → MOP



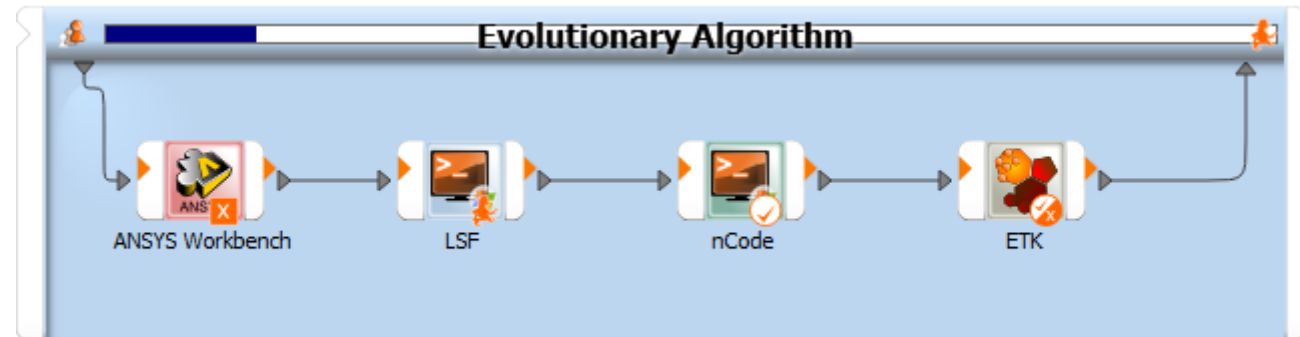
- 70 Designs wurden berechnet
- die Erklärbarkeit der Antwortgrößen durch den MOP liegt bei circa 75 %
- Antwortflächen sind sehr komplexe mathematische Funktionen (es gibt mehrere lokale Optima)

## 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

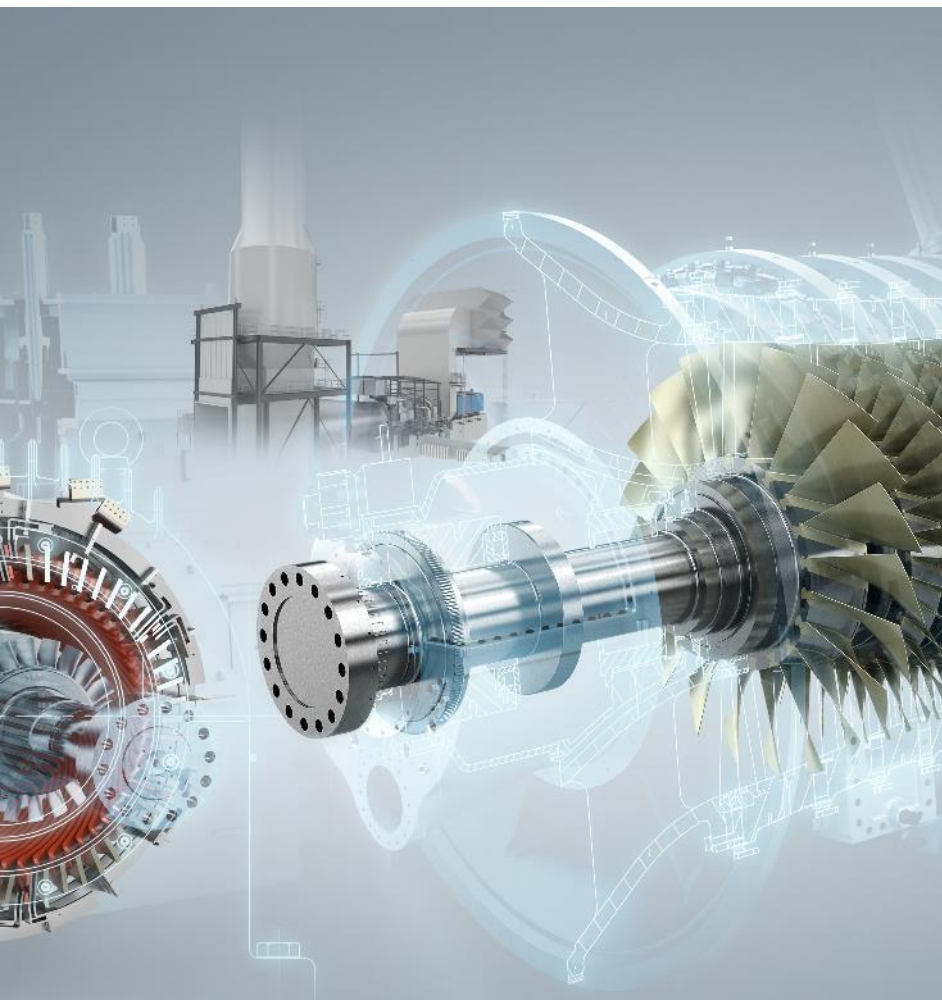
- Identifikation eines technisch optimalen Punktes im gegebenen Parameterraum
- Vergleich mit Anforderungen, Führen von Detailnachweisen und Kostenbewertung
- ggf. Erweiterung des Parameterraum (weitere „Stellschrauben“ am Design)
- Perspektivisch: Bi-direktionale Kopplung mit CFD und elektrischer Auslegung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