

ERWEITERTE METAMODELLIERUNG - VON SCALAREN WERTEN ZU FELDMODELLEN IN ZEIT UND RAUM

Mit optiSlang wird der Einfluss skalarer Eingangsvariationen auf die Ausgangsvariation untersucht. Für die Analyse von Feldeingangs- und Ausgangsvariationen wurde Statistics on Structures (SoS) entwickelt.

Durch die Verwendung von Metamodellierung für eine robuste Designoptimierung in der Systemsimulation oder als Softwarelösung mit dem Ziel, Produkte optimal zu betreiben und zu warten, bedarf es einer erweiterten Analyse von Antwortgrößen in Zeit oder Raum. Mehrere skalare Metamodelle für diskrete Zeit- und Raumpunkte sind jedoch oft nicht erfolgreich anwendbar, da bestehende Korrelationen zwischen einzelnen Zeit- und Raumpunkten nicht berücksichtigt werden. Um die Korrelationsanalyse auf Feldvariablen zu erweitern, entwickelte Dynardo die Software Statistics on Structures (SoS). SoS stellt Modelle zur automatischen Identifizierung von Beziehungen in Zeit oder Raum zur Verfügung.

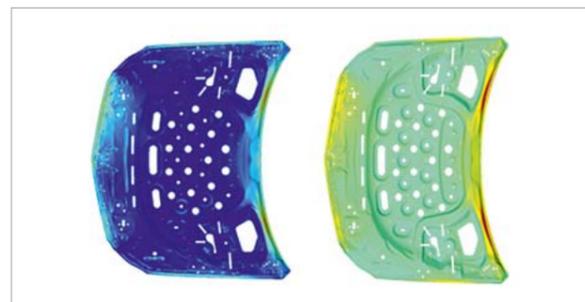
SoS ist speziell für die automatische Identifikation und Analyse von Datenbeziehungen zwischen einzelnen Zeitpunkten und Räumen konzipiert. Die Kopplung von optiSlang und SoS erweitert die Möglichkeiten der Korrelationsanalyse und Metamodellierung von skalaren Werten zu Eingangs- und Ausgabevariablen in Zeit und Raum.

Dekomposition und Analyse von Variationsmustern mit SoS

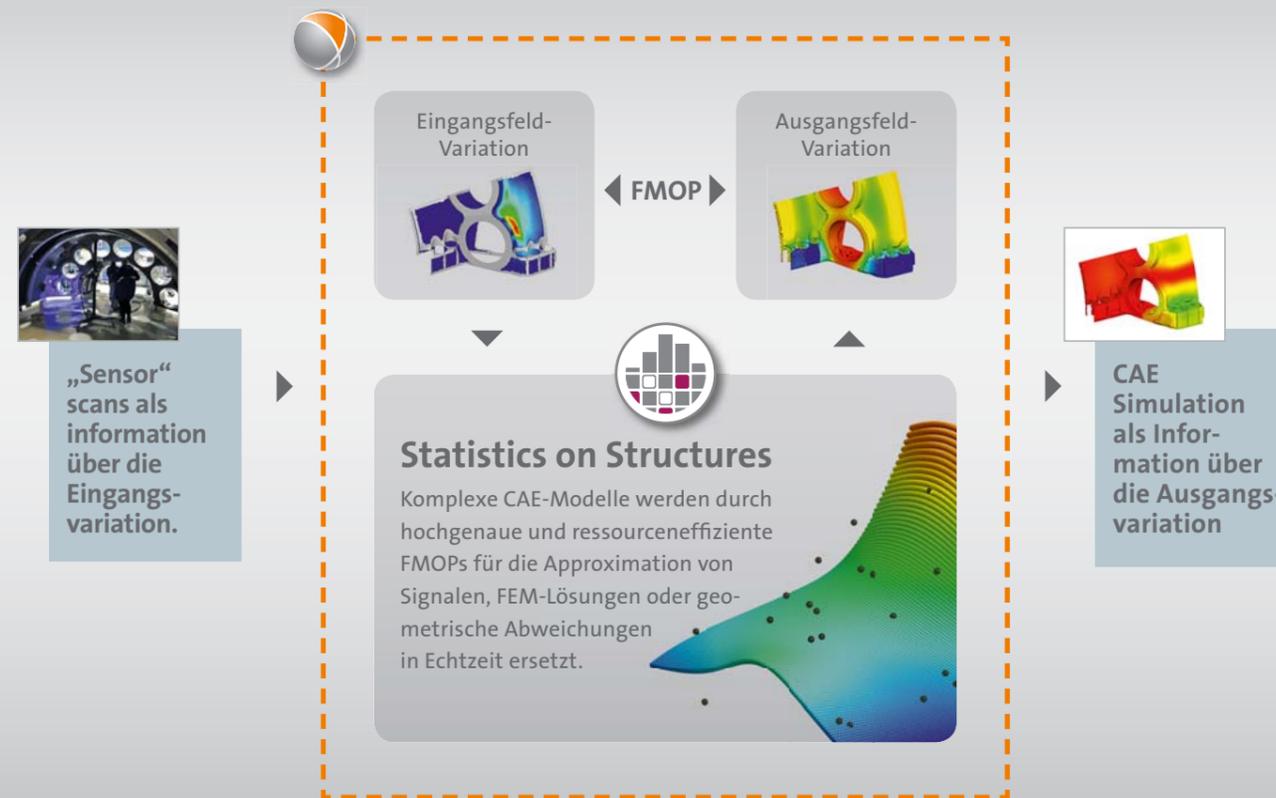
SoS analysiert Abweichungen von einem bestimmten DoE oder von Messungen und identifiziert automatisch die dominanten Variationsmuster einschließlich ihrer „Streuungs-

formen“ und Amplituden. Somit werden die Variationen in Zeit oder Raum aufgeschlüsselt und ihre Korrelation mit anderen Skalar- oder Feldvariablen erklärbar. Eine erfolgreiche Analyse beinhaltet die Dekomposition von in Zeit oder Frequenz verteilten Antwortgrößen (1D-Signale, z. B. Last-Verschiebungskurven) sowie Antwortgrößen auf 2D-Gittern (z. B. Oberflächenspannung) oder im 3D-Raum (z. B. 3D-Temperaturverteilung). Ähnlich wie Modalformen werden dabei die Variationsmuster nach ihrer Wichtigkeit eingestuft.

Neben der Anwendung für Korrelationsanalysen, stellen die automatisch identifizierten Variationsmuster Parametrisierungen nahezu beliebiger Eingangsdaten dar und



Standardabweichung der Antwortvariation von Dicken nach der Umformsimulation (links) und der erste Streumodus, der bereits 84% der Gesamtvariation repräsentiert (rechts)



Workflow für die Generierung eines Field Metamodels of Optimal Prognosis (FMOP) von Eingabe- und Antwortfeldvariation zur Integration in digitale Zwillinge

können zur Erzeugung von streuenden Designvariationen verwendet werden. Zum Beispiel kann basierend auf einigen wenigen realen Messungen automatisch ein statistisches Modell erstellt werden, das Hunderte neuer virtueller Zufallswerte erzeugt, basierend auf den Statistiken der gemessenen Daten. Dies ist besonders hilfreich, wenn durch Laserscans erzeugte geometrische Imperfektionen ausgeglichen werden müssen. Mit SoS können Sie diese Scans direkt auf dem FEM-Netz statistisch analysieren. Dabei wird auch die Parametrisierung der Geometrieabweichungen generiert. Durch das Erzeugen und Simulieren einer Menge möglicher Geometrien wird der Variationenseffekt auf die strukturelle Designperformance quantifiziert.

Datenbasiertes Reduced Order Model (ROM)

ROMs sind für die Systemsimulation von großer Bedeutung und werden auch beim digitalen Zwilling zu einer Schlüsseltechnologie. Um die Wartung und den Betrieb eines Systems optimieren zu können, muss für die genaue Prognose der Kennwerte (z. B. die Lebensdauer von Turbinenschaufeln) eine detaillierte Produktsimulation mit Sensordaten verknüpft werden. Die Anforderungen an die Reaktionszeit von digitalen Zwillingen können nur erfüllt werden, wenn die detaillierten Simulationsmodelle vereinfacht werden. Der klassische „physikbasierte“ Ansatz von ROMs verwendet eine Matrixkonden-

sation, deren Formel noch die physikalischen Einflüsse der Eingangsvariation auf die Antwortgrößen enthält. Diese Art der Reduktion eignet sich jedoch oft nur für lineare Systeme. Ein datenbasiertes ROM ist für die Simulation nichtlinearer Systeme die bessere Alternative. Die Methode verwendet Funktionsmodelle für die Approximation der Antwortflächen, wobei der Einfluss von Eingangsvariationen auf die Antwortvariation in Abhängigkeit zum gegebenen Parametersatz berücksichtigt wird. Für die Felddaten der Eingabe- oder Antwortgrößen verwendet SoS das Field-Metamodel of Optimal Prognosis (FMOP), um Signale, FEM-Lösungen oder geometrische Abweichungen zu approximieren.

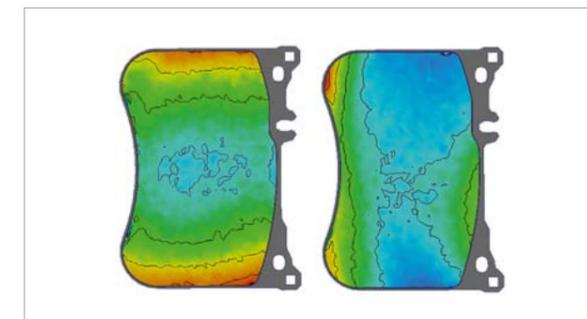


Abbildung des parametrischen Modells der Streuung von gemessenen Bremsbelagoberflächen