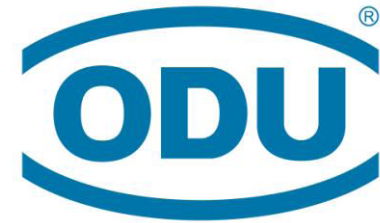


CADFEM®

Simulation ist mehr als Software®



A PERFECT ALLIANCE.



Kundenanforderungen schnell bewerten

Systematische Variantenstudie eines Steckverbinders

Nico Nagl – CADFEM GmbH

ODU Elektrische Kontakte

- Das vielfältige Produkt-Portfolio von ODU bietet höchst spezialisierte Kontaktarten. Jedes Kontaktsystem ist in Funktionalität und Eigenschaften passgenau auf die jeweilige Anwendung ausgerichtet, sowie in verschiedensten Durchmessern und Anschlussarten erhältlich.

ODU SPRINGTAC®	ODU LAMTAC®	ODU TURNTAC®	ODU STAMPTAC®
Kontakte mit Drahtfedertechnologie.	Kontakte mit Lamellentechnologie.	Kontakte in geschlitzter Ausführung.	Gestanzte Kontakte.
Höchste Zuverlässigkeit und Lebensdauer bis zu 1 Million Steckzyklen.	Höchste Strombelastbarkeit und Temperaturbeständigkeit bis +180°C.	Gedrehte, geschlitzte Buchsen selbst für widrige Einsatzgebiete.	Wirtschaftliche Kontaktsysteme für automatisierte Verarbeitung.



Verwendung von optiSLang für die Weiterentwicklung von ODU TURNTAC®

„Das universelle Kontaktsystem ODU TURNTAC bietet beste Kontakteigenschaften und Qualität zu wirtschaftlichen Preisen. Es hat sich selbst in widrigsten Einsatzgebieten bewährt. Das Kontaktprinzip kann selbst bei kleinsten Kontaktabmessungen von $\varnothing 0,3$ mm eingesetzt werden.“

- Anforderungen
 - Robustes Kontaktsystem, selbst für widrige Einsatzgebiete
 - > 10.000 Steckzyklen
 - Geringe und stabile Steck- und Ziehkräfte
 - Kleinste Abmessungen mit 0,3 mm Kontaktdurchmesser
 - Schiefstecken bis zu einer Neigung von 5°
 - Individuelle Produkteigenschaften
- Wie sollen die Anforderungen des Kunden mit Hilfe der Simulation umgesetzt werden?



Kundenanforderungen an den Steckverbinder

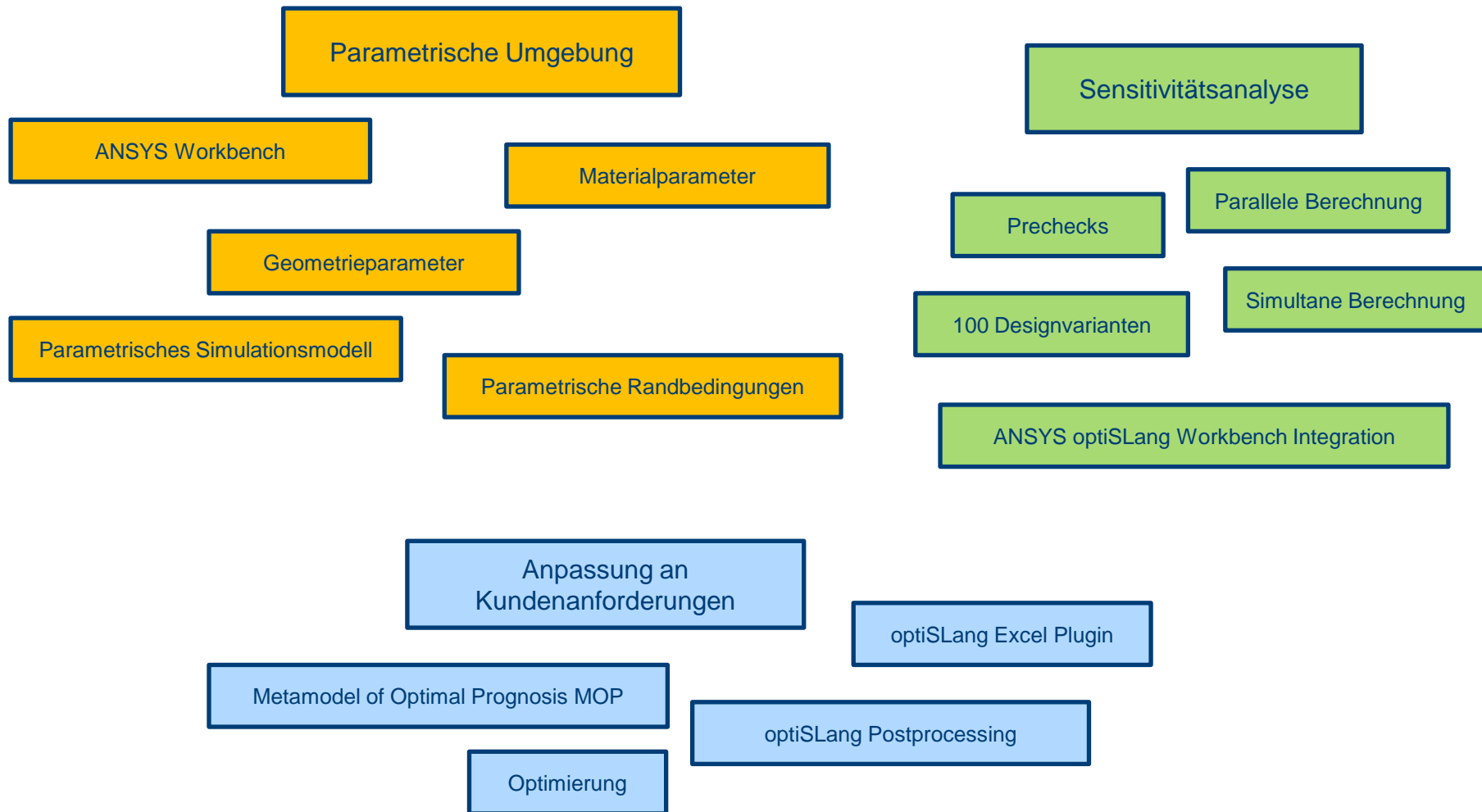
- Anforderungen
 - Robustes Kontaktsystem, selbst für widrige Einsatzgebiete
 - > 10.000 Steckzyklen
 - Geringe und stabile Steck- und Ziehkräfte
 - Kleinste Abmessungen mit 0,3 mm Kontaktdurchmesser
 - Schiefstecken bis zu einer Neigung von 5°
 - Individuelle Produkteigenschaften
- Umsetzung in der virtuellen Entwicklung
 - Berücksichtigung von variierenden Parametern in vorgegebenen Grenzen
 - Elastische/plastische Deformation
 - Ermittlung des Kraftverlaufs für Stecken und Ziehen
 - Geometrieänderung mit Abdeckung des gewünschten Bereichs
 - Randbedingungsänderung
 - Virtueller Prototyp mit Abdeckung von Produkteigenschaften

→ Sensitivitätsanalyse mit anschließender Erstellung eines virtuellen Ersatzmodells

Strukturierter Arbeitsablauf

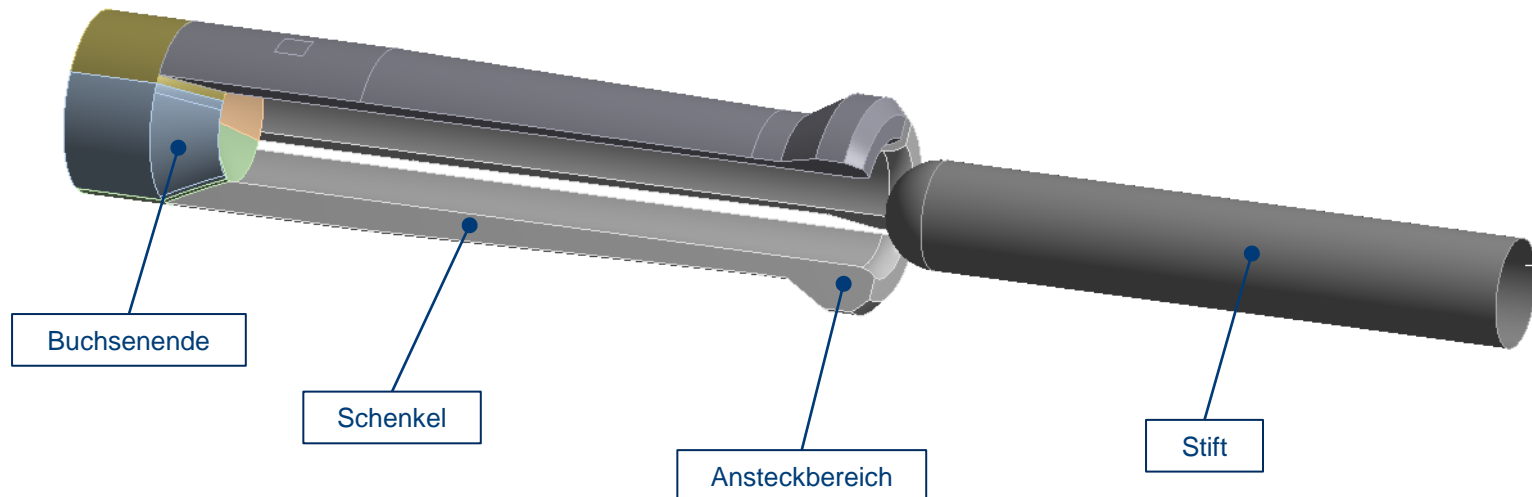
- Vorgehensweise
 1. Parametrische Umgebung
 - Automatisierte Berechnung von Designvarianten
 2. Sensitivitätsanalyse
 - Ermittlung der wichtigen und unwichtigen Parameter und Erstellung eines virtuellen Ersatzmodells (Metamodel of Optimal Prognosis MOP)
 3. Anpassung an Kundenanforderungen
 - Festlegung der Produktparameter zur Ermittlung der Produkteigenschaften

Strukturierter Arbeitsablauf



Simulationsmodell Vollmodell

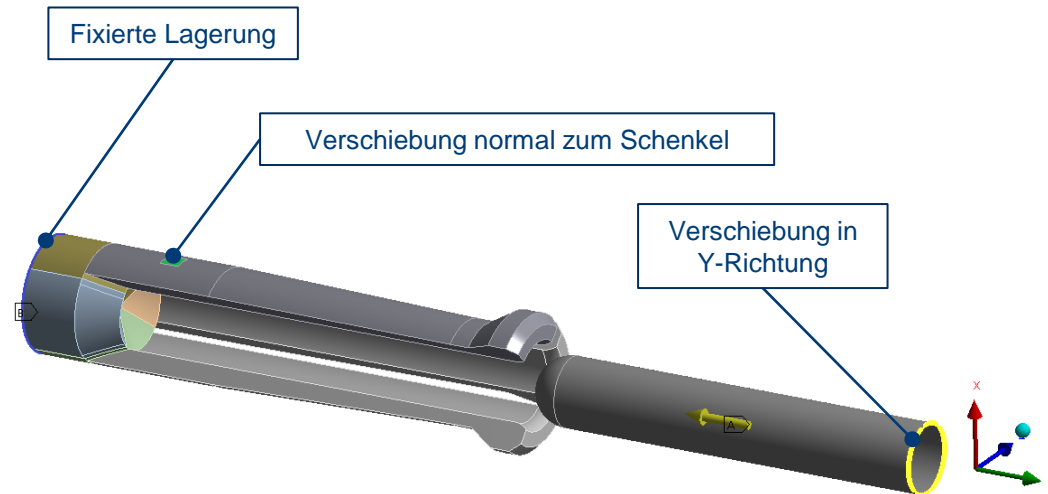
- Abmessungen:
 - Länge: ca. 30 mm
 - Stiftdurchmesser: 3,6 mm



Simulationsprozess Vollmodell

6-stufige Simulationsprozess

1. Schritt: Biegung Schenkel 1
2. Schritt: Biegung Schenkel 2
3. Schritt: Biegung Schenkel 3
4. Schritt: Biegung Schenkel 4
5. Schritt: Stift stecken
6. Schritt: Stift herausziehen



Randbedingungen:

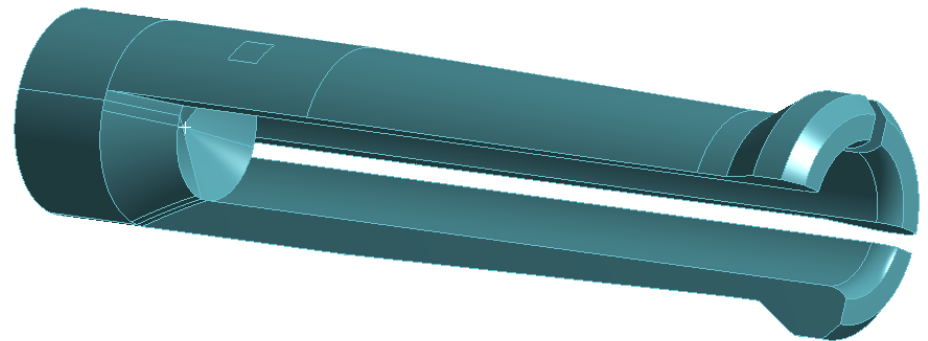
- Fixierte Lagerung am Hülseende
- Verschiebung in Normalenrichtung an Schenkeln
- Verschiebung des Stifts in y-Richtung (Schiefstellung noch nicht berücksichtigt)

Berechnungsdauer: ca. 1 h 35 min.

Video: Vollmodell1

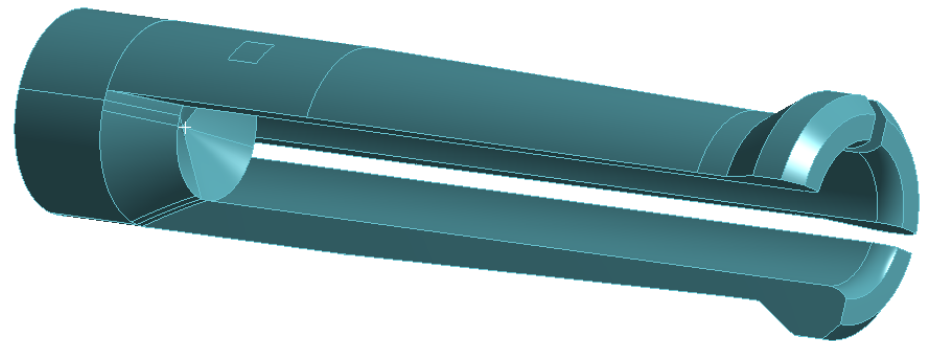
Erkennen von Zusammenhängen - Sensitivitätsanalyse

- Parametrisierung des Vollmodells – 9 Variationsparameter
 - Geometrie (5)
 - Bohrungsdurchmesser
 - Schlitzbreite
 - Verjüngung
 - Länge
 - Schenkeldicke
 - Material (2)
 - Elastizitätsmodul
 - Querkontraktionszahl
 - Randbedingung (2)
 - Biegeposition
 - Verschiebung des Schenkels



Erkennen von Zusammenhängen - Sensitivitätsanalyse

- Ergebnisparameter (22)
 - Spezifikationen des Steckverbinders
 - Maximale Steckkraft Aufdrücken
 - Steckkraft Gleitweg
 - Auszugskraft
 - Gewicht
 - Kraft-Verschiebungsverlauf*
 - Verschiebungen der Schenkel
 - Numerische Parameter
 - Anzahl Elemente/Knoten
 - Elementqualitäten

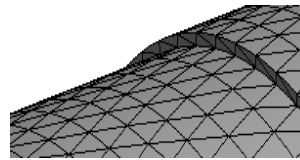


Sensitivitätsanalyse – Sicher zum Ergebnis mit Prechecks

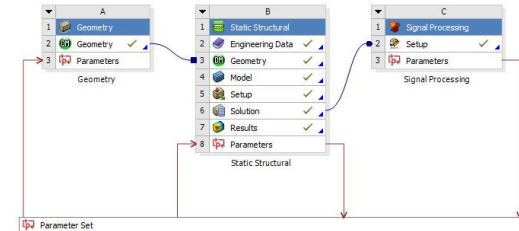
Precheck Geometrie und CAD Transfer



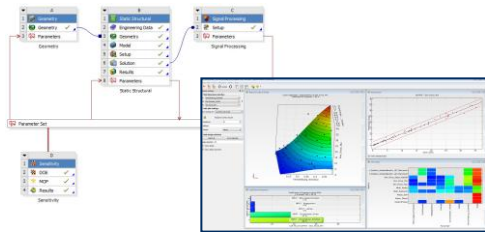
Precheck Netz



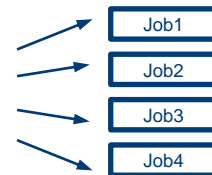
Precheck Prozesskette



Sensitivitätsanalyse



Precheck RSM + HPC + HPC Parametric Pack



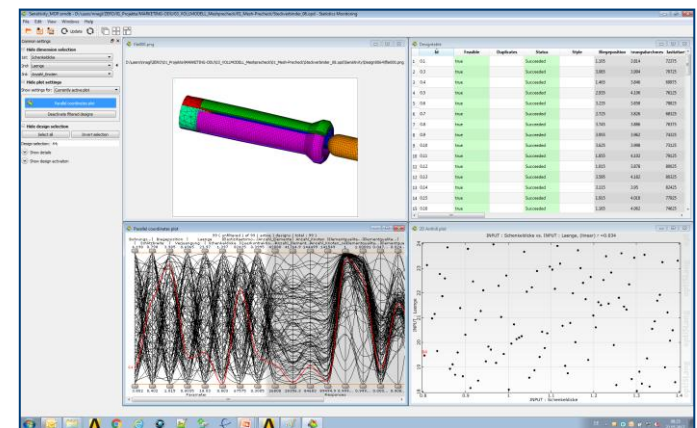
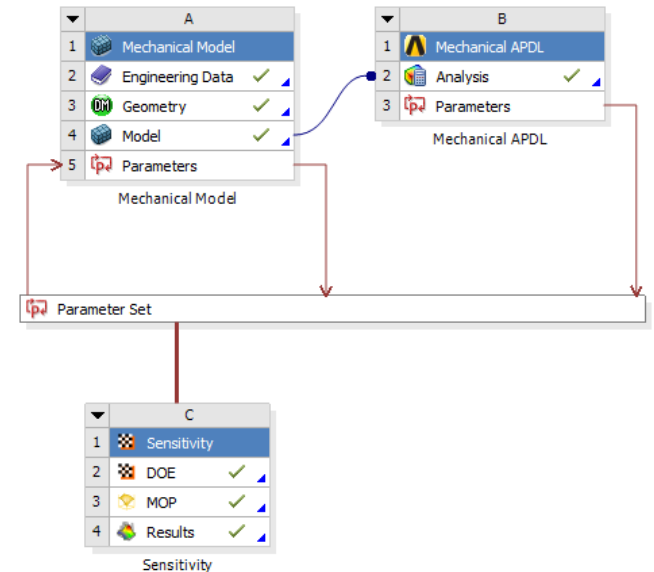
Precheck RSM



Precheck Vernetzung

- Ziel: Robuste Vernetzung für alle Varianten
 - Funktioniert die Vernetzung?
 - Wie hoch ist die Ausfallwahrscheinlichkeit?
 - Ist der Elementtyp bei den Varianten der gleiche?
 - Visuelle Kontrolle der Geometrie und Vernetzung
 - Debugging im Falle fehlerhafter Vernetzung

- Ergebnisse nach dem Precheck
 - 99 % erfolgreiche Vernetzung
 - Vernetzung robust
 - Visuelle Kontrolle über Bilder im Postprocessing
 - Keine Ausreißer vorhanden

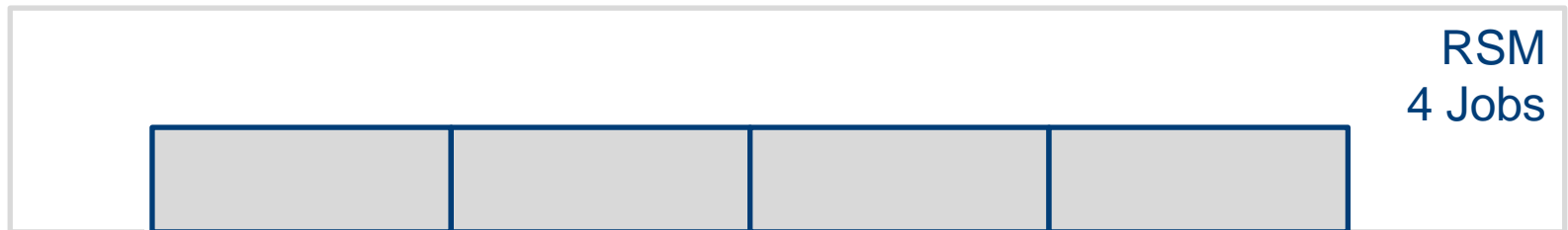


Simultane Berechnung mit ANSYS – 1 Job for All Design Points

Parameter Set (8 Designpunkte)

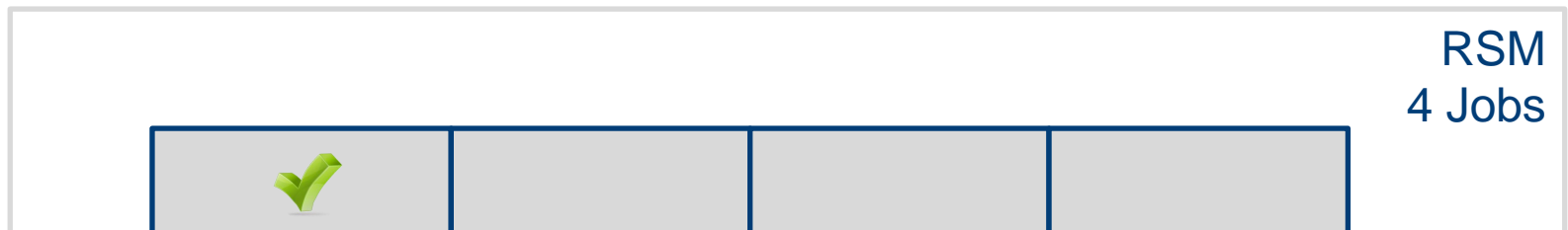
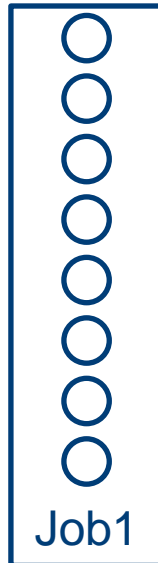


Job1



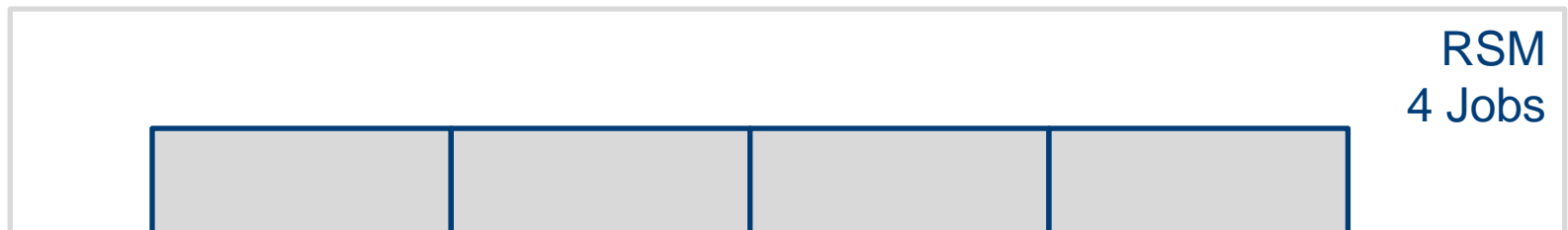
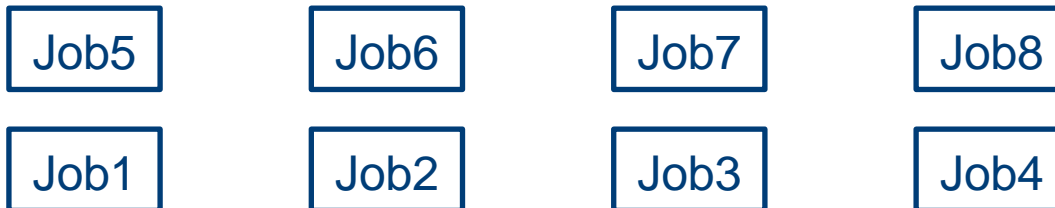
Simultane Berechnung mit ANSYS – 1 Job for All Design Points

Parameter Set (8 Designpunkte)



Simultane Berechnung mit ANSYS – 1 Job for Each Design Point

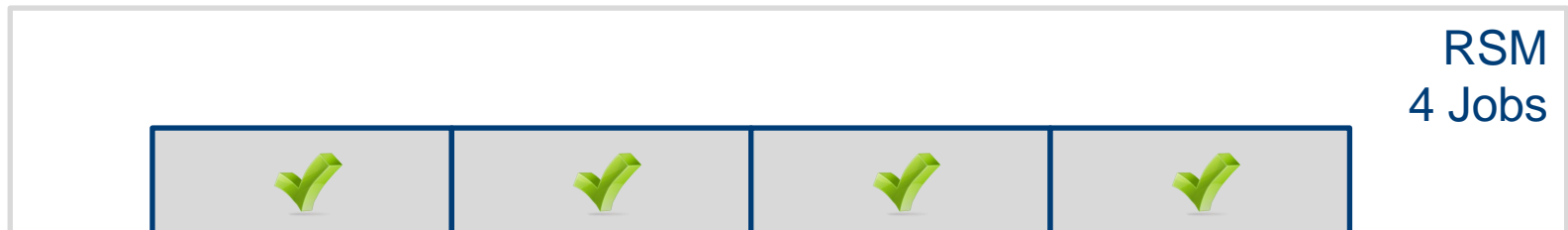
Parameter Set (8 Designpunkte)



RSM
4 Jobs

Simultane Berechnung mit ANSYS – 1 Job for Each Design Point

Parameter Set (8 Designpunkte)



Simultane Berechnung mit ANSYS – Specify Maximum Number of Jobs = 4

Parameter Set (8 Designpunkte)

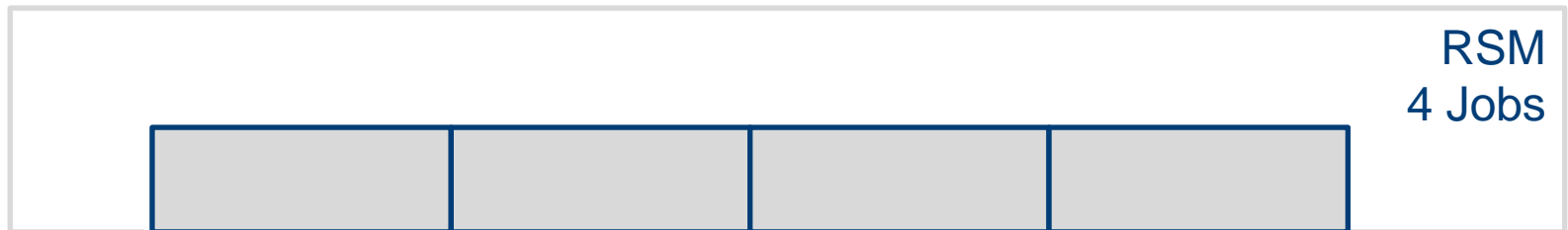


Job1

Job2

Job3

Job4



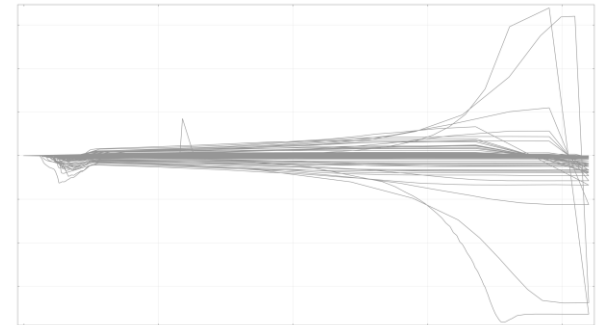
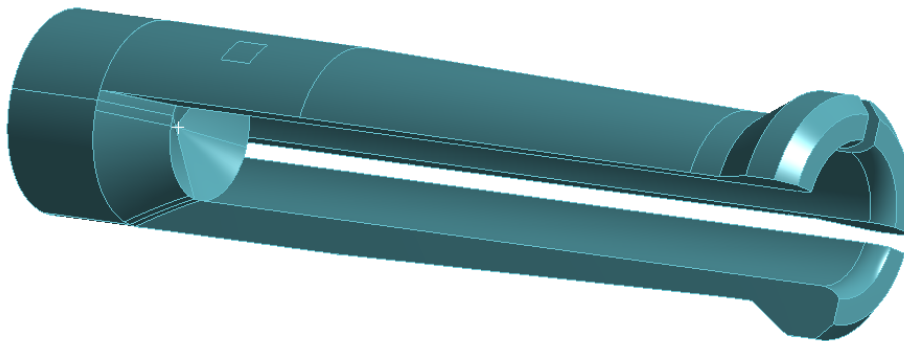
Simultane Berechnung mit ANSYS – Specify Maximum Number of Jobs = 4

Parameter Set (8 Designpunkte)



Sensitivitätsanalyse

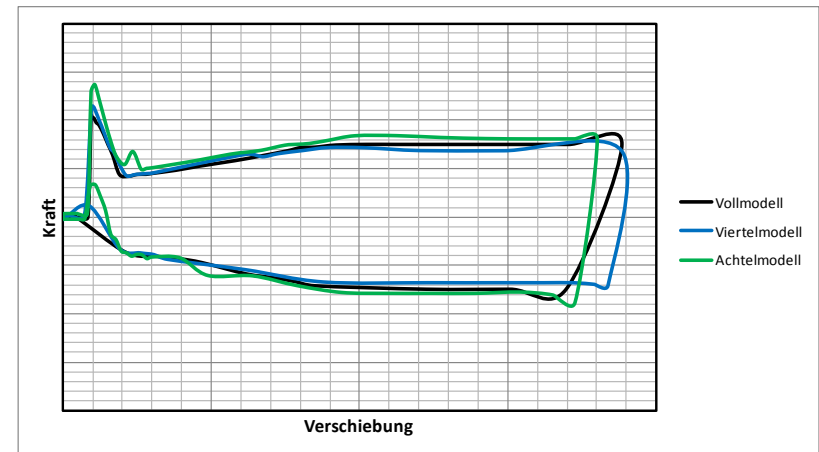
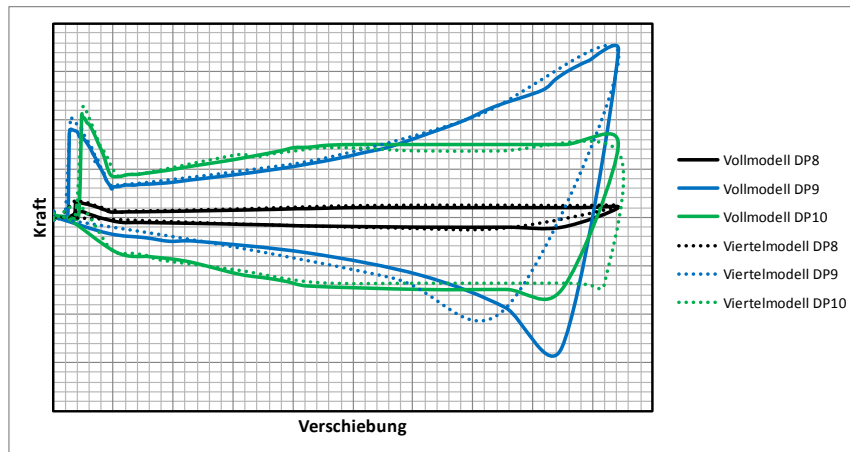
- Fehleranalyse, Bewertung Genauigkeit und Berechnungszeit, sowie weiteres Vorgehen
 - Biegeposition und Biegeweg haben sehr großen Einfluss auf Ergebnisse
 - Keine präzise Voraussage des Kraftverlaufs und der plastischen Deformation
 - Abbildung des gewünschten Kraft-Verschiebungsverlaufs mit gewählter Diskretisierung nicht möglich



- Reduzierung des Modells auf Viertel- bzw. Achtelmodell für ausgewählte Designpunkte
 - Annahme gleichmäßiger Verformung der Schenkel
 - Vergleich der Ergebnisse mit Vollmodell

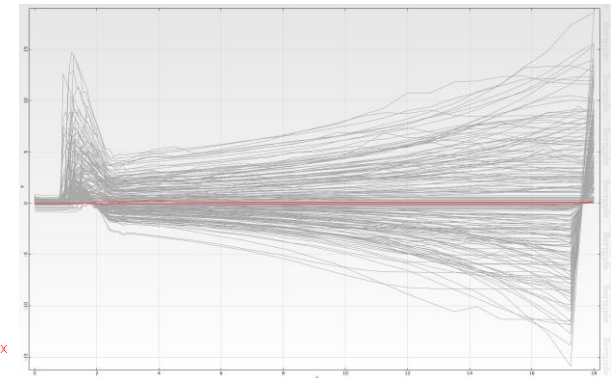
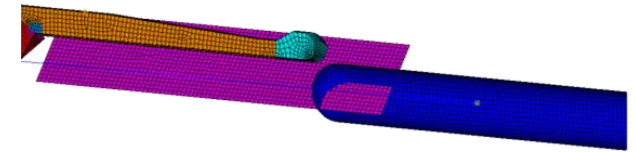
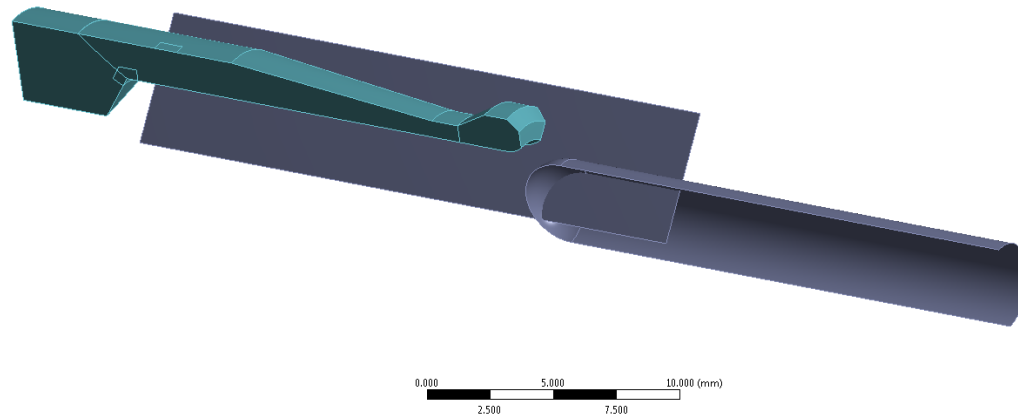
Vergleich Vollmodell vs. Viertelmodell / Achtelmodell

- Vergleich der Kraftverläufe für ausgewählte Designpunkte
- Höhere Diskretisierung des Kraftverlaufs → genauere Abbildung



Sensitivitätsanalyse Achtelmodell

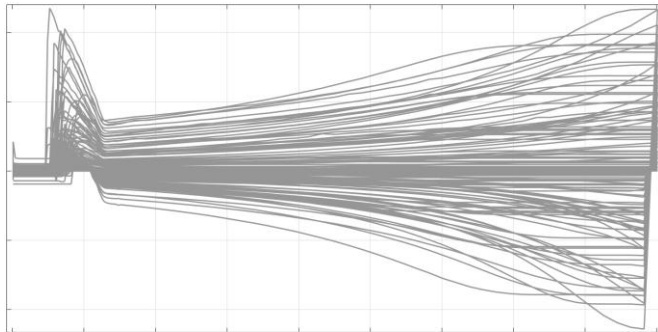
- Modellreduzierung mit Ausnutzung der Symmetrie
- Abbildung weiterer Schenkel über Ebene
- Berechnungsdauer für ein Modell: 1 h 30 min.
- Parametrisierung modifiziert
- Höhere Auflösung des Kraftverlaufs (Signal)



Video: Achtelmodell

Ergebnisse Sensitivitätsanalyse Achtelmodell

- CoPs > 87 Prozent
- Metamodelle MOP zur weiteren Verwendung geeignet
- Sehr gute Voraussage des Kraftverlaufs



Modelle	Bohrungsdurchmesser	Schlitzbreite	Biegeposition	Laenge	Durchmesser_hinten	Durchmesser_vorne	Verschiebung_Schenkel	Total
Steigung	14.1 %		5.0 %	3.5 %	22.1 %		66.9 %	95.3 %
Steckkraft	1.0 %		4.9 %	3.7 %	37.5 %		64.0 %	99.1 %
Maximale_Kraft	2.3 %	4.6 %	4.4 %	8.3 %	36.4 %		62.4 %	92.5 %
Masse_Buchse		3.1 %		6.2 %	86.7 %	83.5 %		98.8 %
Bleibende_Verformung	16.8 %	14.5 %	12.0 %	6.2 %			83.0 %	87.0 %

Bewertung von Kundenanforderungen in Microsoft Excel

- Schnelle Abschätzung, ob Kundenanforderungen umsetzbar sind
- optiSLang in Microsoft Excel einfach zu bedienen
- Visuelle Darstellung der Machbarkeit
- Optimales Design für Kundenanforderungen mit anschließender Optimierung auf Metamodel of Optimal Prognosis MOP
- Evaluierung des besten Designs für den Kunden anhand einer Berechnung

Bewertung von Kundenanforderungen in Microsoft Excel

Kundenanforderungen_bewerten.xlsx - Microsoft Excel

Start Einfügen Seitenlayout Formeln Daten Überprüfen Ansicht Entwicklertools Add-Ins

Standard Gut Neutral Schlecht
Ausgabe Berechnung Eingabe Erklärender ...

Einfügen Ausschneiden Kopieren Zwischenablage
Format übertragen
Schriftart

Zeilenumbruch
Verbinden und zentrieren
Ausrichtung

Zahl
Bedingte Formatierung Als Tabelle formatieren

Formatvorlagen
Einfügen Löschen Format
Zellen

AutoSumme
Füllbereich
Löschen
Sortieren und Filtern
Suchen und Auswählen
Bearbeiten

Kundenanforderungen						
Länge mm	Durchmesser_hinten mm	Maximale Steckkraft N	Steckkraft N	Kraftverlauf -	Gewicht g	Bleibende Verformung µm
20	6.5	100	50	12	4	3
21.297	6.6188	149.6	55.6	10.3	4.98	3.583044187

optiLang MOP solver version 6.0.0
Meta model database was imported from:
D:\USERS\nnagl\WD\Projekte\ODU\ODU_FINAL2_MOP.omdb

Extrapolate	Bohrungsdurchmesser	Schlitzbreite	Biegeposition	Laenge	Durchmesser_Durchmesser_vorne	Verschiebung_Schenkel	Full model
Bleibende_Verfor	16.76%	14.45%	12.01%	6.15%	22.15%	83.02%	87.00%
Steigung	14.10%		4.95%	3.45%		66.92%	95.34%
Steckkraft	0.95%		4.91%	3.73%	37.54%	64.01%	99.11%
Maximale_Kraft	2.30%	4.57%	4.40%	8.34%	36.40%	62.42%	92.53%
Masse_Buchse		3.10%		6.21%	86.75%	83.54%	98.78%

Parameters	Responses
Lower Bound	0.1015
Upper Bound	0.3955

ID	Bohrungsdurchmesser	Schlitzbreite	Biegeposition	Laenge	Durchmesser_Durchmesser_vorne	Verschiebung_Schenkel	Masse_Buchse	Maximale_Kraft	Steckkraft	Steigung	Bleibende_Verformung
0	3.87	0.45	2.63	21.30	6.62	6.51	0.000622753	18.69630206	6.949758156	10.28137841	0.003583044
64	64	13	42	55	56	69	32				

Warum ODU Sensitivitätsanalysen im Entwicklungsprozess einsetzt?

„Wir bei ODU können mit Sensitivitätsanalysen die wesentlichen Einflussgrößen auf die Bauteilfunktionen identifizieren. Somit sind gezielte Anpassungen einzelner Stellschrauben je nach Anforderung möglich. Darüber hinaus lassen sich unnötige Optimierungsschleifen vermeiden, was Fertigungs- und Laborkapazitäten schont und die Entwicklungszeit deutlich verkürzt. Die Erstellung eines virtuellen Ersatzmodells erlaubt es außerdem einen besseren Abgleich mit Labormessdaten durchführen und die Kundenanforderungen schnell bewerten zu können.“

Bernhard Bauer, Otto Dunkel GmbH