



## **Optimierung und Robustheitsbewertung einer Abdeckung**

**Jeroen van Rij**

23. Schweizer CADFEM ANSYS Simulation Conference

14. Juni 2018, Hochschule für Technik in Rapperswil

- Portrait
- Entwicklung Abdeckung
- Fazit

- Ingenieurbüro OR Design GmbH wurde Ende 2016 gegründet (Sitz im Aargau)
- Dienstleistungen im Bereich der numerischen Simulation

## Vorteile der Simulation in der Produktentwicklung

- Schnell und flexibel mit neuen Innovationen auf veränderte Kundenbedürfnisse reagieren
- Produktqualität und Produktzuverlässigkeit erhöhen
- Entwicklungskosten einsparen

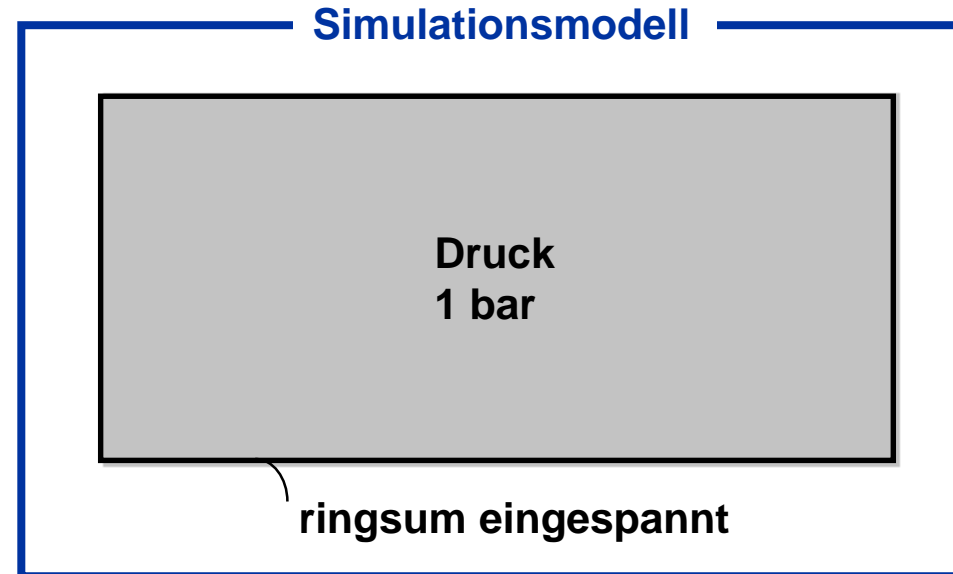
- Nachweise der Funktionsfähigkeit von Produkten (z.B. Festigkeit/Thermisch)
- Maschinendynamik
- Formoptimierung eines Bauteils
- Kalibrierung
- Sensitivitätsanalyse und parametrische Optimierung
- Robustheitsbewertung

# Entwicklung Abdeckung

## Projekteinführung

### Simulationsmodell

- Bauraum 600 x 300 x 20 mm
- Werkstoff PVC
- Druckbelastung 1 bar
- Ringsum eingespannt



### Zielsetzung

Maximale Steifigkeit und minimale Kosten → gegenläufige Anforderungen

# Entwicklung Abdeckung

## Projekttablauf

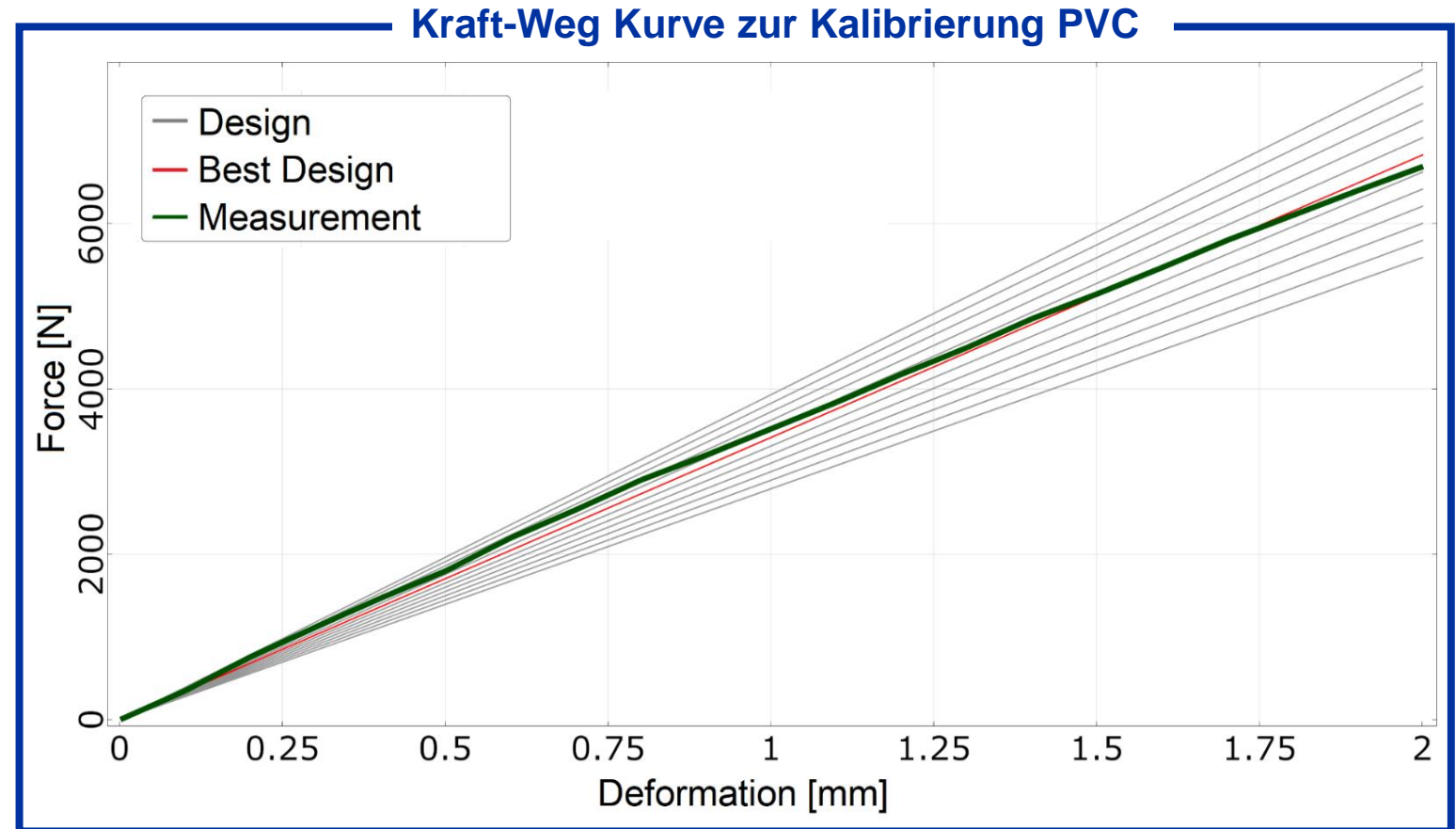


# Entwicklung Abdeckung

## Kalibrierung Werkstoff

### Ergebnis

- Elastizitätsmodul 3.3 GPa
- Poissonzahl 0.38



# Entwicklung Abdeckung

## Topologieoptimierung

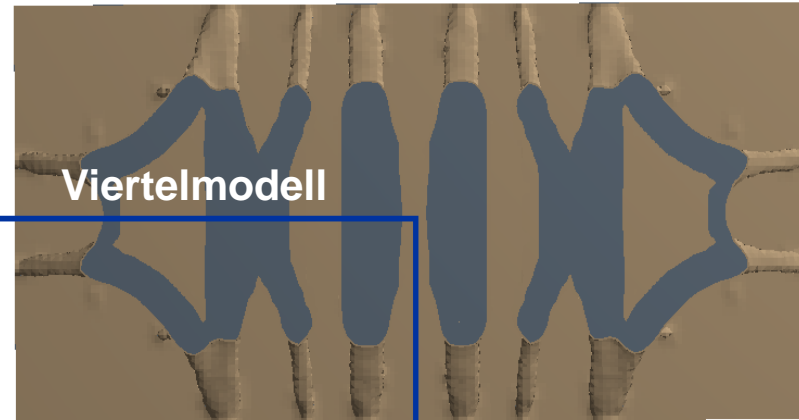
**Ergebnis**  
Dünne Platte mit Rippen



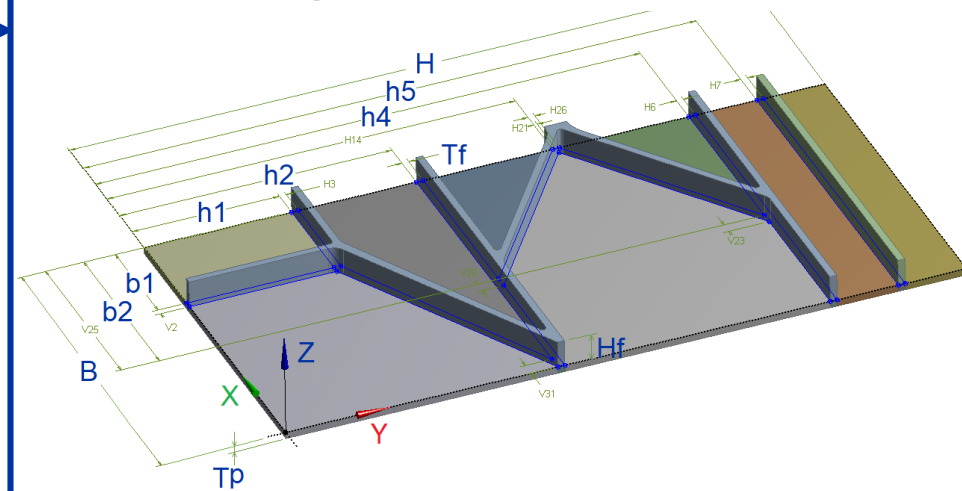
### Industrialisierung

- Fertigungstechnische Überarbeitung
- Parametrisiertes FEA-Modell
- Variation Geometrieparameter

### Ergebnis Topologieoptimierung



### Design - Geometrieparameter





# Entwicklung Abdeckung

## Sensitivitätsstudie

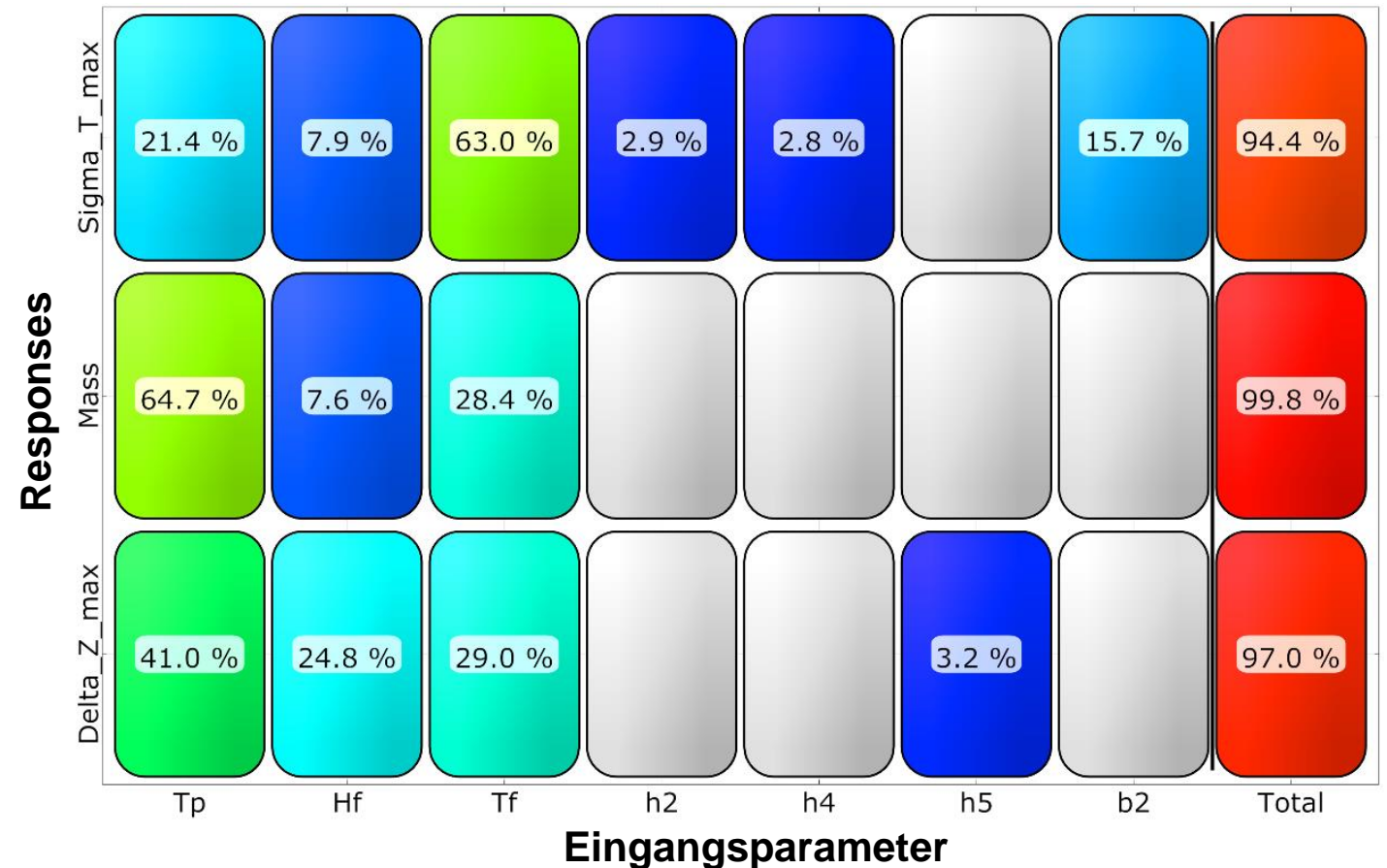
**Zusammenhänge** zwischen  
Eingangsparameter und Responses

**Responses:**  
Verformung, Masse und Spannung

### Ergebnisse

- $T_p$ ,  $T_f$  und  $H_f$  haben grössten Einfluss auf maximale Verformung und Masse
- $T_p$ ,  $T_f$  und  $b_2$  haben grössten Einfluss auf die maximale Biegespannung

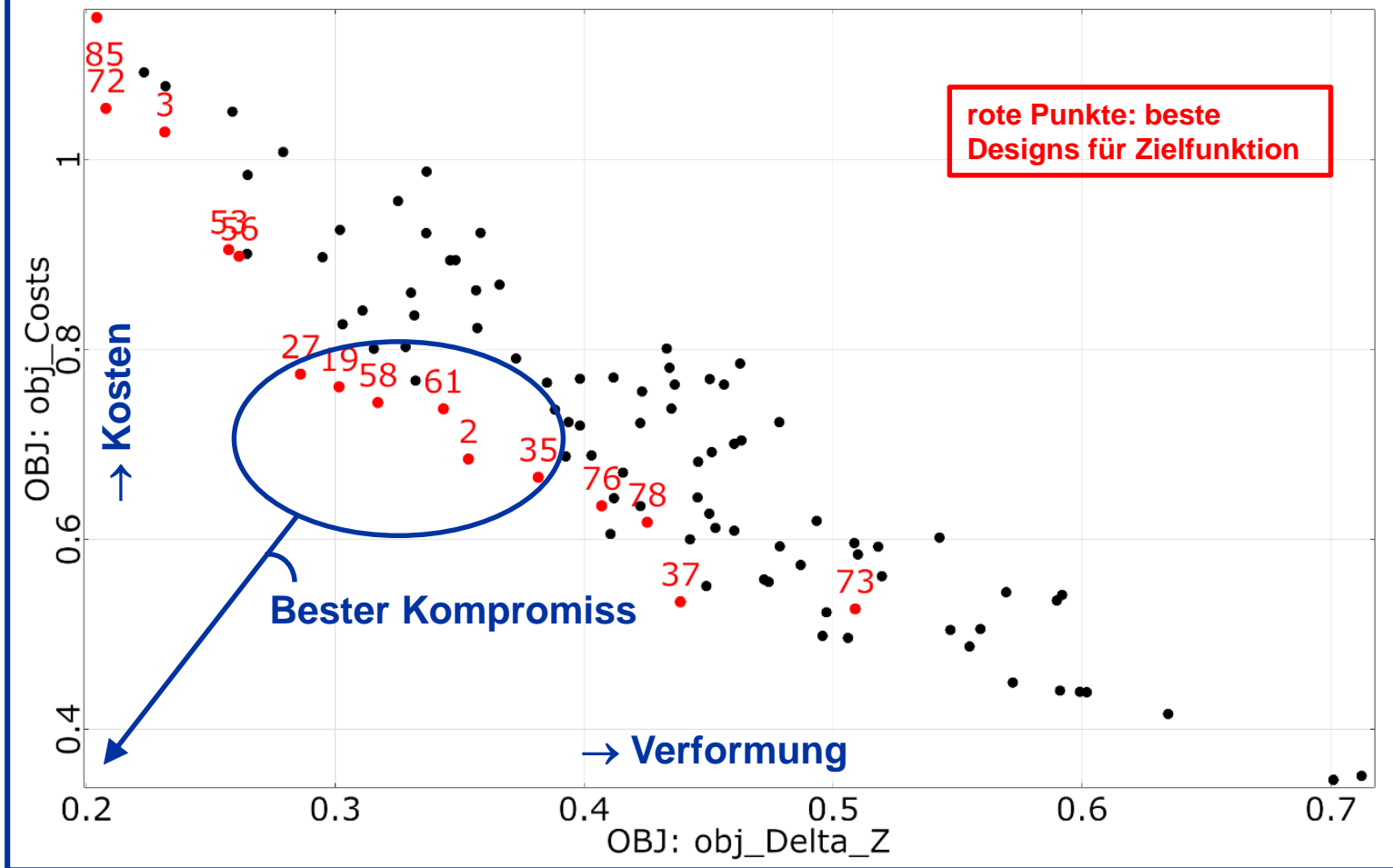
CoP Matrix (CoP = Coefficient of Prognosis)



# Entwicklung Abdeckung

## Parametrische Optimierung

### Mehrzieloptimierung: Verformung VS Kosten



### Erkenntnisse Sensitivitätsstudie

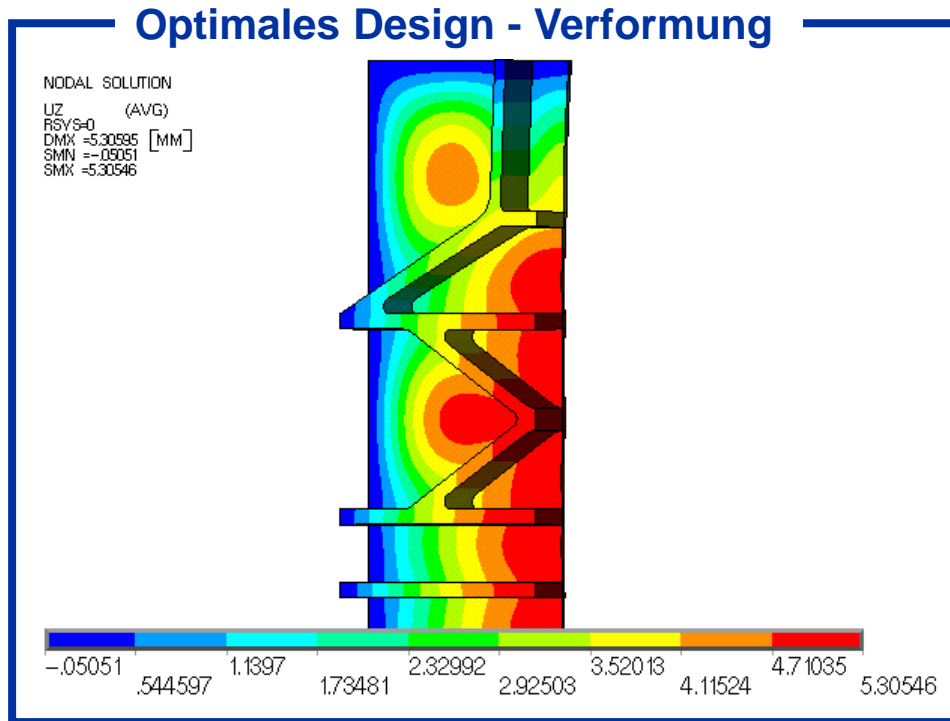
- mehrere optimalen Lösungen
- kleinere Verformung → höhere Kosten

Design-Verschiebung in Richtung  
Ursprung

# Entwicklung Abdeckung

## Parametrische Optimierung

### Optimales Design für Abdeckung 600 x 300 mm



- Maximale Verformung 5.3 mm, Stückpreis CHF 2.60 bei 1.3 kg
- Kosten und Materialverbrauch minimiert
- Minimaler Energieverbrauch (bewegende Teile)

Optimale Performance

Robustheit des Optimums?

# Entwicklung Abdeckung

## Robustheitsanalyse für optimales Design

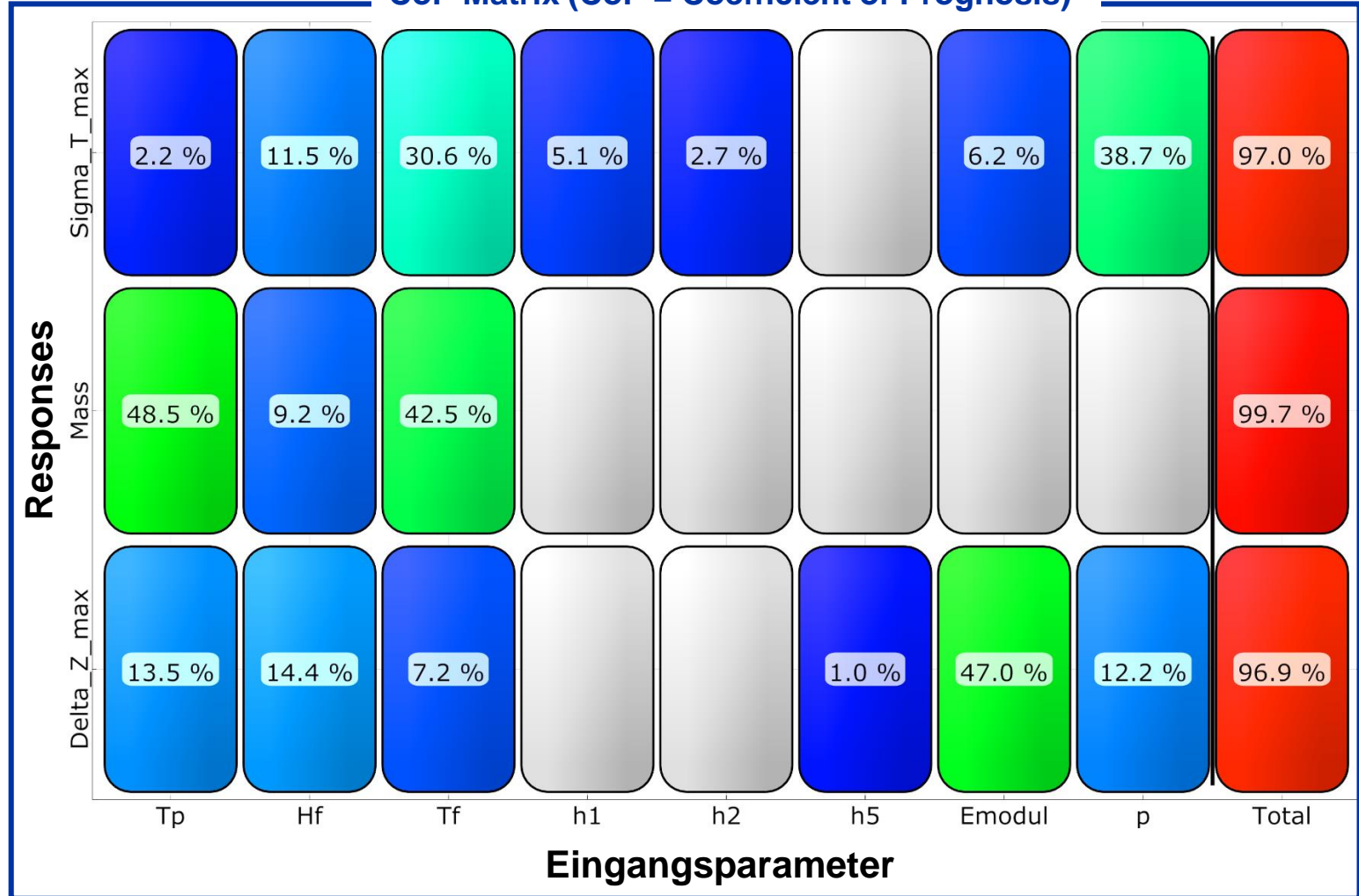
### Eingangsstreuung

9 Geometrieparameter, Druck und E-Modul

### Ergebnisse

- Andere Parameter werden wichtiger im Vergleich zur Sensitivitätsstudie
- Streuung Druck p und E-Modul begrenzen
- QS Fertigung: Tp, Hf und Tf nachmessen

CoP Matrix (CoP = Coefficient of Prognosis)



# Entwicklung Abdeckung

## Robustheitsanalyse für optimales Design

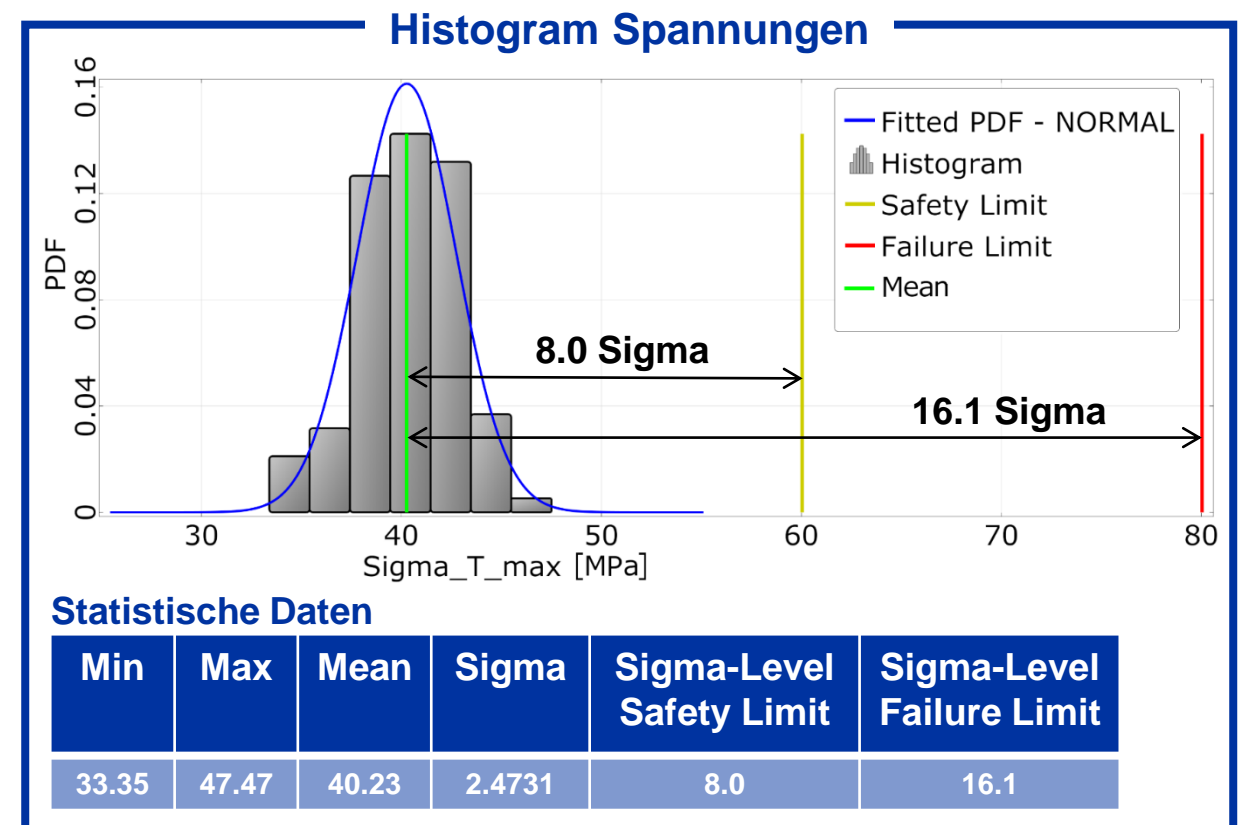
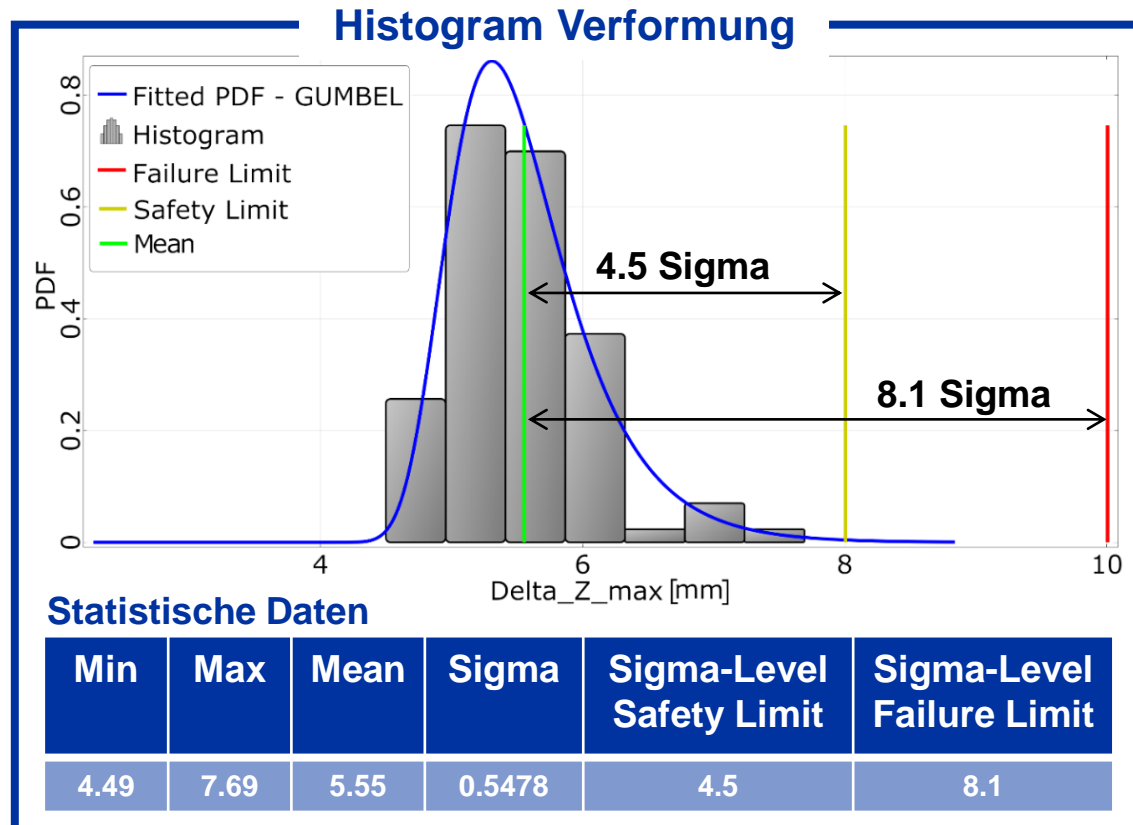
**Robustheitsbewertung:** ermittelt Sigma-Level zwischen **Mean** und **Limit**

Optimale Design ist robust:

- Eingangsstreuung führt nicht zur unzulässigen Streuung der Ergebnisgrößen
- Sicherheitsabstand zum Ausfallkriterium > 6 Sigma

### Mechanische Eigenschaften PVC

- Streckgrenze = 60 MPa
- Zugfestigkeit = 80 MPa



- **Werkstoffeigenschaften** PVC anhand Messdaten **kalibriert**
- **Zusammenhänge** zwischen Inputparameters und Ergebnisgrößen sowie **Zielkonflikt** dargestellt
- **Optimum** hat circa 20% weniger Verformung im Vergleich zum besten Design der Sensitivitätsstudie mit identischen Kosten (bzw. identischer Masse)
- **Optimale Design ist robust:** berücksichtigte Eingangsstreuung führt nicht zur unzulässigen Streuung der Ergebnisgrößen (Verformung und Spannung)
- **Robustheitsbewertung:** Eingangparameter identifiziert, welche für Streuung der Ergebnisgrößen verantwortlich sind
  - **Kosteneinsparungen Fertigung**
  - **Angaben für Einkauf bzw. Produkthandbuch**

# Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!



OPTIMIERUNG & ROBUSTHEIDSANALYSE

**OR Design GmbH**

Postfach 75  
4332 Stein AG  
Schweiz

**Dipl.-Ing. Jeroen van Rij**  
Geschäftsleitung, Design & Simulation

Telefon • +41 62 873 04 52

Mobile • +41 79 935 24 81

E-Mail • [jvanrij@ordesign.ch](mailto:jvanrij@ordesign.ch)

Internet • [www.ordesign.ch](http://www.ordesign.ch)

## Copyright

Alle Rechte vorbehalten. Sämtliche Inhalte sind urheberrechtlich geschützt. Sie dürfen ohne Zustimmung der OR Design GmbH zu kommerziellen Zwecken weder kopiert, verbreitet noch verändert werden.

## Inhalte der Präsentation

Trotz sorgfältiger Bearbeitung kann die OR Design für die Fehlerfreiheit und Genauigkeit der angebotenen Informationen nicht garantieren. Jegliche Haftung für Schäden, die direkt oder indirekt aus der Benutzung der Präsentation entstehen und nicht auf Vorsatz oder grober Fahrlässigkeit von OR Design beruhen, ist ausgeschlossen.