

# MODELLIERUNG UND OPTIMIERUNG VON ZIEHSICKEN MITTELS NEURONALER NETZE.

15. DEUTSCHES LS-DYNA FORUM 2018.



S. Leocata, T. Senner, J.M. Saubiez, A. Brosius

15.10.2018

**BMW  
GROUP**

THE NEXT  
100 YEARS



Rolls-Royce  
Motor Cars Limited

# GLIEDERUNG.

- Einleitung und Motivation.
- Modellierung Ziehsicken in LS-Dyna.
- Erstellung neuronales Netz auf Basis der Simulationsdaten.
- Optimierung Sickengeometrie.
- Zusammenfassung.

# GLIEDERUNG.

- **Einleitung und Motivation.**
- Modellierung Ziehsicken in LS-Dyna.
- Erstellung neuronales Netz auf Basis der Simulationsdaten.
- Optimierung Sickengeometrie.
- Zusammenfassung.

# EINLEITUNG UND MOTIVATION. MATERIALFLUSSSTEUERUNG IN DER BLECHUMFORMUNG.



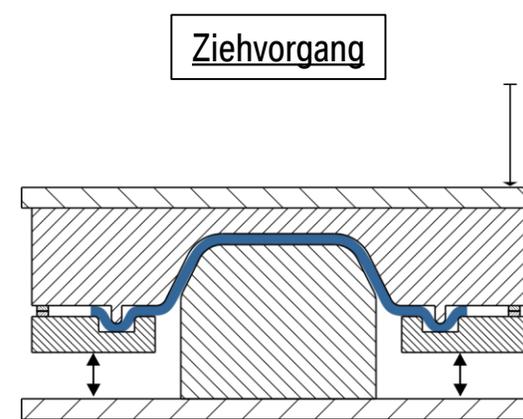
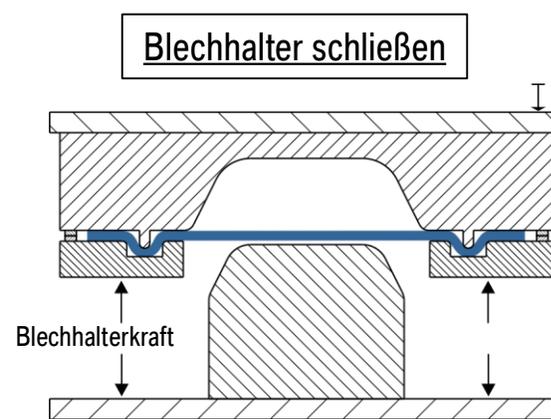
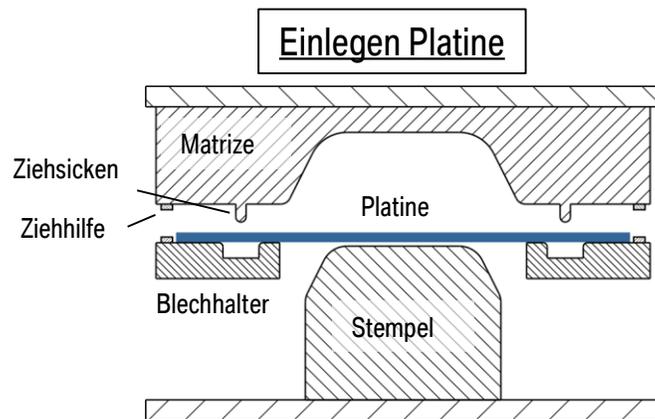
Umformwerkzeug.



Seitenrahmen BMW 5er.

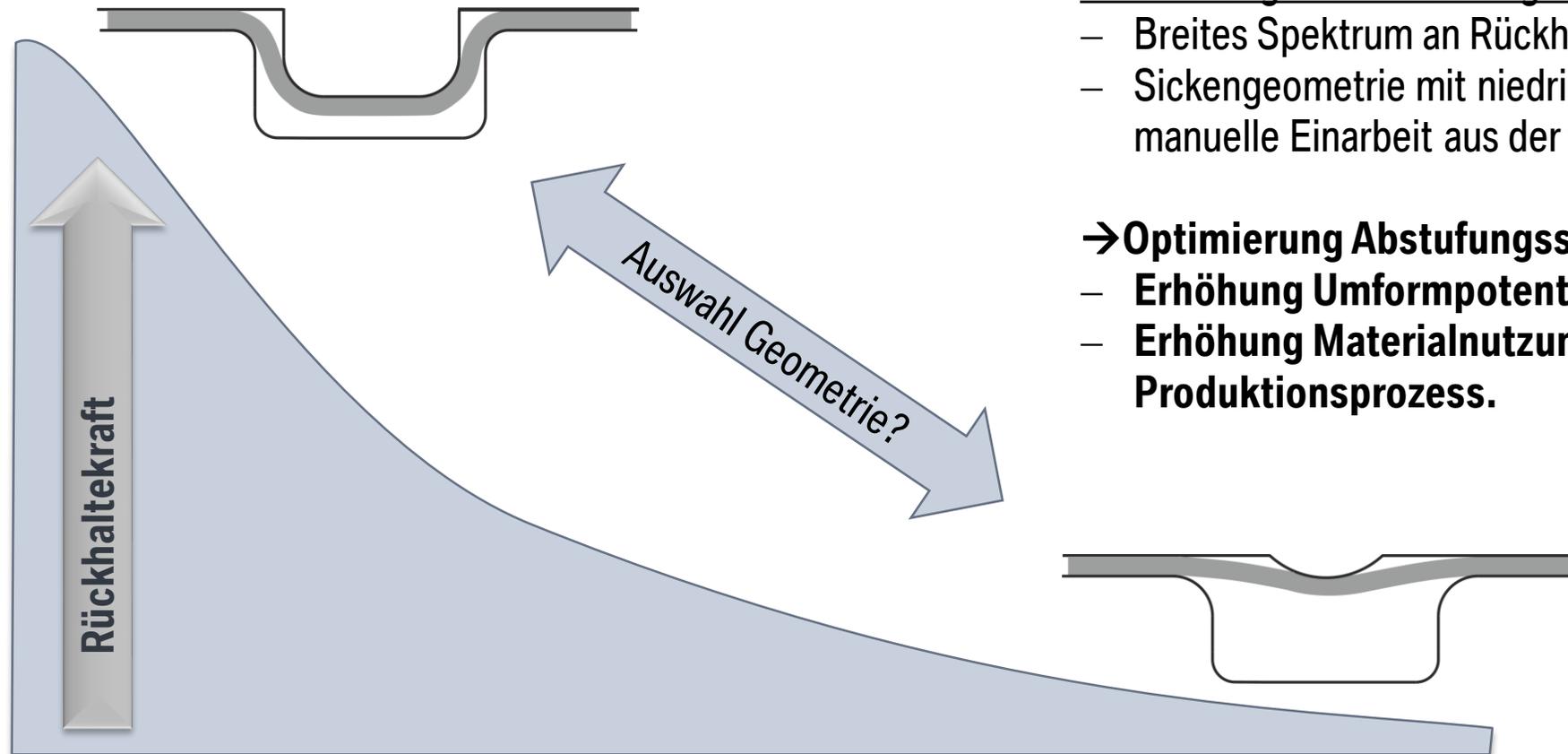
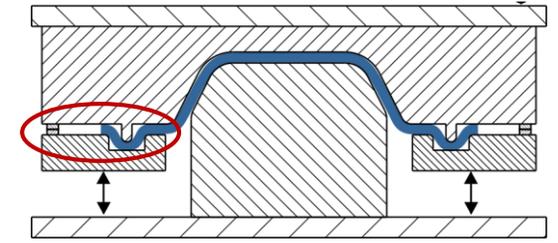
Materialflusssteuerung der Platine für optimale Bauteilqualität mit Hilfe von:

- Ziehsicken.
- Reibung zwischen Platine und Werkzeuge.



Ziehprozess.

# EINLEITUNG UND MOTIVATION. MATERIALFLUSSSTEUERUNG IN DER BLECHUMFORMUNG.



## Anforderungen an Abstufung Sickengeometrie:

- Breites Spektrum an Rückhaltekräfte.
- Sickengeometrie mit niedrigerer Rückhaltekraft durch manuelle Einarbeitung aus der vorherigen Geometrie ableitbar.

## → **Optimierung Abstufungsstrategie Sickengeometrie:**

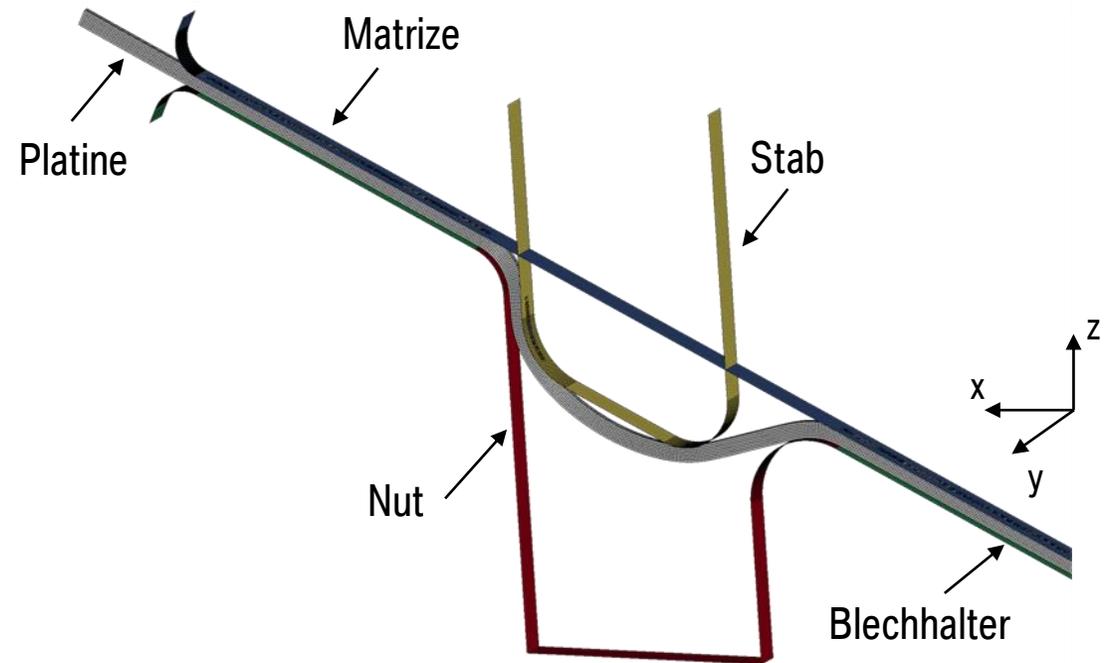
- **Erhöhung Umformpotential im Ziehprozess.**
- **Erhöhung Materialnutzungsgrades im Produktionsprozess.**

# GLIEDERUNG.

- Einleitung und Motivation.
- **Modellierung Ziehsicken in LS-Dyna.**
- Erstellung neuronales Netz auf Basis der Simulationsdaten.
- Optimierung Sickengeometrie.
- Zusammenfassung.

# MODELLIERUNG ZIEHSICKEN IN LS-DYNA. MODELLAUFBAU.

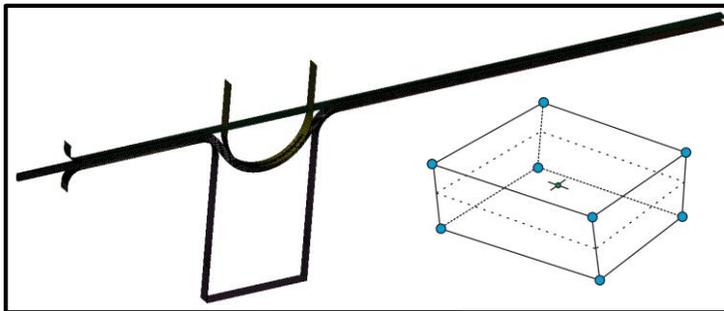
- Parametrisierter Modellaufbau durch Ispp-c.files.
- Werkzeuge mit starren Schalen modelliert.  
\*MAT\_RIGID (020).
- \*MAT\_PIECEWISE\_LINEAR\_PLASTICITY (024) für die Platine.
- Plane-Strain Randbedingung auf Platine in Querrichtung (y).
- Diskretisierung der Werkzeuge sowie virtuellen Stempel- und Ziehgeschwindigkeiten nach [1].



# MODELLIERUNG ZIEHSICKEN IN LS-DYNA. KONVERGENZSTUDIE.

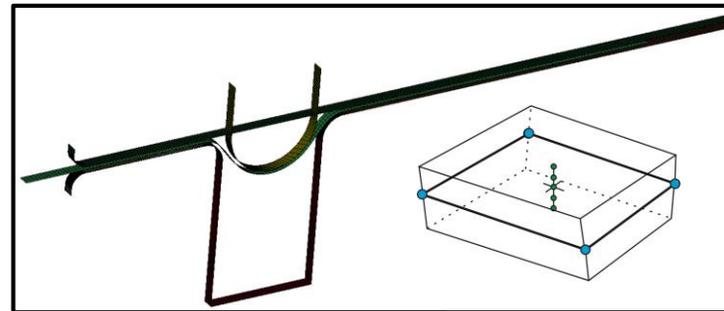
## \*SECTION SOLID ELFORM 1

- unterintegriertes Hexaeder Volumenelement.
- Default in LS-Dyna.



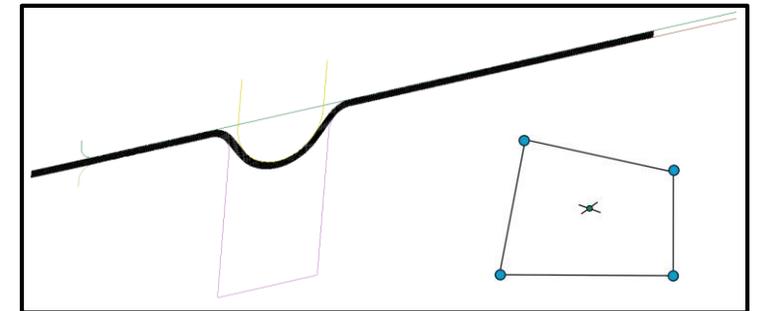
## \*SECTION SHELL ELFORM 2

- Belytschko-Lin-Tsay Schale.
- Basiert auf die Reissner-Mindlin Annahme.
  - Querschnitte bleiben eben.
  - Spannungskomponente in Dickenrichtung gleich 0.
- Unterintegrierte Formulierung.
- Aspect Ratio: 0.5 [2].



## \*SECTION SHELL ELFORM 13

- Plane strain Schale.
  - ebener Dehnungszustand.
- 2-dimensionales Element.
- 1 Integrationspunkt pro Element.



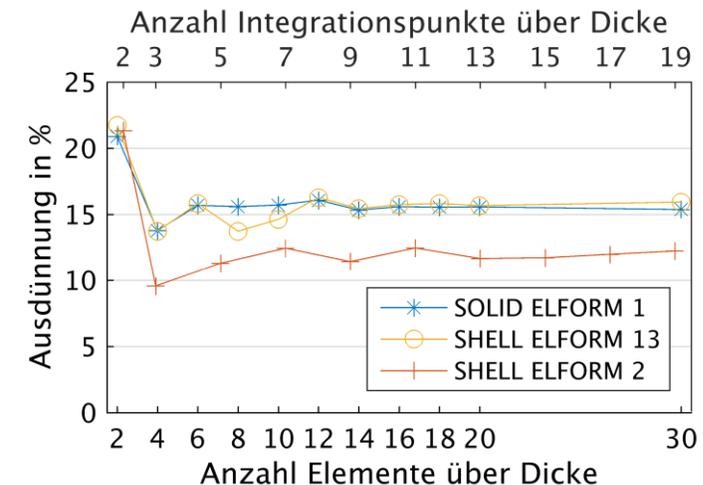
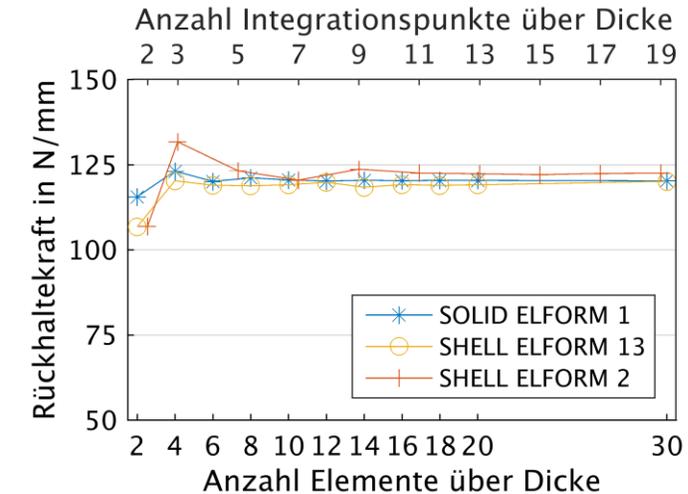
# MODELLIERUNG ZIEHSICKEN IN LS-DYNA. KONVERGENZSTUDIE.

- Variation der Anzahl an Elemente bzw. Integrationspunkte über Blechdicke.
- Gute Übereinstimmung der Rückhaltekraft zwischen den verschiedenen Elementtypen.
- Ausdünnung der Schalen abweichend von den Volumenelemente.

Konvergenz	Rückhaltekraft *	Ausdünnung *
SOLID ELFORM 1	6	6
SHELL ELFORM 13	6	14
SHELL ELFORM 2	7	7

\* Anzahl Elemente bzw. Integrationspunkte über Dicke bei denen Konvergenz erreicht ist.

→ Wegen um Faktor 12 geringere Rechenzeit sowie Fokus auf Rückhaltekraft werden 3D-Schalen (SHELL\_ELFORM\_2) gewählt.

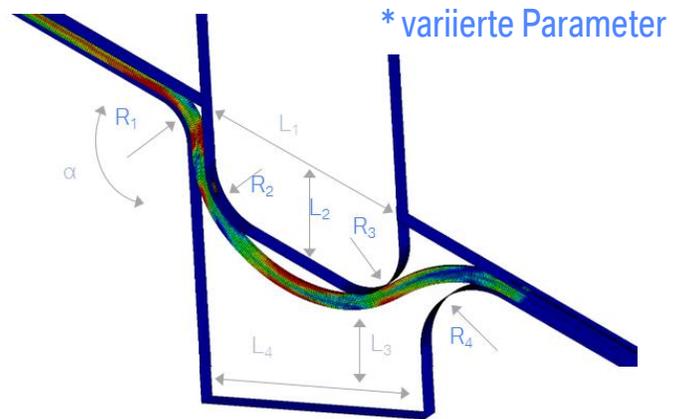


# GLIEDERUNG.

- Einleitung und Motivation.
- Modellierung Ziehsicken in LS-Dyna.
- **Erstellung neuronales Netz auf Basis der Simulationsdaten.**
- Optimierung Sickengeometrie.
- Zusammenfassung.

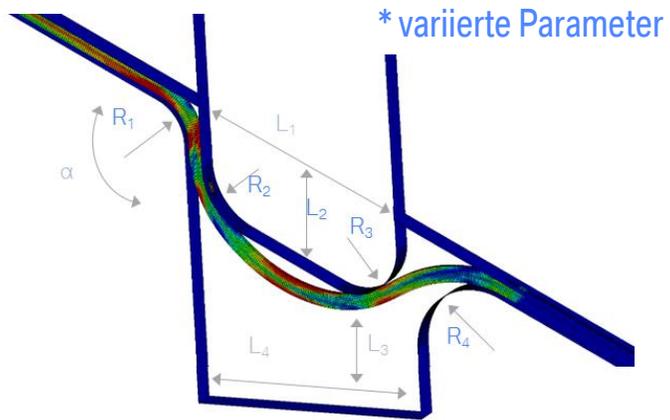
# ERSTELLUNG NEURONALES NETZ AUF BASIS DER SIMULATIONS DATEN.

## Parametrisches Sickenmodell.

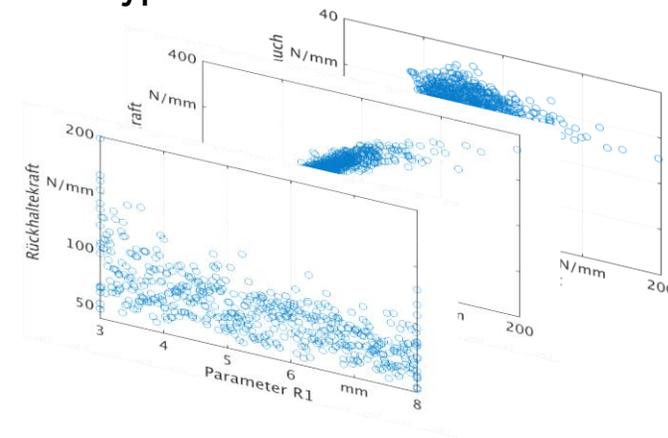


# ERSTELLUNG NEURONALES NETZ AUF BASIS DER SIMULATIONS DATEN.

Parametrisches Sickenmodell.

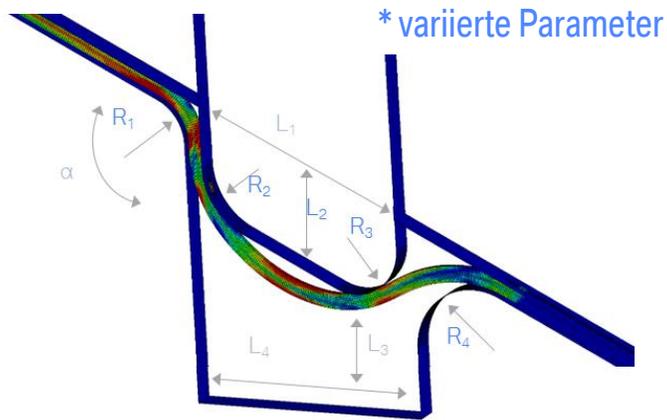


Statistische Versuchsplanung  
(Latin Hypercube mit 500 Simulationen [3]).

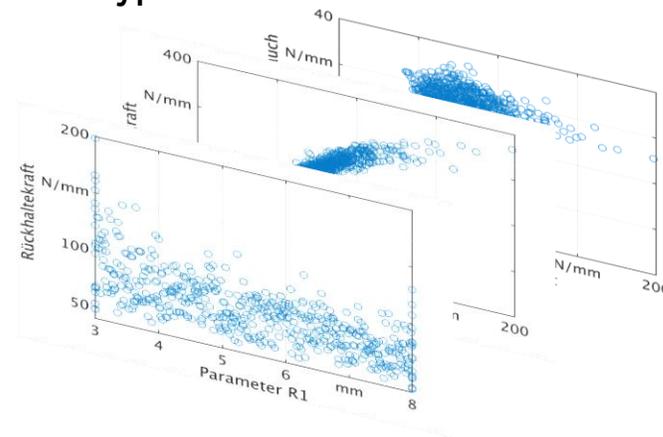


# ERSTELLUNG NEURONALES NETZ AUF BASIS DER SIMULATIONS DATEN.

## Parametrisches Sickenmodell.



## Statistische Versuchsplanung (Latin Hypercube mit 500 Simulationen [3]).



## Erstellung Metamodell in Matlab®.

### Einflussstudie:

#### – Netzwerk **Architektur:**

Typ an neuronales Netz

Anzahl hidden layers/neurons

#### – Auswahl der **Trainingsdaten:**

Pre/Post-Processing

Größe des Datensatzes

#### – **Training** des Netzwerk:

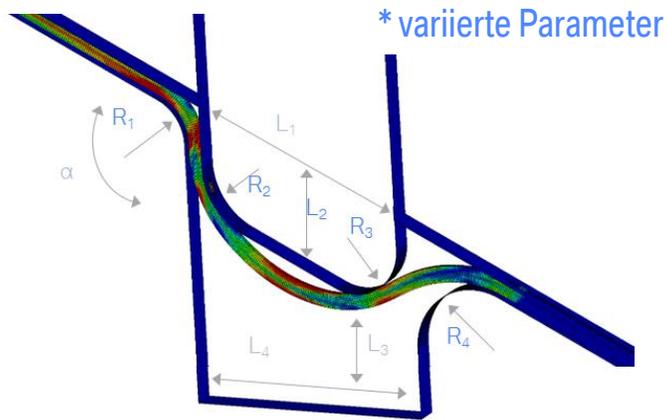
Training ratio

Training algorithmus

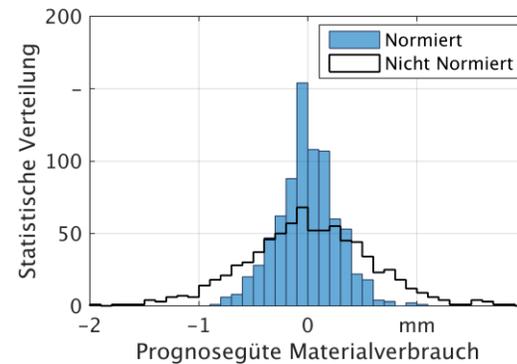
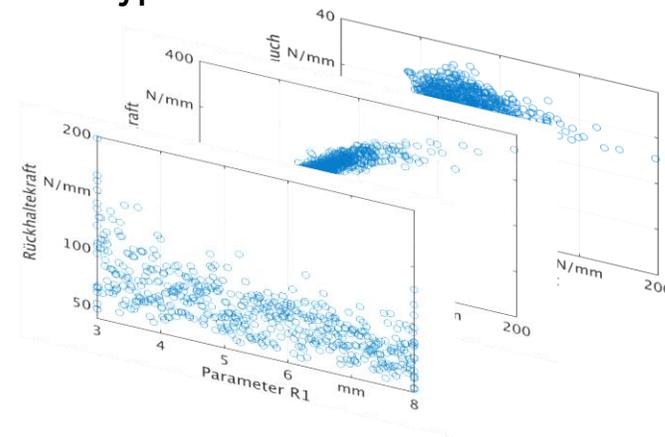
→ Überprüfung Prognosegüte  
anhand der Simulationen.

# ERSTELLUNG NEURONALES NETZ AUF BASIS DER SIMULATIONS DATEN.

## Parametrisches Sickenmodell.



## Statistische Versuchsplanung (Latin Hypercube mit 500 Simulationen [3]).



Bsp: Normierung Ein- und Ausgangsgrößen

## Erstellung Metamodell in Matlab®.

### Einflussstudie:

– Netzwerk **Architektur:**

Typ an neuronales Netz

Anzahl hidden layers/neurons

– Auswahl der **Trainingsdaten:**

Pre/Post-Processing

Größe des Datensatzes

– **Training** des Netzwerk:

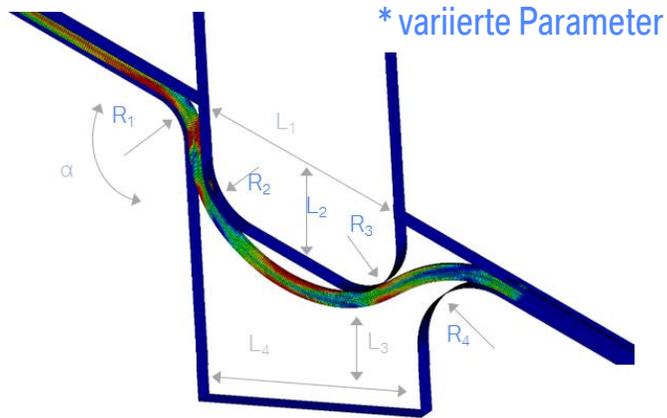
Training ratio

Training algorithmus

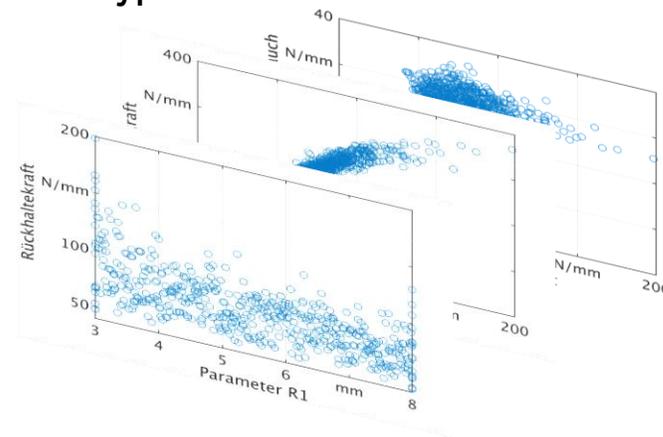
→ Überprüfung Prognosegüte anhand der Simulationen.

# ERSTELLUNG NEURONALES NETZ AUF BASIS DER SIMULATIONS DATEN.

Parametrisches Sickenmodell.



Statistische Versuchsplanung  
(Latin Hypercube mit 500 Simulationen [3]).



Erstellung Metamodell in Matlab®.

Einflussstudie:

– Netzwerk **Architektur:**

Typ an neuronales Netz

Anzahl hidden layers/neurons

– Auswahl der **Trainingsdaten:**

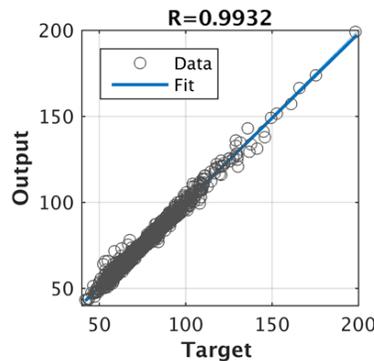
Pre/Post-Processing

Größe des Datensatzes

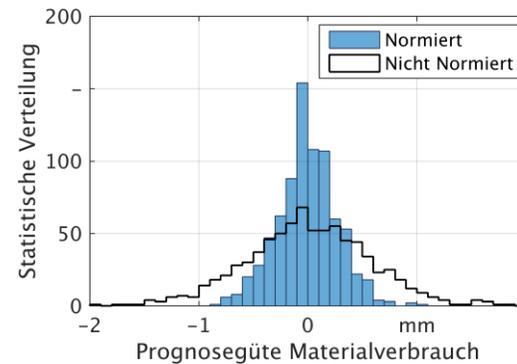
– **Training** des Netzwerk:

Training ratio

Training algorithmus



→ Ziehsicke mit hoher Genauigkeit abgebildet.



Bsp: Normierung Ein- und Ausgangsgrößen

→ Überprüfung Prognosegüte anhand der Simulationen.

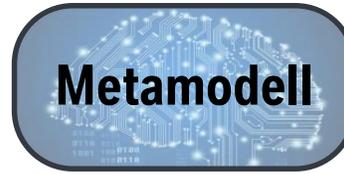
# GLIEDERUNG.

- Einleitung und Motivation.
- Modellierung Ziehsicken in LS-Dyna.
- Erstellung neuronales Netz auf Basis der Simulationsdaten.
- **Optimierung Sickengeometrie.**
- Zusammenfassung.

# OPTIMIERUNG SICKENGEOMETRIE. ANWENDUNG METAMODELL.

## Eingangsgrößen:

- 5 variierte geometrische Parameter der Sicke.



## Ausgangsgrößen:

- Rückhaltekraft.
- Ausdünnung nach Sicke.
- Materialverbrauch in Sicke.
- Biegeradien in Sicke.



**Stationärer Zustand: Ziehen.**

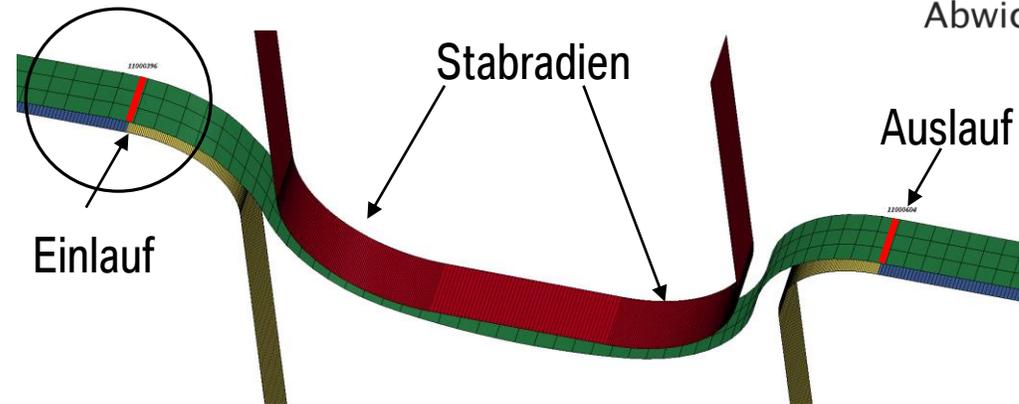
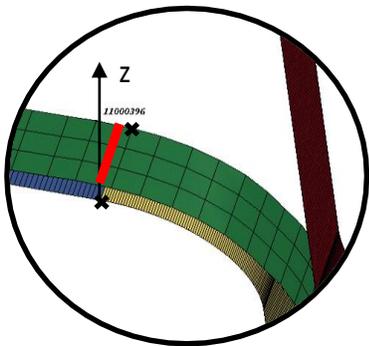
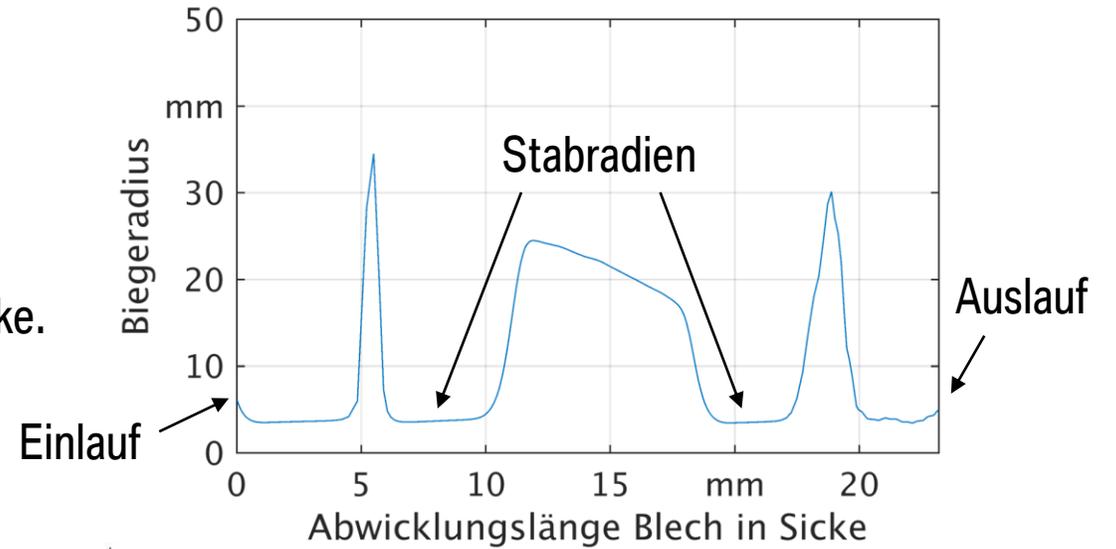
# OPTIMIERUNG SICKENGEOMETRIE. KRITERIEN.

## Ziel:

- Erhöhung Umformpotential im Ziehprozess.

## Optimierungskriterium 1:

- Maximierung des kleinsten Biegeradius des Blechs in der Ziehsicke.
- Berechnung durch 3-Punkt Radius anhand jeweils 3 Knoten.



**Stationärer Zustand: Ziehen.**

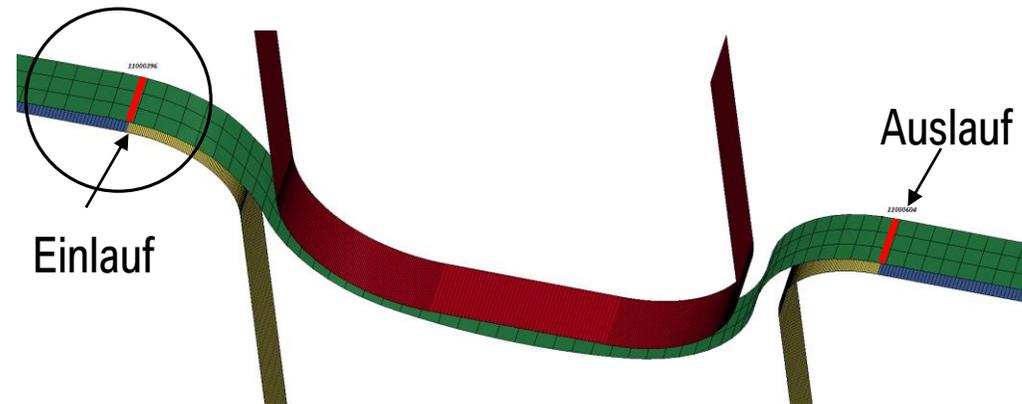
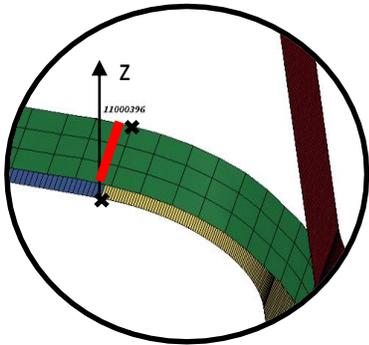
# OPTIMIERUNG SICKENGEOMETRIE. KRITERIEN.

## Ziel:

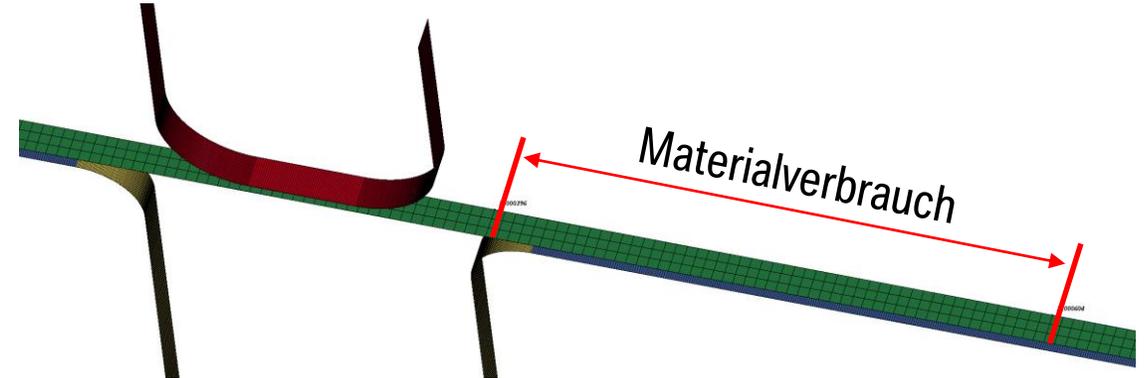
- Erhöhung Materialnutzgrades im Produktionsprozess.

## Optimierungskriterium 2:

- Minimierung des Materialverbrauchs in der Sicke.
- Berechnung der Länge des ungedehnten Material in Sicke.



**Stationärer Zustand: Ziehen.**



# OPTIMIERUNG SICKENGEOMETRIE. MEHRDIMENSIONALE OPTIMIERUNG RÜCKHALTEKRAFTSPEKTRUM.

**Anforderung** aus:

- Engineering
- Werkzeuganfertigung
- Presswerk



**Optimierungskriterien:**



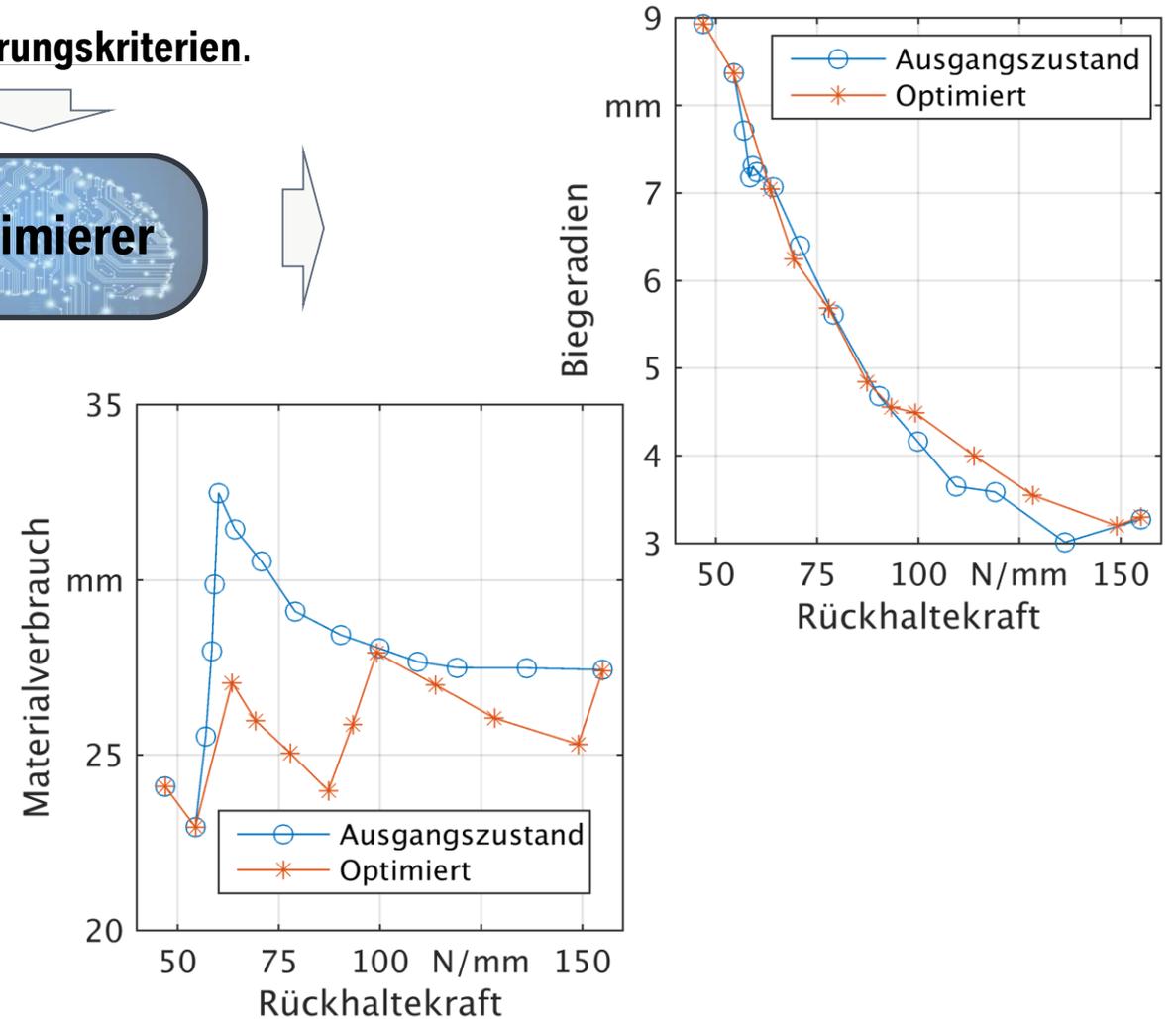
# OPTIMIERUNG SICKENGEOMETRIE. MEHRDIMENSIONALE OPTIMIERUNG RÜCKHALTEKRAFTSPEKTRUM.

**Anforderung aus:**

- Engineering
- Werkzeuganfertigung
- Presswerk



**Optimierungskriterien.**



# OPTIMIERUNG SICKENGEOMETRIE. MEHRDIMENSIONALE OPTIMIERUNG RÜCKHALTEKRAFTSPEKTRUM.

Anforderung aus:

- Engineering
- Werkzeuganfertigung
- Presswerk

Optimierungskriterien.

Optimierer

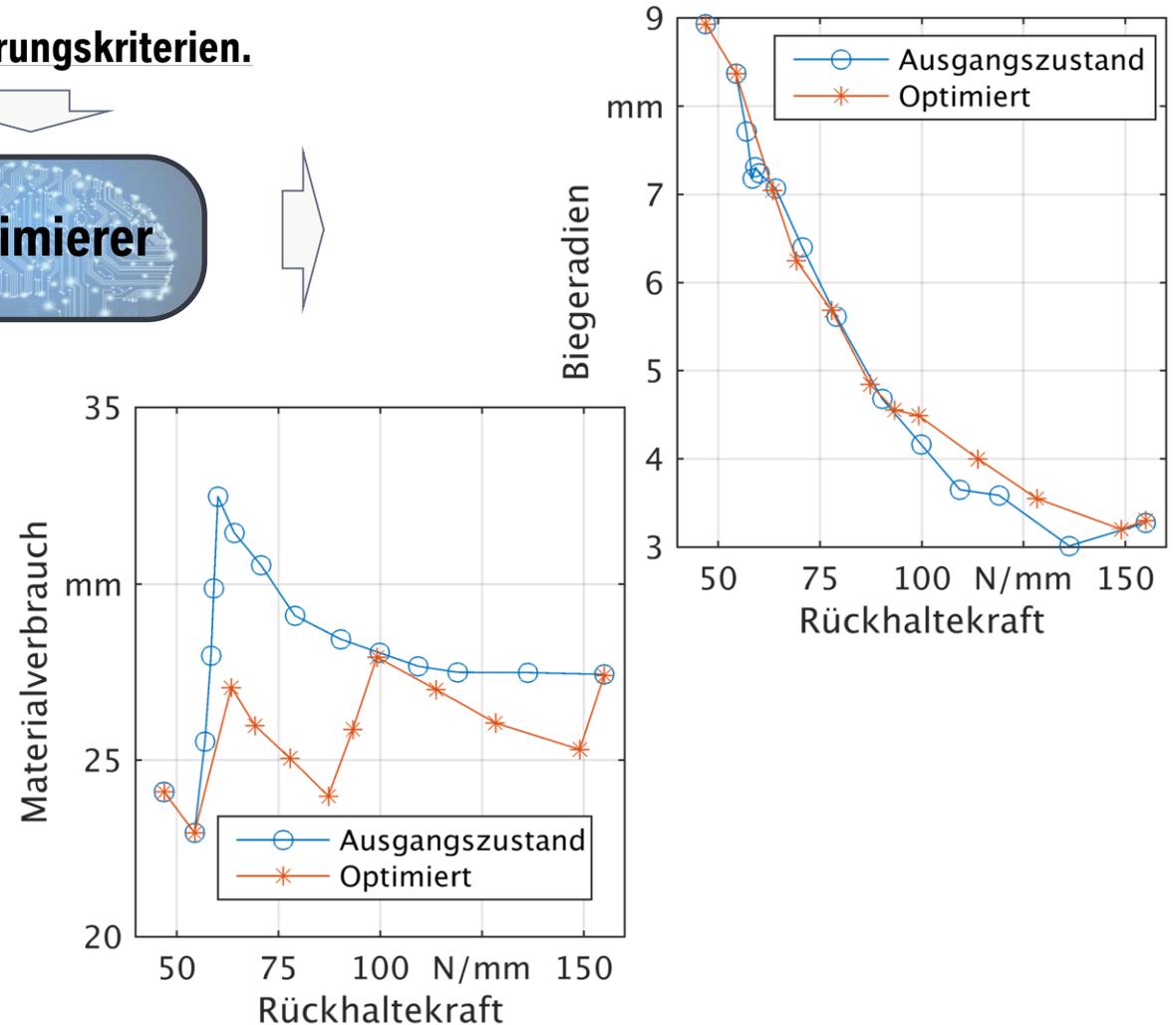
<b>Biegeradien</b>	+10% *	+25% ***
<b>Materialverbrauch</b>	- 8 % **	-44 % ***

\* Im Bereich zwischen 100-150 N/mm

\*\* Mittelwert über Rückhaltekraftspektrum.

\*\*\* Max. erreichbarer Wert bei 1D-Optimierung und einzelner Rückhaltekraft.

- **Erhöhung Umformpotential.**
- **Erhöhung Materialnutzungsgrades im Produktionsprozess.**

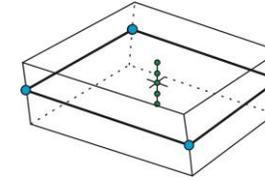


# GLIEDERUNG.

- Einleitung und Motivation.
- Modellierung Ziehsicken in LS-Dyna.
- Erstellung neuronales Netz auf Basis der Simulationsdaten.
- Optimierung Sickengeometrie.
- **Zusammenfassung.**

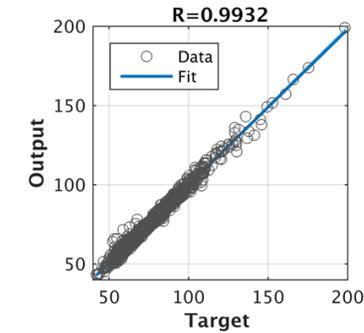
# ZUSAMMENFASSUNG.

– Rückhalte­kraft einer Zieh­sicke aus­reichend genau durch 3D-Schalen vorher­sa­gbar.



\*SECTION\_SHELL\_ELFORM 2

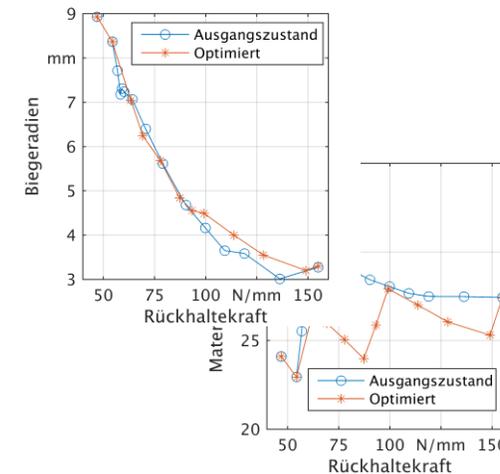
– Hohe Prognose­güte künstliches neuronales Netz bei Abbildung einer Zieh­sicke.



– Mehrdimensionale Optimierung Abstufungs­strategie Zieh­sicke:

→ Erhöhung Umform­potential durch Ver­größerung minimaler Biege­radien.

→ Erhöhung Material­nutzungs­grades im Pro­duk­tions­prozess durch Mini­mierung Material­ver­brauch in der Sicke.



**VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT.**



**BMW  
GROUP**

THE NEXT  
100 YEARS 



Rolls-Royce  
Motor Cars Limited