simcon

SUPPLYING SOLUTIONS

© simcon kunststofftechnische Software GmbH

Korrekturschleifen durch präzise Vorhaltung minimieren – Schwindungs- und verzugsoptimierte Materialdaten basierend auf systematischen Spritzversuchen

Christoph Bontenackels

Schladming, 01. März 2018

Simcon kunststofftechnische Software GmbH, Würselen
www.simcon-worldwide.com

© simcon kunststofftechnische Software GmbH

Simcon Worldwide GmbH

Simcon kunststofftechnische Software GmbH

Schumanstraße 18a

52146 Würselen
(bei Aachen)

Gründung: 1988

Mitarbeiter: 43

© simcon kunststofftechnische Software GmbH

Simcon Geschäftsbereiche

- **Entwicklung und Vertrieb der Software Cadmould® 3D-F & Varimos®**
  mit mehr als 6.000 Lizenzen weltweit

- **Berater & Engineering-Dienstleister**
  mit mehr als 400 Mann-Jahren Erfahrung und ca. 12.000 bearbeiteten Projekten.

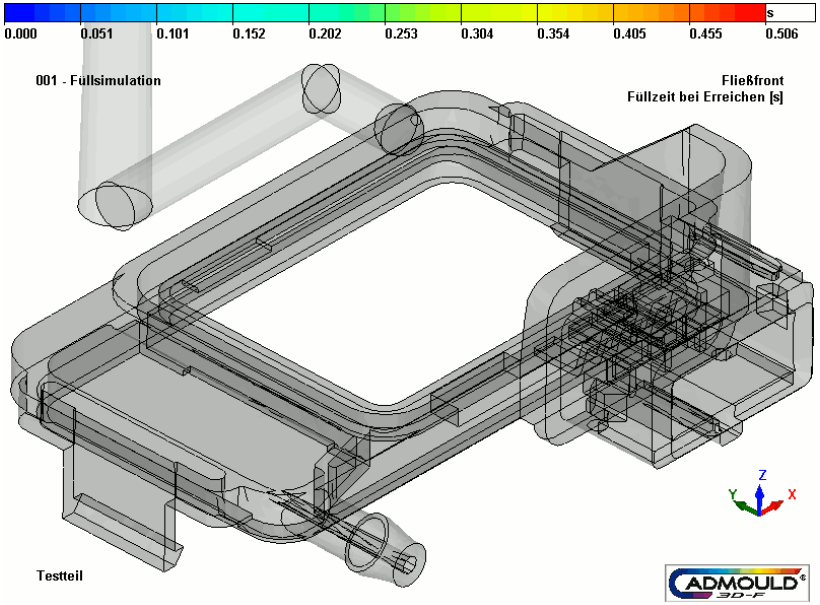
- **Internationale, nationale und bilaterale F&E-Aktivitäten**, z.B.:
  - Simulation naturfasergefüllter Bauteile (NFC-Simulation, Ford)
  - Materialdatenoptimierung (MatOpt, IKV Aachen)

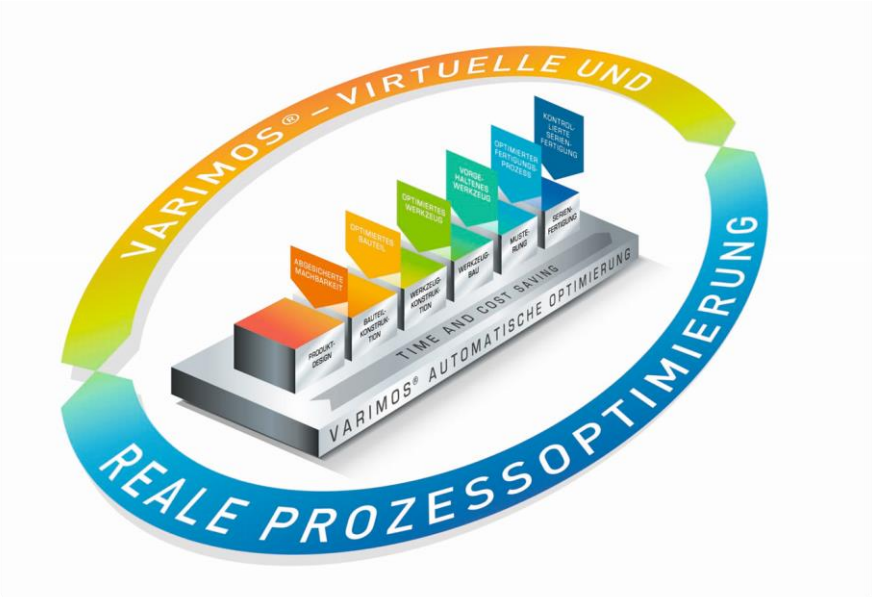
© simcon kunststofftechnische Software GmbH

Spritzgießsimulation und Optimierung von Spritzgießwerkzeugen und -prozessen

CADMOULD® 3D-F SIMULATION

VARIMOS® OPTIMISATION





© simcon kunststofftechnische Software GmbH

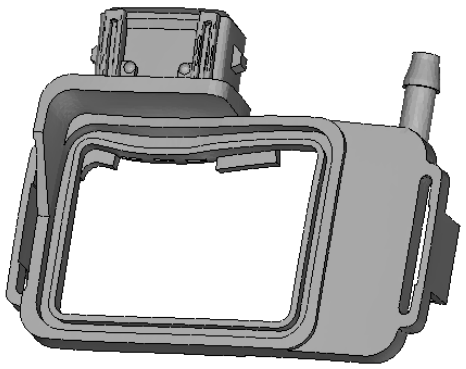
Varimos®-Technikum und Materialdatenermittlung

- Eigenes Technikum zur Validierung der Software-Entwicklung
- Durchführung von projektbezogenen Spritzgießversuchen

- Messung von Materialdaten
  - Stufe 1: Viskositätsmessung im Haus
  - Stufe 2: Vollständige Vermessung mit nationalen und internationalen Partnern
  - Stufe 3: Schwindungswerkzeug für chargenbezogene Materialdaten
    Bestes Preis/Qualitäts-Verhältnis

© simcon kunststofftechnische Software GmbH

Simulation der Werkzeugvorhaltung Cadmould® 3D-F Unwarp

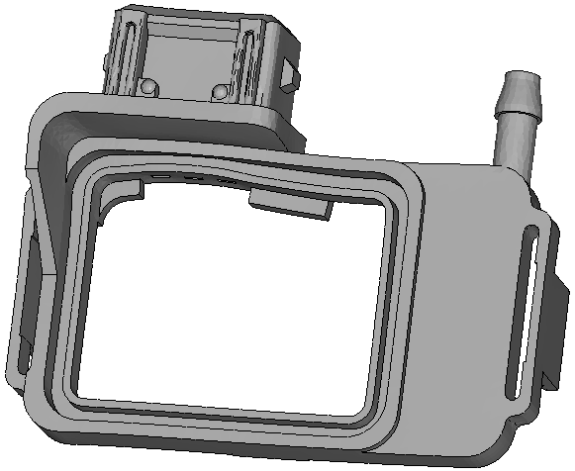


Schwindungs- und Verzugsergebnis

Kompensation von:

- Schwindung
- Verzug
- Schwindung + Verzug

CADMOULD® 3D-F SIMULATION



Vorhaltung der Kavität

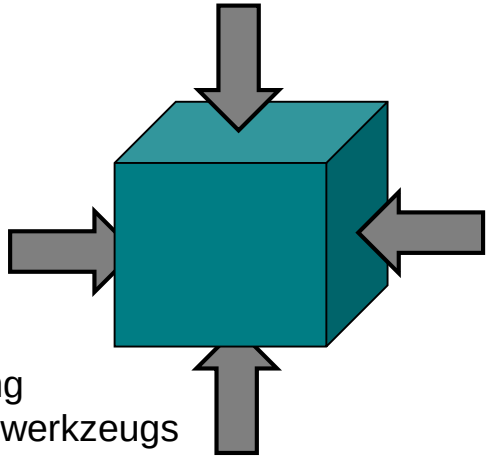
- Die Berechnung der Werkzeugvorhaltung basiert auf den Ergebnissen der Schwindungs- und Verzugssimulation.
- Die korrekte Vorhersage von Schwindung und Verzug ist daher das zentrale Ziel der Simulation.

© simcon kunststofftechnische Software GmbH

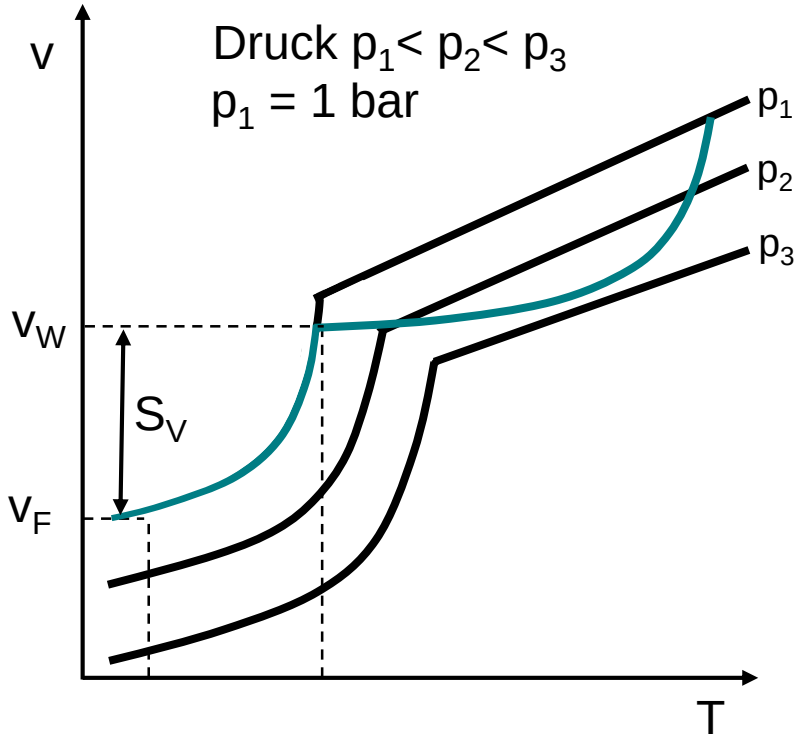
Grundlagen von Schwindung und Verzug beim Spritzgießen

Schwindung:

$$S_V = \frac{V_W - V_F}{V_W}$$



S_V = Volumenschwindung
V_W = Volumen des Formwerkzeugs
V_F = Volumen des Formteils

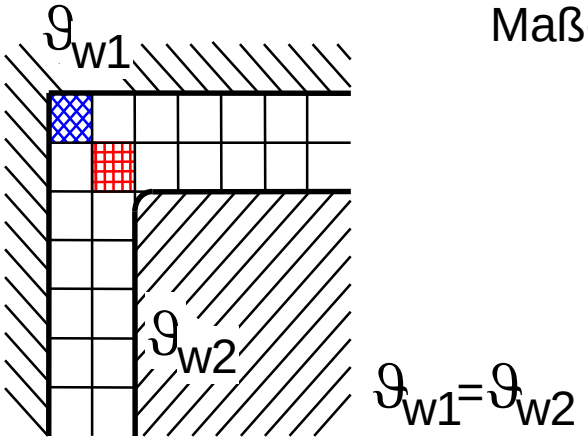


- Die Schwindung beim Spritzgießen entsteht durch thermisch bedingte Volumenkontraktion des Kunststoff beim Abkühlen.
- Verzug wird beim Spritzgießen durch lokal unterschiedliche Schwindungspotenziale verursacht.

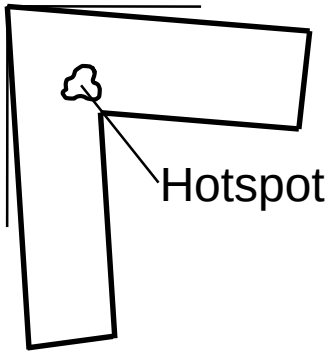
© simcon kunststofftechnische Software GmbH

Ursachen von Verzug beim Spritzgießen
Ungleichmäßige Temperaturverteilung

Sollform:



Maß- bzw. Gestaltabweichung



Ursache:

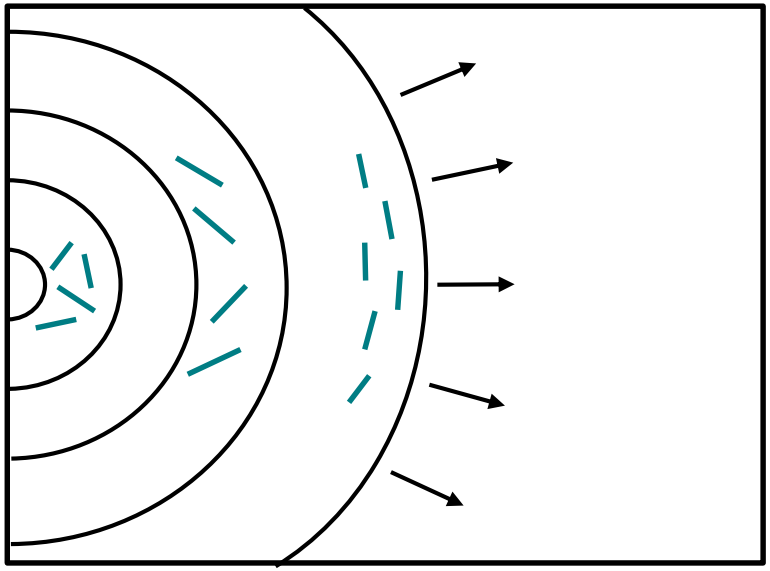
- einseitiger Werkzeugkontakt „normale“ Abkühlung
- zweiseitiger Werkzeugkontakt „erhöhte“ Abkühlung
- kein Werkzeugkontakt „verminderte“ Abkühlung

Weitere Ursachen:

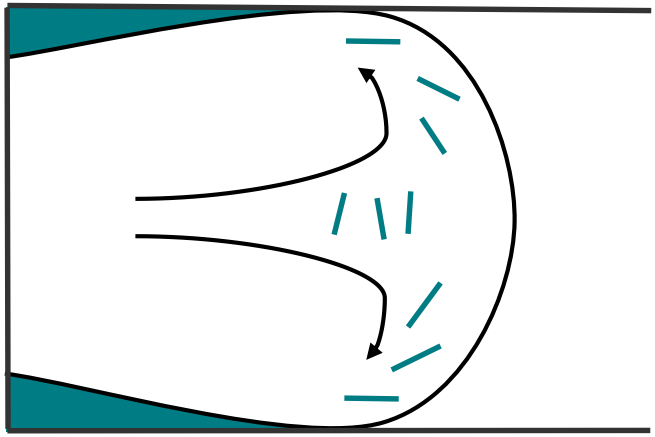
- Ungleichmäßige Werkzeugtemperaturen
- Ungleichmäßige Wanddicken

© simcon kunststofftechnische Software GmbH

Ursachen von Verzug beim Spritzgießen Faserorientierungen



Dehnströmung



Scherströmung

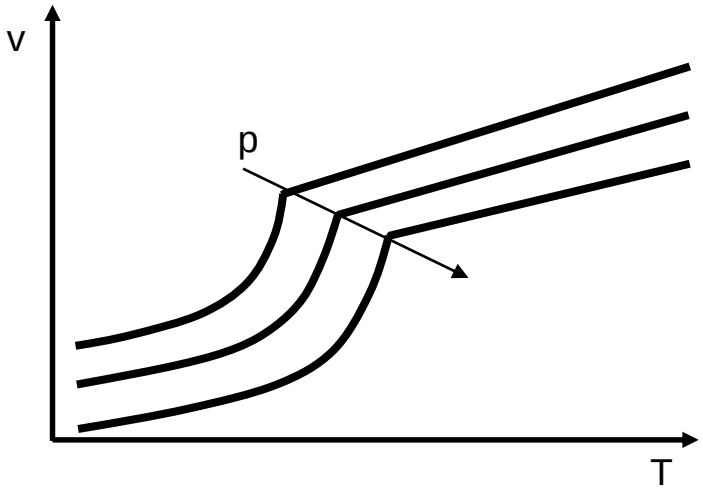
- Verstärkungsfasern werden durch Dehn- und Scherströmungen ausgerichtet.
- Hieraus resultieren richtungsabhängige Materialeigenschaften parallel und senkrecht zur Faserausrichtung.
- Die Faserorientierung verursacht daher richtungsabhängig unterschiedliche Schwindungspotenziale.

© simcon kunststofftechnische Software GmbH

Notwendigkeit der Materialdaten-optimierung bei der Spritzgießsimulation

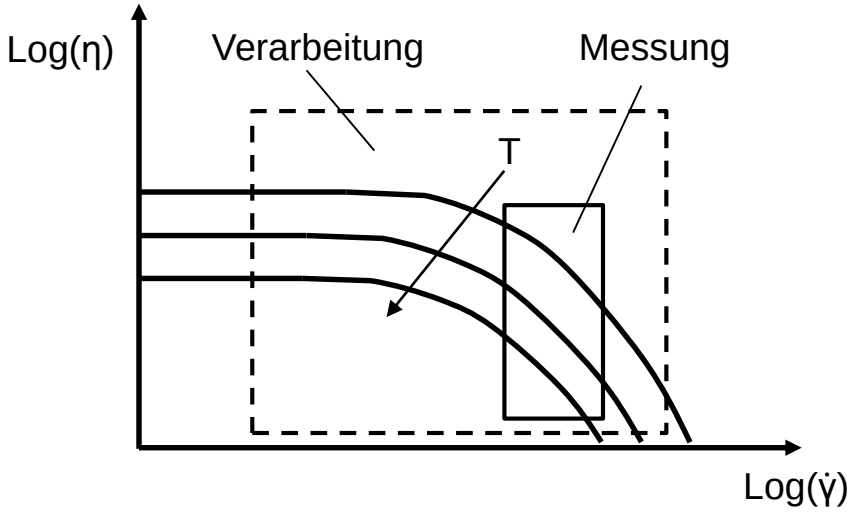
Frage: Warum ist auch bei einer Materialdatenvermessung eine Optimierung der Materialparameter notwendig?

pvT-Messung



- Messung bei konstanter Abkühlrate
- Abkühlrate im Formteil lokal unterschiedlich
- Abkühlraten beim Spritzgießen deutlich höher als in der Messung

Viskositätsmessung



- Viskositätsdaten werden nur in einem relativ kleinen Bereich der Verarbeitungsbedingungen vermessen
- Weitere Daten basieren auf Extrapolation

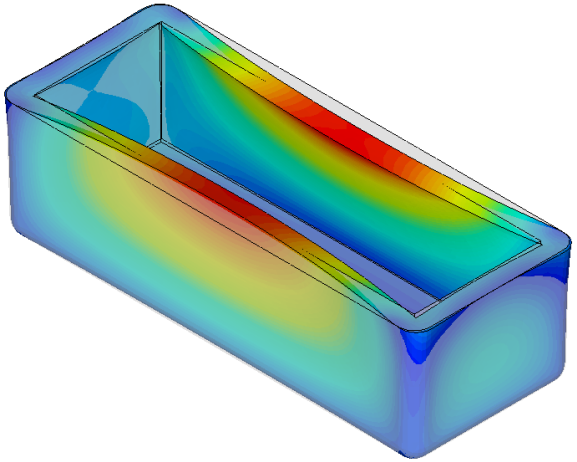
© simcon kunststofftechnische Software GmbH

Methodik der Materialdatenoptimierung Allgemeines

Ziel: Optimierung von Materialdaten für die exakte Vorhersage von Schwindung und Verzug beim Spritzgießen

Vorgehen:

- Aufbau eines Standard-Materialdatensatzes basierend auf üblichen Messverfahren
- Durchführung von Spritzgießversuchen mithilfe eines Testwerkzeugs
- Vermessung der Testbauteile
- Nachsimulation der Spritzgießversuche bei Variation definierter Materialkoeffizienten
- Optimierung der Materialkoeffizienten für exakte Vorhersage von Schwindung und Verzug
- Validierung der Optimierung

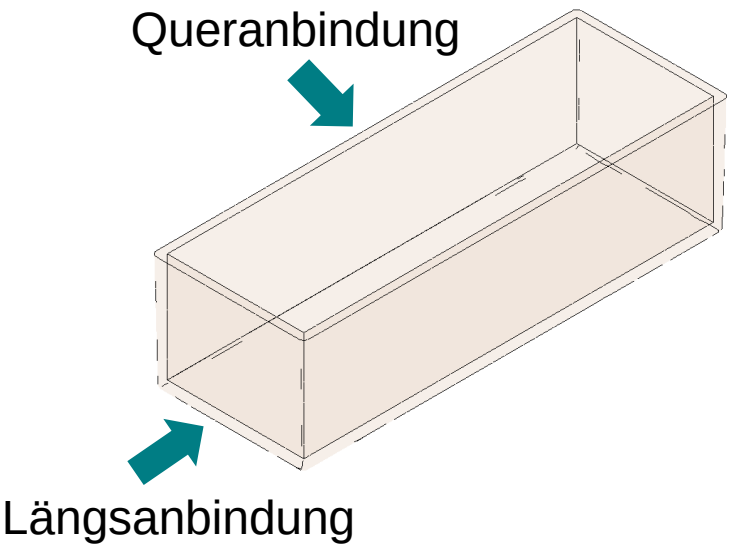


© simcon kunststofftechnische Software GmbH

Methodik der Materialdatenoptimierung
Versuchsaufbau für Spritzgießversuche

Testwerkzeug:

- Zwei verschiedene Anbindungslagen
- Sechs verschiedene Wanddicken
- Temperierung bis 180 ºC
- Messung der Werkzeuginnendrücke
- Messung der Kavitätstemperaturen



Bauteilvermessung:

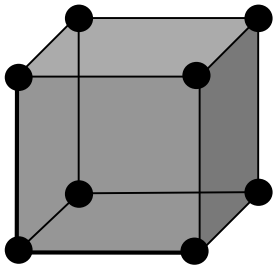
- Bauteilvermessung mittels optischen 3D-Scanner
- Vermessung von fünf Bauteilen je Versuchseinstellung
- Bewertung der Simulationsgüte anhand von definierten Messstellen

Quelle: support.hp.com

© simcon kunststofftechnische Software GmbH

Methodik der Materialdatenoptimierung
Fertigung der Versuchsbauteile

Für jedes Material wird eine DOE mit verschiedenen Prozessparametern gefahren:



Prozess
DOE

Bemusterung

Versuchsbauteile

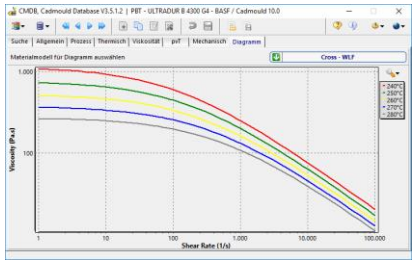
Variationsparameter der Prozess-DOE:

- Anbindungslage (Längsanbindung und Queranbindung)
- Wanddicke
- Einspritzgeschwindigkeit
- Vorlauftemperaturen
- …

© simcon kunststofftechnische Software GmbH

Methodik der Materialdatenoptimierung
Optimierung der Materialdaten

Fertigung der Versuchsbauteile wird bei Variation Materialvariation nachsimuliert:



Automatische Simulation

Simulations-ergebnisse

Optimierte Materialparameter

Optimierung der Materialdaten:

- Automatische Simulation der Versuchsbauteilherstellung bei Variation definierter Materialparameter
- Automatische Bewertung der Simulationsgüte von Schwindung und Verzug bei Variation der Materialparameter
- Automatische Optimierung der Materialdaten

© simcon kunststofftechnische Software GmbH

Ergebnis der Materialdatenoptimierung Ergebnisbeispiel

Typ: PBT

Fasergehalt: 20%

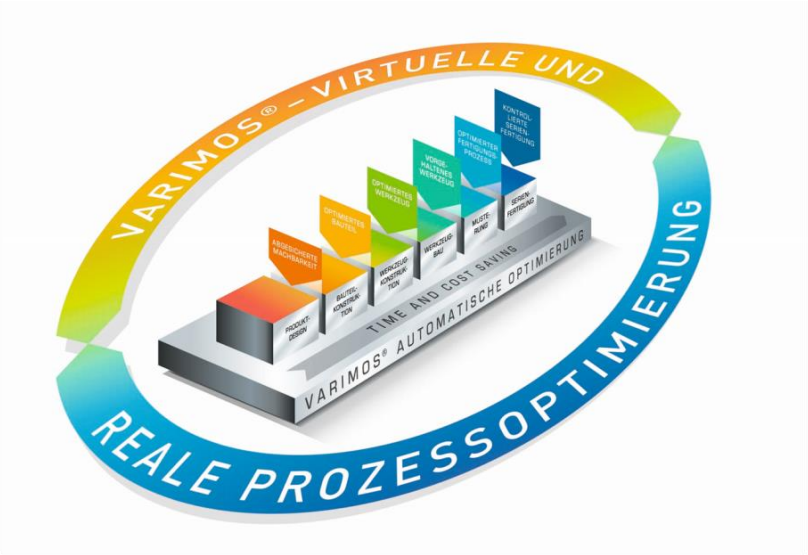
Schwindung ll: 0,43 % (laut Datenblatt)

Schwindung ⊥: 1,16 % (laut Datenblatt)

Bewertung der Simulationsgüte:

Fehlersumme =

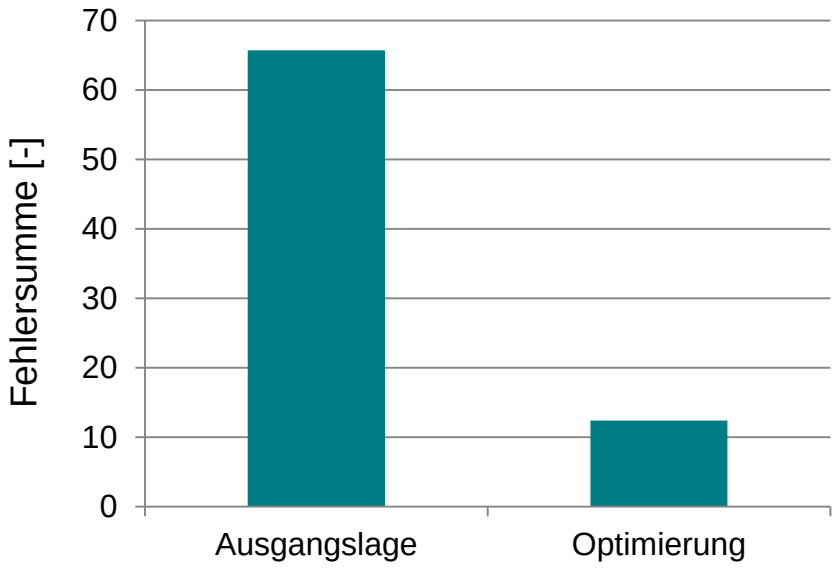
$$\sum \left(\frac{x_{Messung} - x_{Simulation}}{x_{Messung}} \right)^2$$

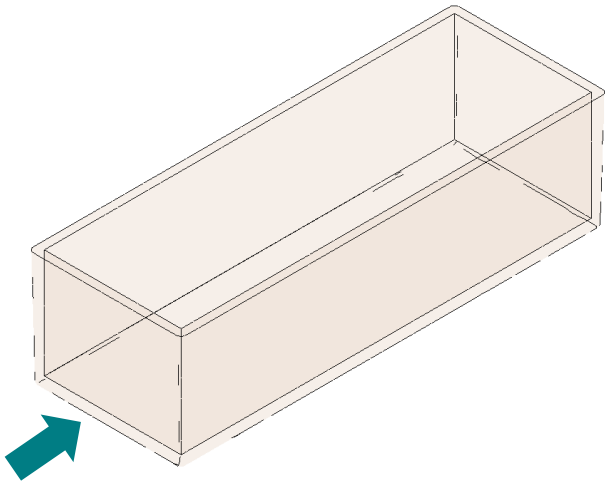


© simcon kunststofftechnische Software GmbH

Ergebnis der Materialdatenoptimierung Gesamtergebnis bei der Längsanbindung

Bewertung der Simulationsgüte:





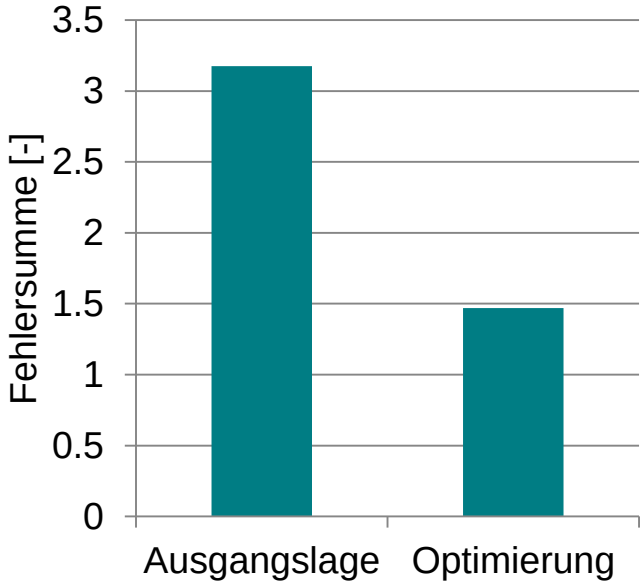
Längsanbindung

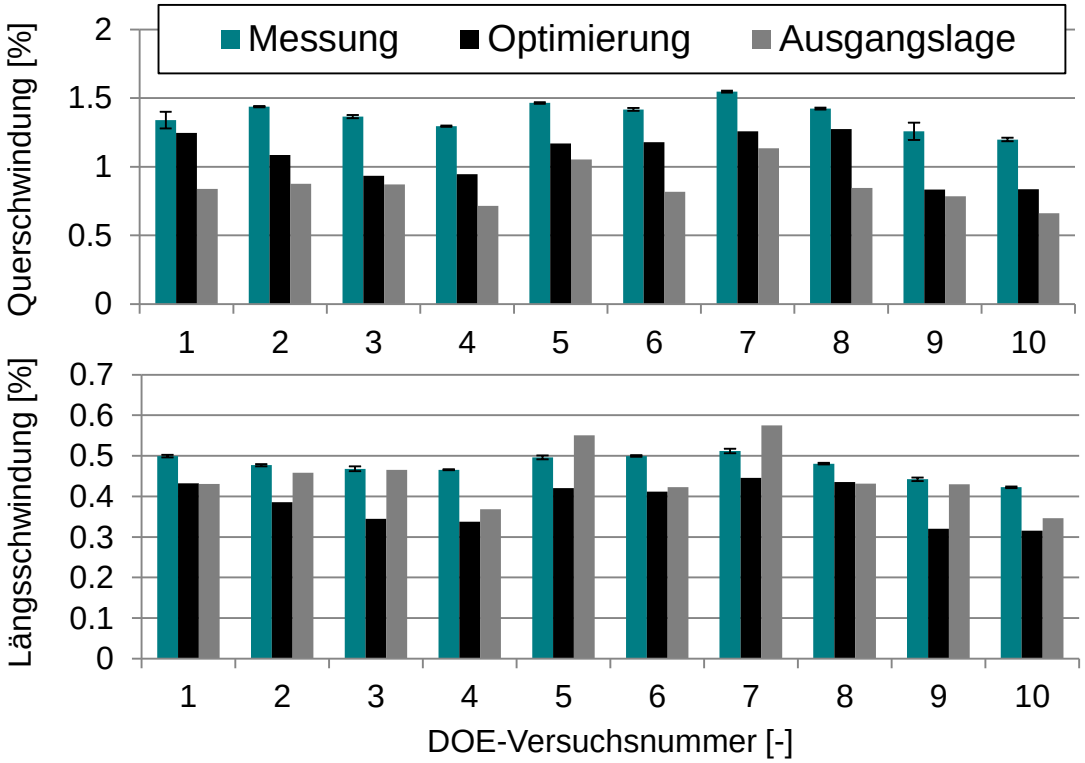
- Bezogen auf das Bewertungskriterium konnte bei der Längsanbindung eine Verbesserung der Vorhersagegüte von Schwindung und Verzug von 80 % erzielt werden.

© simcon kunststofftechnische Software GmbH

Ergebnis der Materialdatenoptimierung Schwindung bei der Längsanbindung

Optimierungsergebnis:



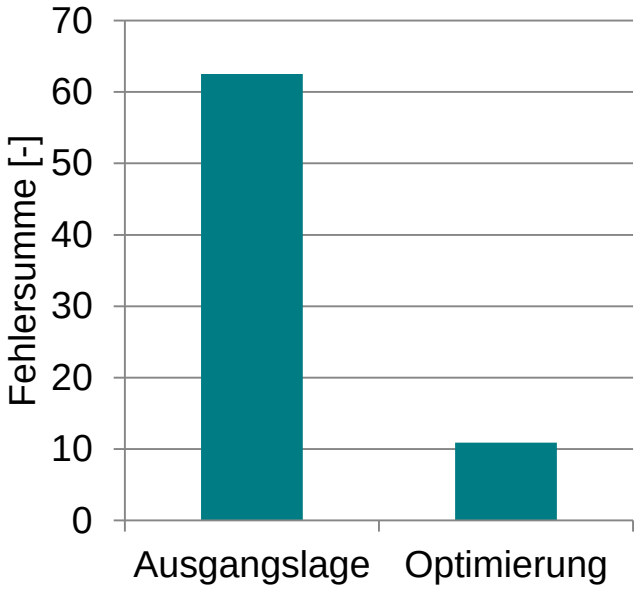


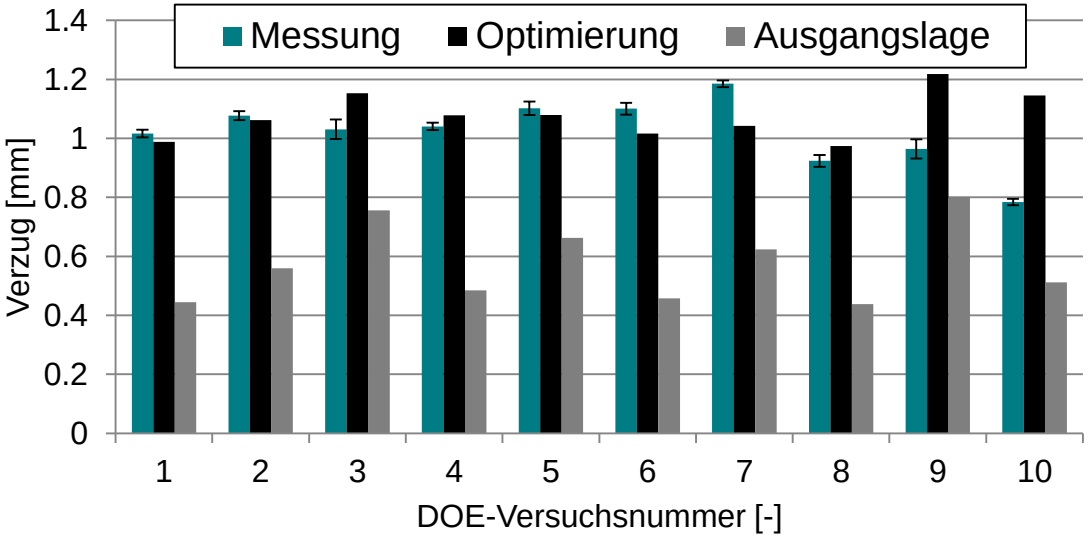
- Bezogen auf das Bewertungskriterium konnte bei der Längsanbindung eine Verbesserung der Vorhersagegüte für die Schwindung von 50 % erzielt werden.

© simcon kunststofftechnische Software GmbH

Ergebnis der Materialdatenoptimierung Verzug bei der Längsanbindung

Optimierungsergebnis:



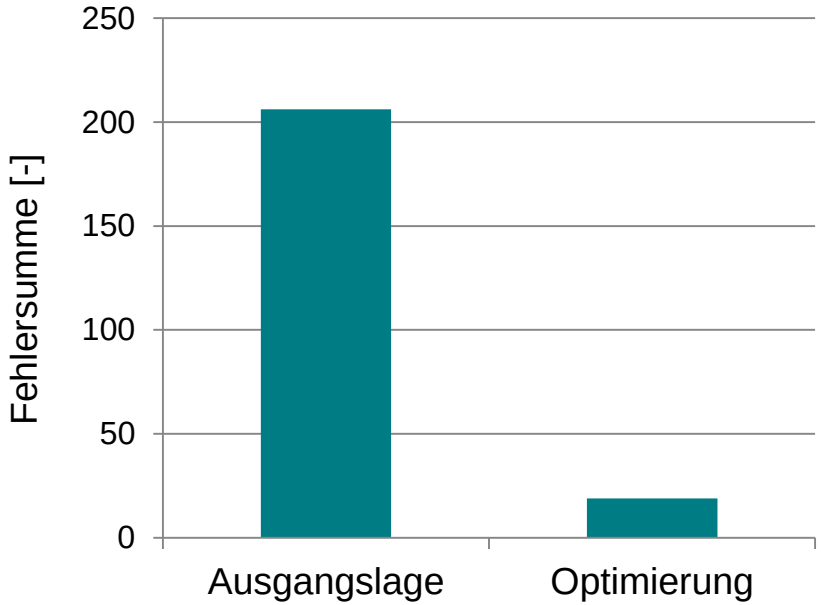


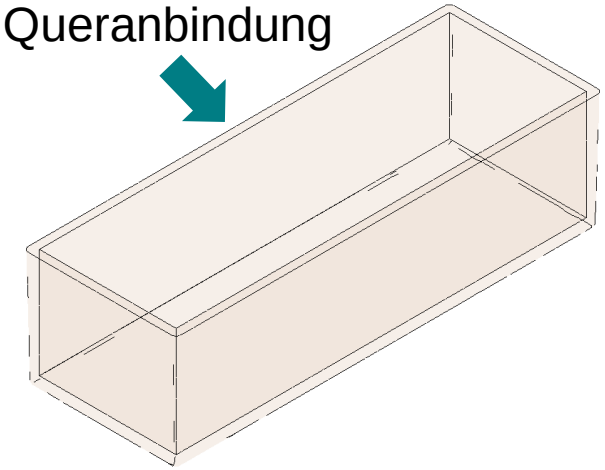
- Bezogen auf das Bewertungskriterium konnte bei der Längsanbindung eine Verbesserung der Vorhersagegüte für den Verzug von 85 % erzielt werden.

© simcon kunststofftechnische Software GmbH

Ergebnis der Materialdatenoptimierung Gesamtergebnis bei der Queranbindung

Bewertung der Simulationsgüte:



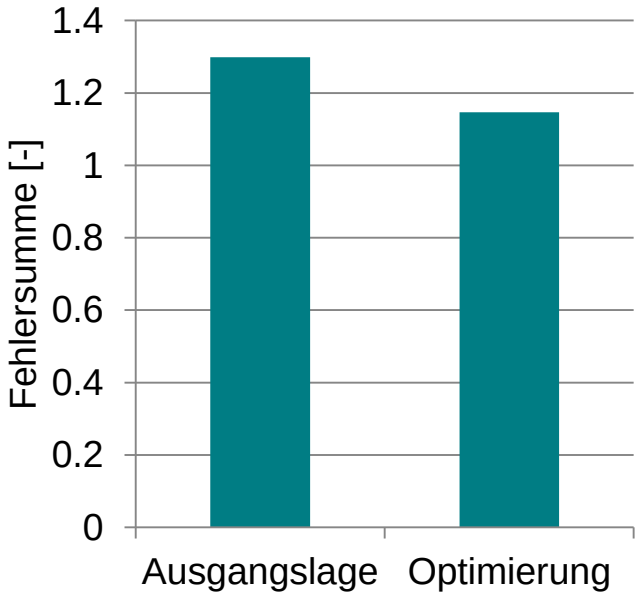


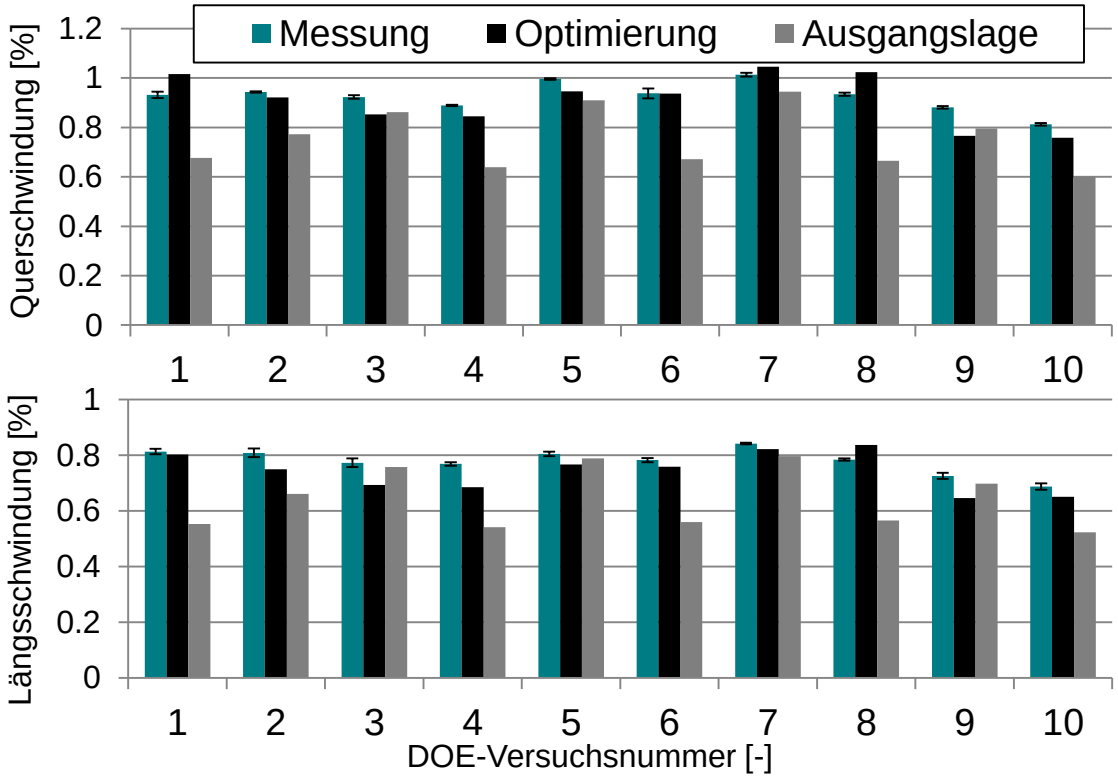
- Bezogen auf das Bewertungskriterium konnte bei der Queranbindung eine Verbesserung der Vorhersagegüte von Schwindung und Verzug von 90 % erzielt werden.

© simcon kunststofftechnische Software GmbH

Ergebnis der Materialdatenoptimierung Schwindung bei der Queranbindung

Optimierungsergebnis:



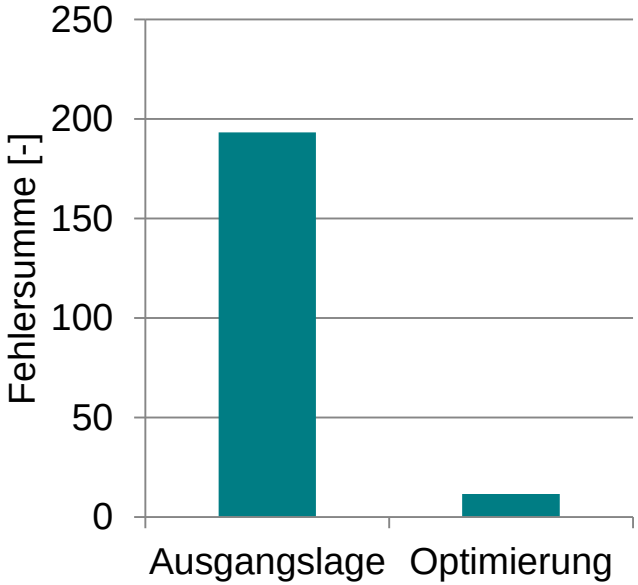


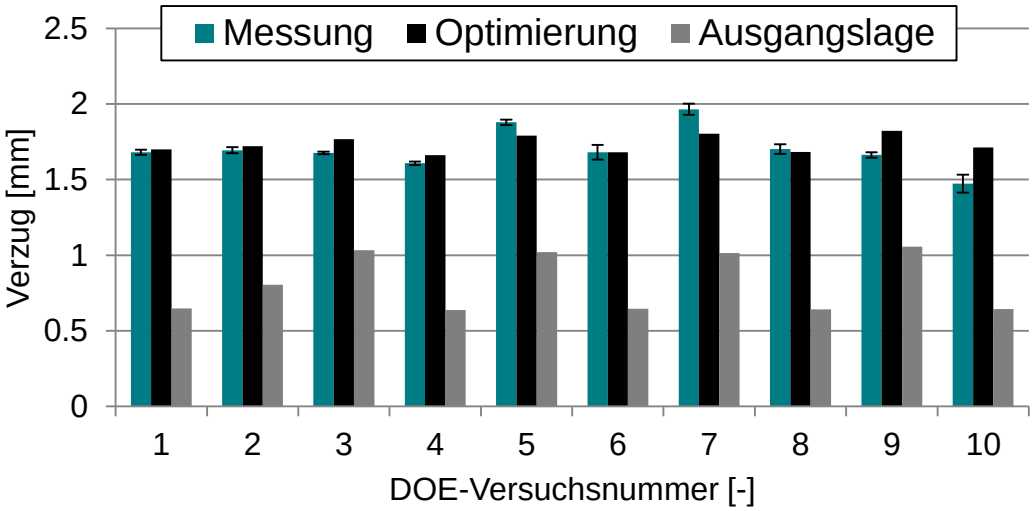
- Bezogen auf das Bewertungskriterium konnte bei der Längsanbindung eine Verbesserung der Vorhersagegüte für die Schwindung von 12 % erzielt werden.

© simcon kunststofftechnische Software GmbH

Ergebnis der Materialdatenoptimierung Verzug bei der Queranbindung

Optimierungsergebnis:





- Bezogen auf das Bewertungskriterium konnte bei der Längsanbindung eine Verbesserung der Vorhersagegüte für den Verzug von 95 % erzielt werden.

© simcon kunststofftechnische Software GmbH

Zusammenfassung

- Die Schwindung beim Spritzgießen entsteht durch thermisch bedingte Volumenkontraktion des Kunststoff beim Abkühlen.

- Verzug wird beim Spritzgießen durch lokal unterschiedliche Schwindungspotenziale verursacht.

- Die Notwendigkeit der Materialdatenoptimierung bei der Vorhersage von Schwindung und Verzug durch Spritzgießsimulation ist durch die Materialdatenerfassung begründet, welche nicht bei Verarbeitungsbedingungen stattfinden kann.

- Die vorgestellte Methode zur Materialdatenoptimierung ermöglicht eine deutliche Verbesserung der Vorhersagegüte von Schwindung und Verzug auf Basis von Spritzgießversuchen.

© simcon kunststofftechnische Software GmbH

Dank

Das Kooperationsprojekt KF 3001904LF4 wurde über die AiF im Rahmen des Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand (ZIM) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Das Projekt wurde zusammen mit dem IKV Aachen durchgeführt.

Allen Institutionen gilt unser Dank.

© simcon kunststofftechnische Software GmbH