Präzision der Verfahrenssimulation beim Mikrospritzguss

Franz Rittmannsberger

4a Technologietag 2016

26. Februar 2016, Schladming

© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Inhalt

- Motivation und Herausforderung
- Erläuterungen zum Beispielbauteil
- Erläuterungen zur Simulation
- Experimentelle Durchführung
- Vergleich der Ergebnisse
- Ausblick

© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Motivation und Herausforderung

Herstellen von Bauteilen mit kleinen Dimensionen

- Motivation und Herausforderung für Mikrospritzguss in der Medizintechnik
  - Miniaturisierung zur Reduktion des Blutvolumens
  - Integration von Funktionen
- Herausforderungen
  - Präzision der Fertigungsverfahren der Spritzgießform
  - Möglichkeit der Füllung und Abformqualität beim Spritzgießen
  - Möglichkeiten der Qualitätskontrolle (Kamerasysteme …)

© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Motivation und Herausforderung

Abhängigkeiten Abformverhalten

- Abhängigkeiten der Füllung und Abformqualität
  - Fließfähigkeit des Polymers
  - Prozessparameter
    - Fließgeschwindigkeit
    - Schmelzetemperatur
    - Formtemperatur
    - Fülldruck
  - Lufteinschlüsse

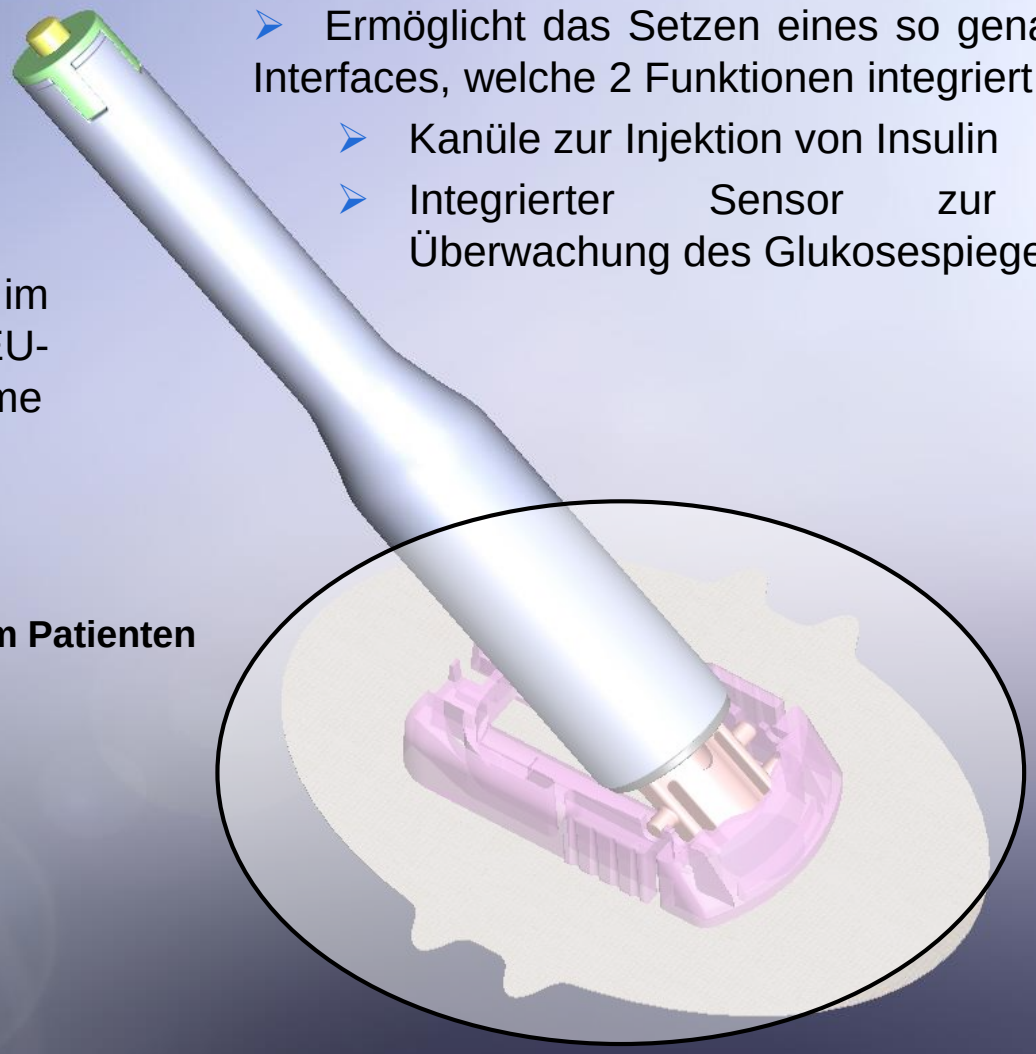
© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Beispielbauteil Setzhilfe

Prinzipielle Funktion

- Ermöglicht das Setzen eines so genannten Single-Port Interfaces, welche 2 Funktionen integriert:
  - Kanüle zur Injektion von Insulin
  - Integrierter Sensor zur kontinuierlichen Überwachung des Glukosespiegels

Entwicklung im Rahmen des EU-Projektes AP@home



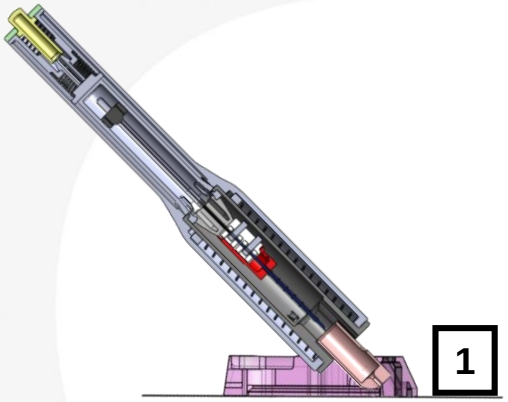
Batch verbleibt am Patienten

nts reserved

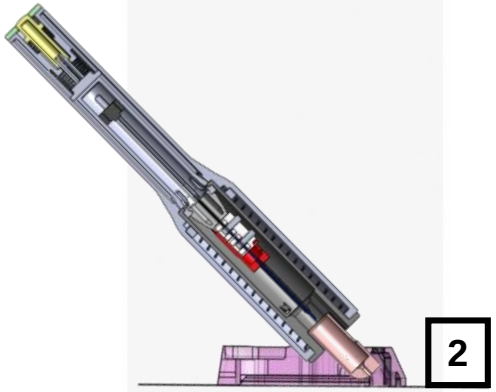
Setzhilfe – Funktionsweise

Anwendung

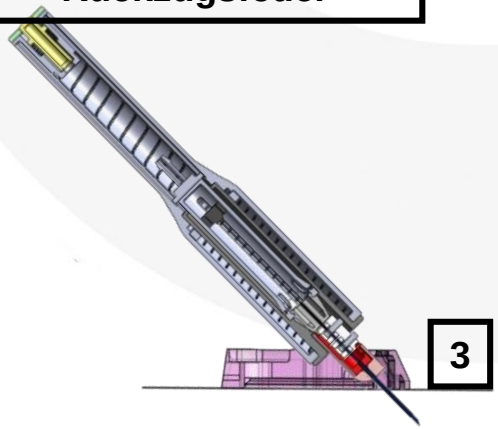
Auslösung über Druckknopf



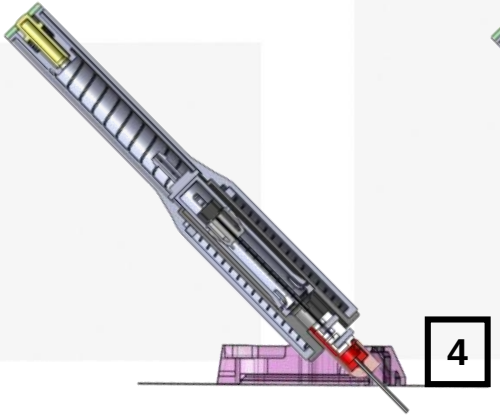
Freigabe der gespannten Feder



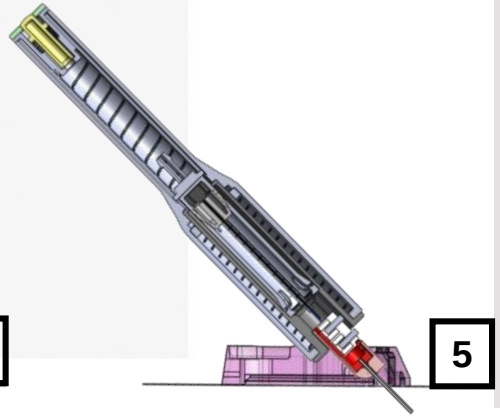
Injizieren der Nadel und spannen der Rückzugsfeder

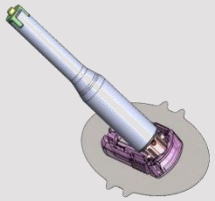


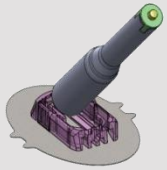
Rückzug der Nadel

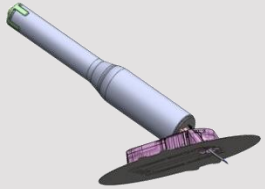


Endposition





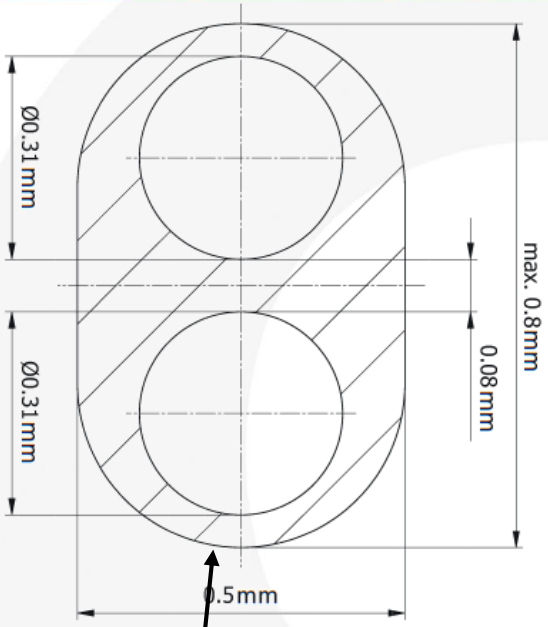




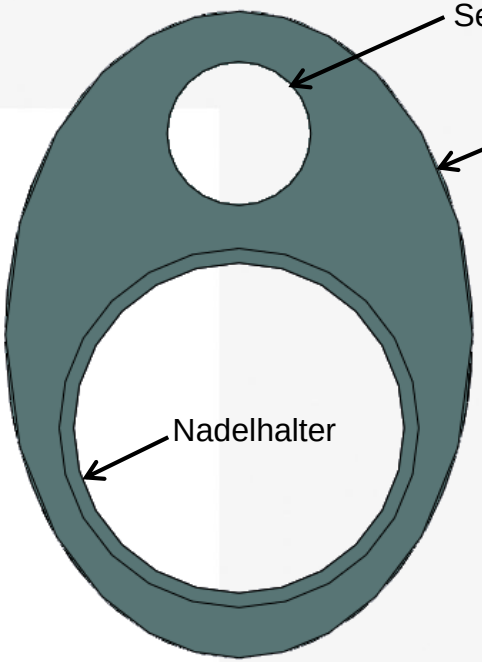
© 4a engineering GmbH, all rights reserved

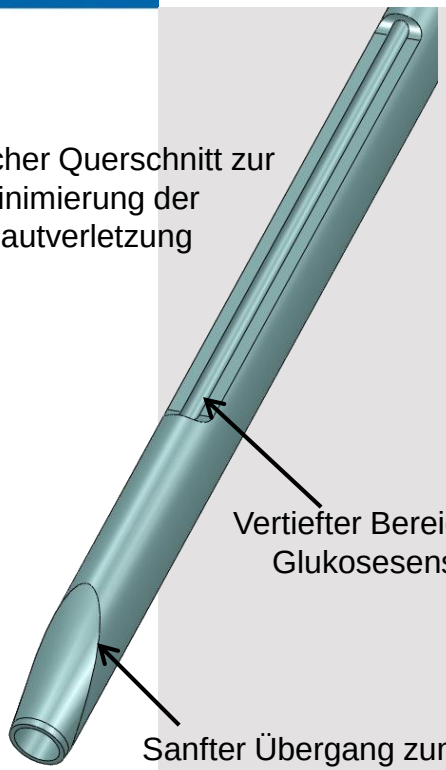
Kritische Komponente bei Fertigung

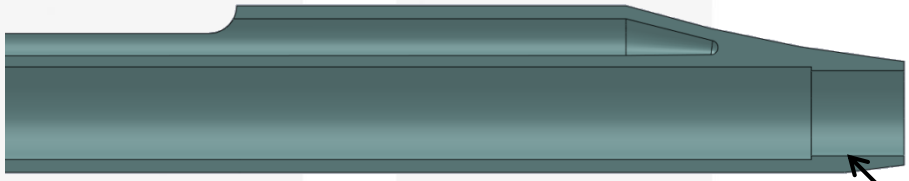
Kanüle für Nadel und Sensor



Kritische Dimensionen für Spritzguss







Nadelpassung:
Hohlnadel sitzt innen zur Insulingabe

Aufgrund sehr filigraner Formkomponenten (Kerne) ist auch Spritzdruck sehr begrenzt!

© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Aussehen des Nadelbereichs

Dargestellt ist Prototyp

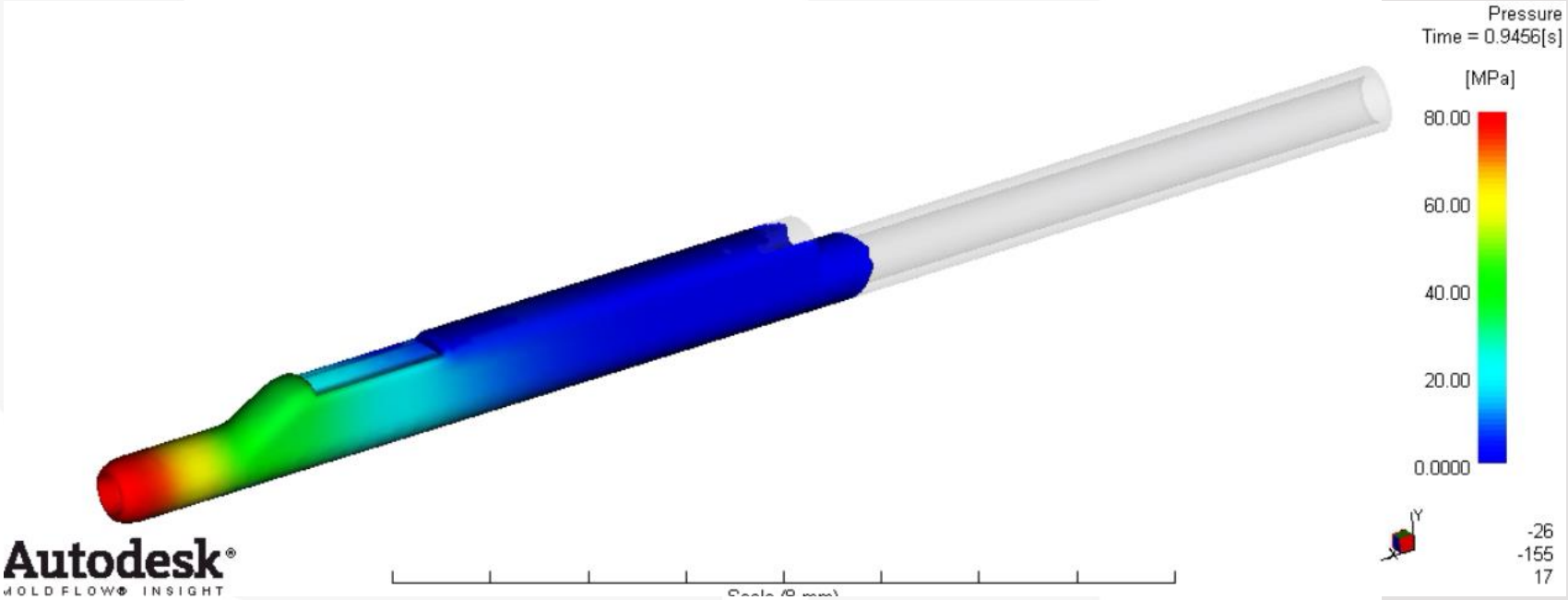
Sensor

Nadel zum Einsetzen des Systems

© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Ergebnisse am Bauteil Standardprozess
Nach Korrektur der Fließkurven

- Berechnung am Bauteil
- Ergebnisse nach Verifizierung der Materialparameter
- 80 °C Formtemperatur, TPU



© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Zielsetzung: Verifizierung der Simulation
Forschungsprojekt im Rahmen von ap@home

- Fragestellung in diesem Projekt: wie präzise ist die Simulation im Bereich 0,1 mm – 0,2 mm
- Entwicklung eines Verifizierungswerkzeugs für Materialdaten beim Einsatz bei Bauteilen mit geringer Wandstärke
- Validierung des Tools
  - Vergleich des Verhaltens des Polymers in der Realität mit der Simulation
  - Abspritzen von Platten mit 0,1 mm und 0,2 mm Stärke bei unterschiedlichen Drücken und Schmelzetemperaturen
  - Vergleich mit der Simulation bei unterschiedlichen Simulationsmodellen
    - Dual Domain
    - Midplane
    - 3D
  - In diesem Projekt: Material Desmopan DP 9370A

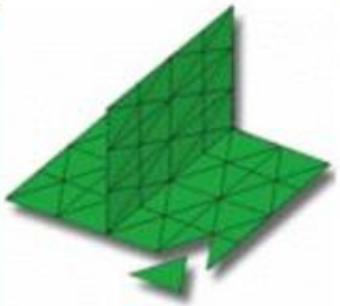
© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Modellierungen Füllsimulation
Verschiedene Möglichkeiten

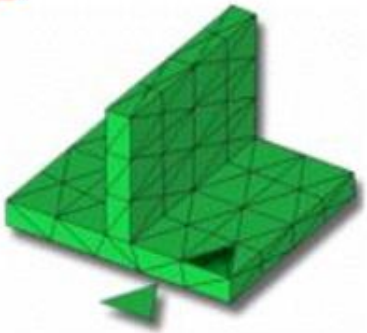
1D

Beam-Element

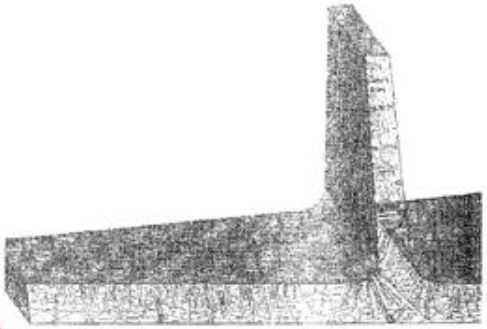
2.5D



Midplane-Netz

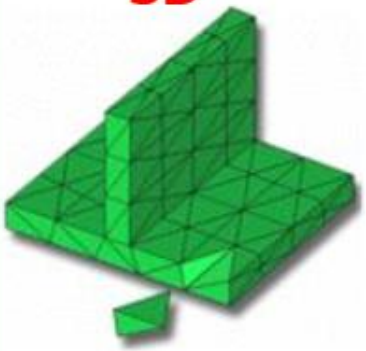


Dual-Domain-Netz



Cadmould Fachwerk-modell

3D



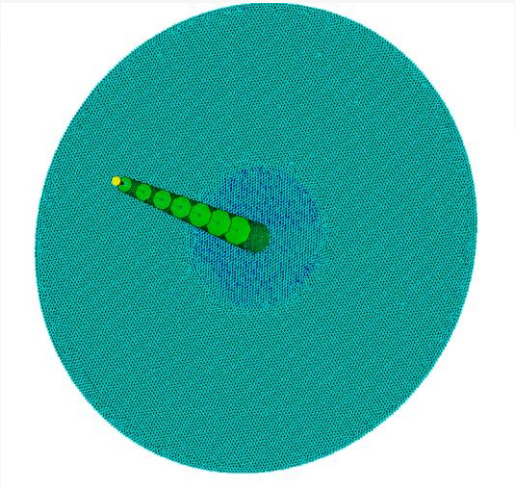
3D-Volumen-Netz

Quellen:
Moldflow Programmhilfe

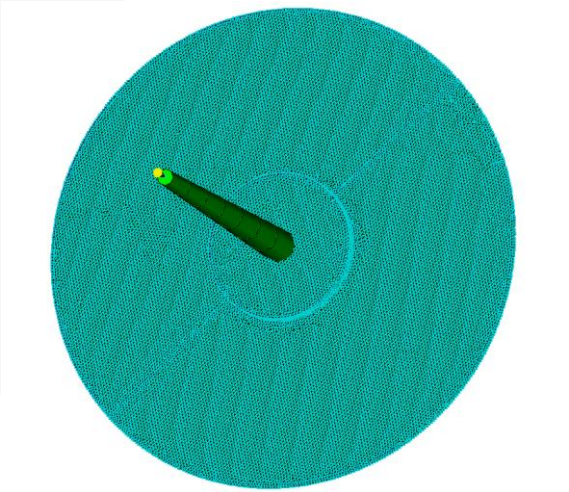
P. Filz et al.: Simulation of fluid flow and structural analysis within thin walled three dimensional geometries. European Patent EP 1 385 103 A1

© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Modelle in der Simulation
Aufbau der Modelle



Midplane: 12 Schichten über Dicke, 373.000 Elemente



Dual Domain: 12 Schichten über Dicke, 790.000 Elemente

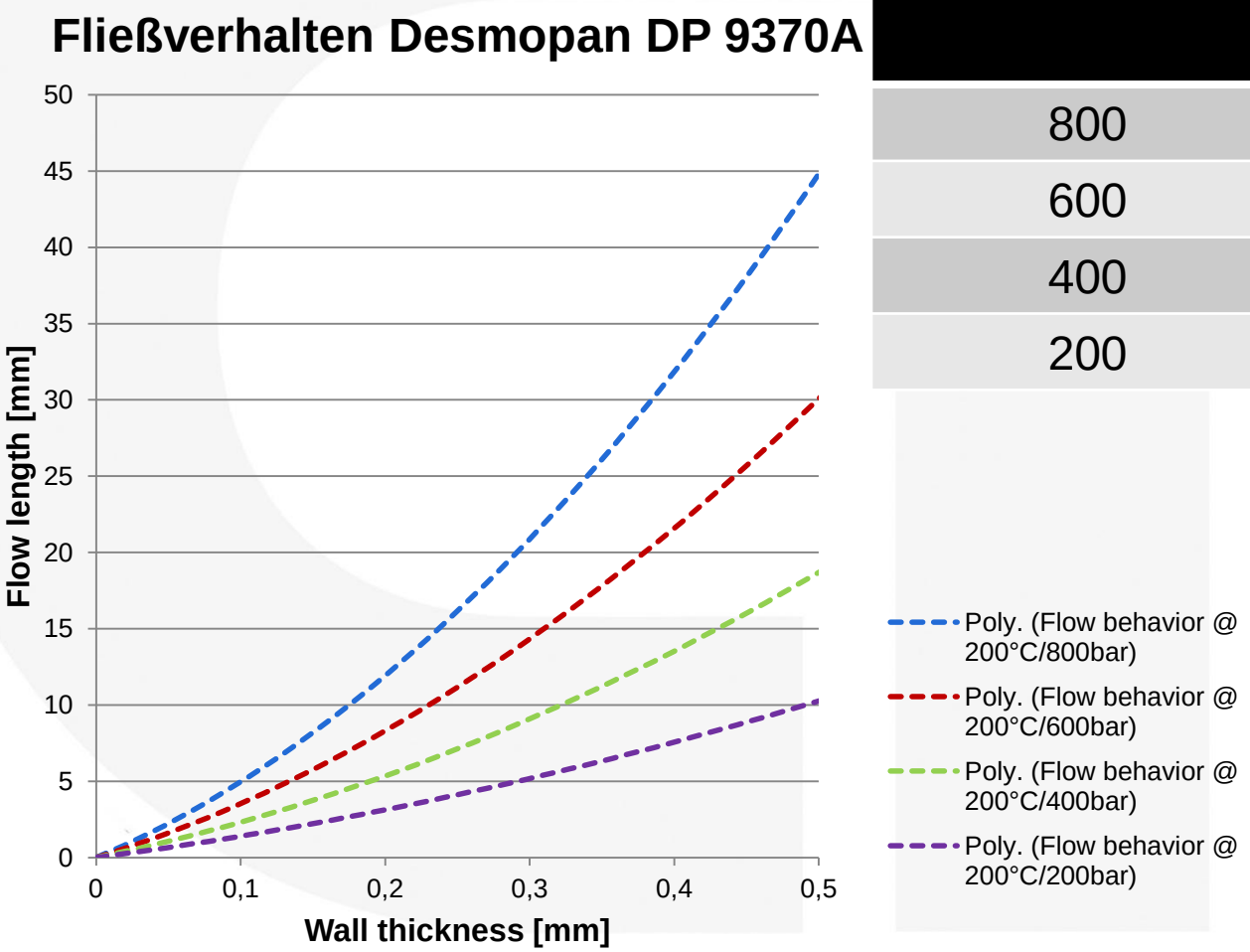
3D: Tetraeder 6 Elemente über Dicke, 805.000 Elemente

© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Fließkurven für dünne Wandstärken

In Fließsimulation extrapoliert

Fülldruck	Fließlänge / mm Wandstärke 0.1 mm
800	4.96
600	3.53
400	2.32
200	1.40



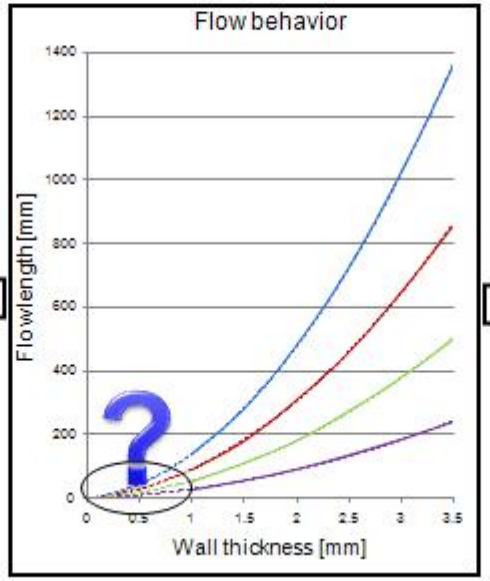
© 4a engineering GmbH, all rights reserved

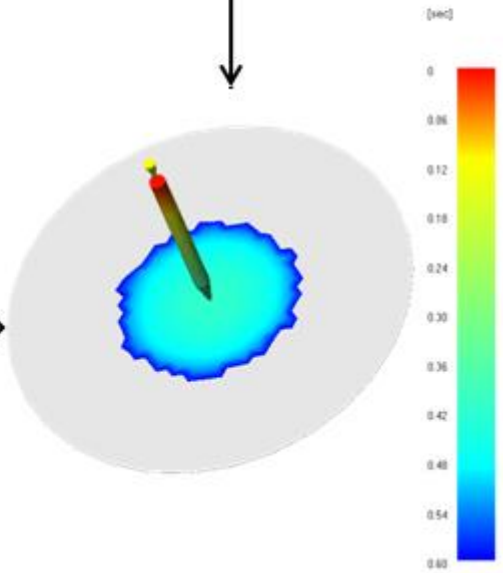
Verifizierung der Simulation

Realer Spritzgießprozess vs. Simulation

Faktorieller Versuchsplan

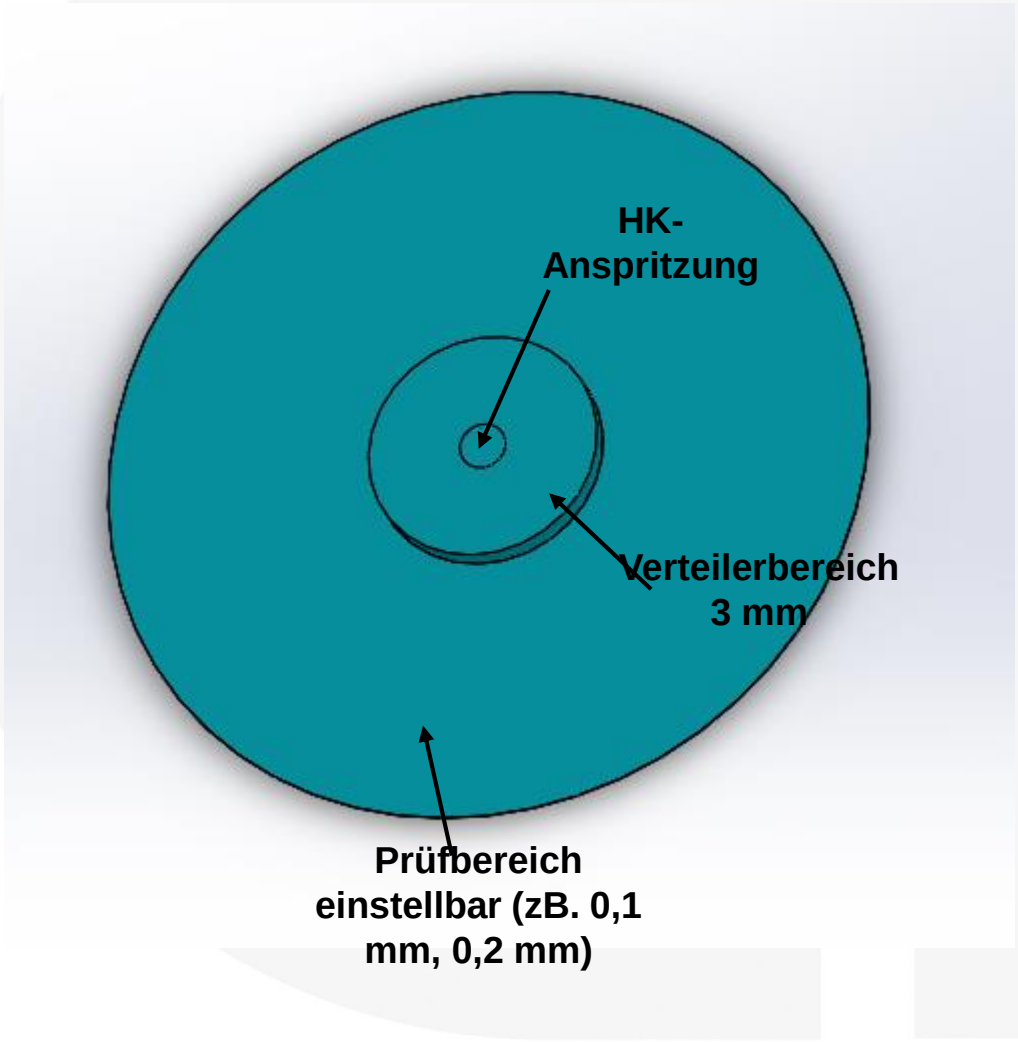
Parametrisiertes Simulationsmodell:
=>Dicke
=>Temperatur
=>Max. Fülldruck

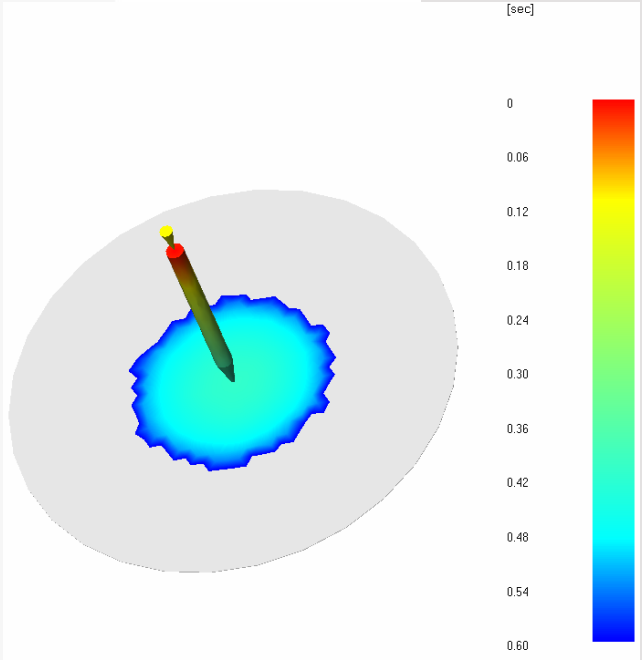




© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Spritzgießwerkzeug
Verwendetes Versuchsbauteil





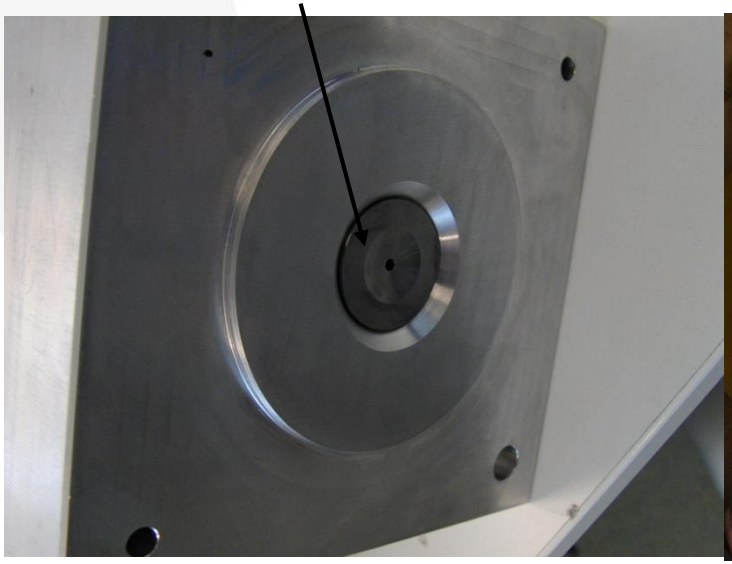
© 4a engineering GmbH, all rights reserved

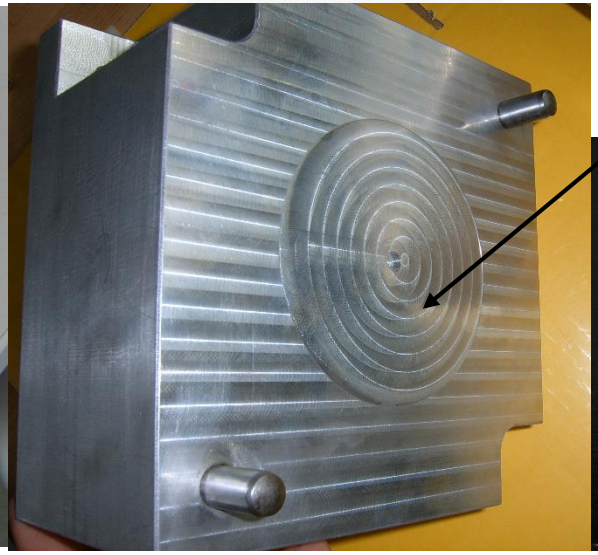
Spritzgießen
Verwendete Anlagen und Werkzeuge

➢ **Spritzgießmaschine**

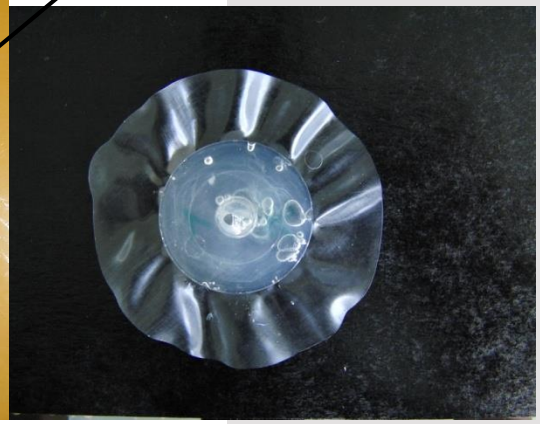
➢ **Spritzgießwerkzeug**

Heißkanaldüse





FI-Aufnehmer



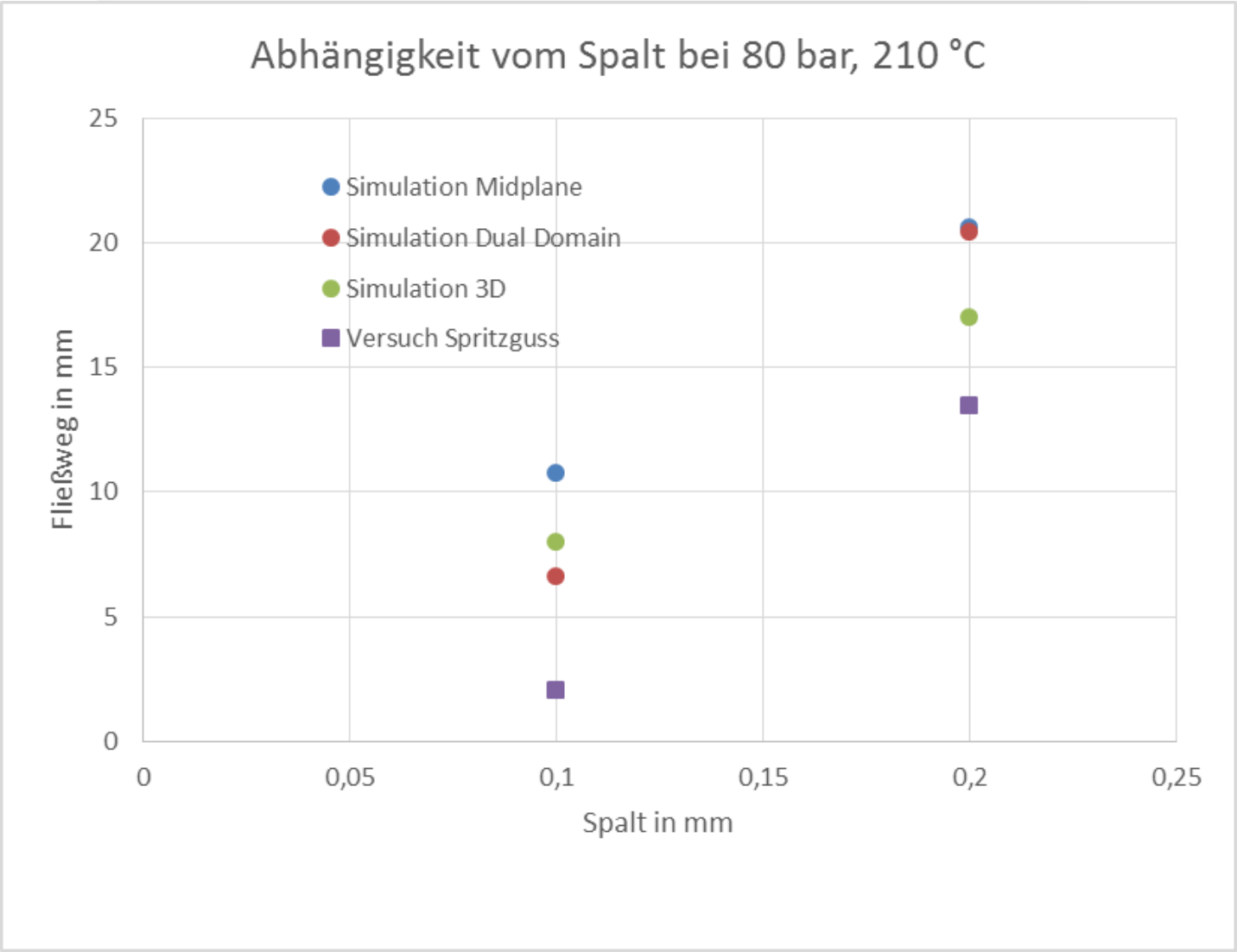
© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Ergebnisse
Vergleich Experiment mit Simulation

- Ergebnisse
  - Abhängigkeit von Wandstärke
  - Abhängigkeit von der Schmelzetemperatur
  - Abhängigkeit vom Druck
  - Vergleich der Varianten
  - Simulation am Bauteil mit verifizierten Daten

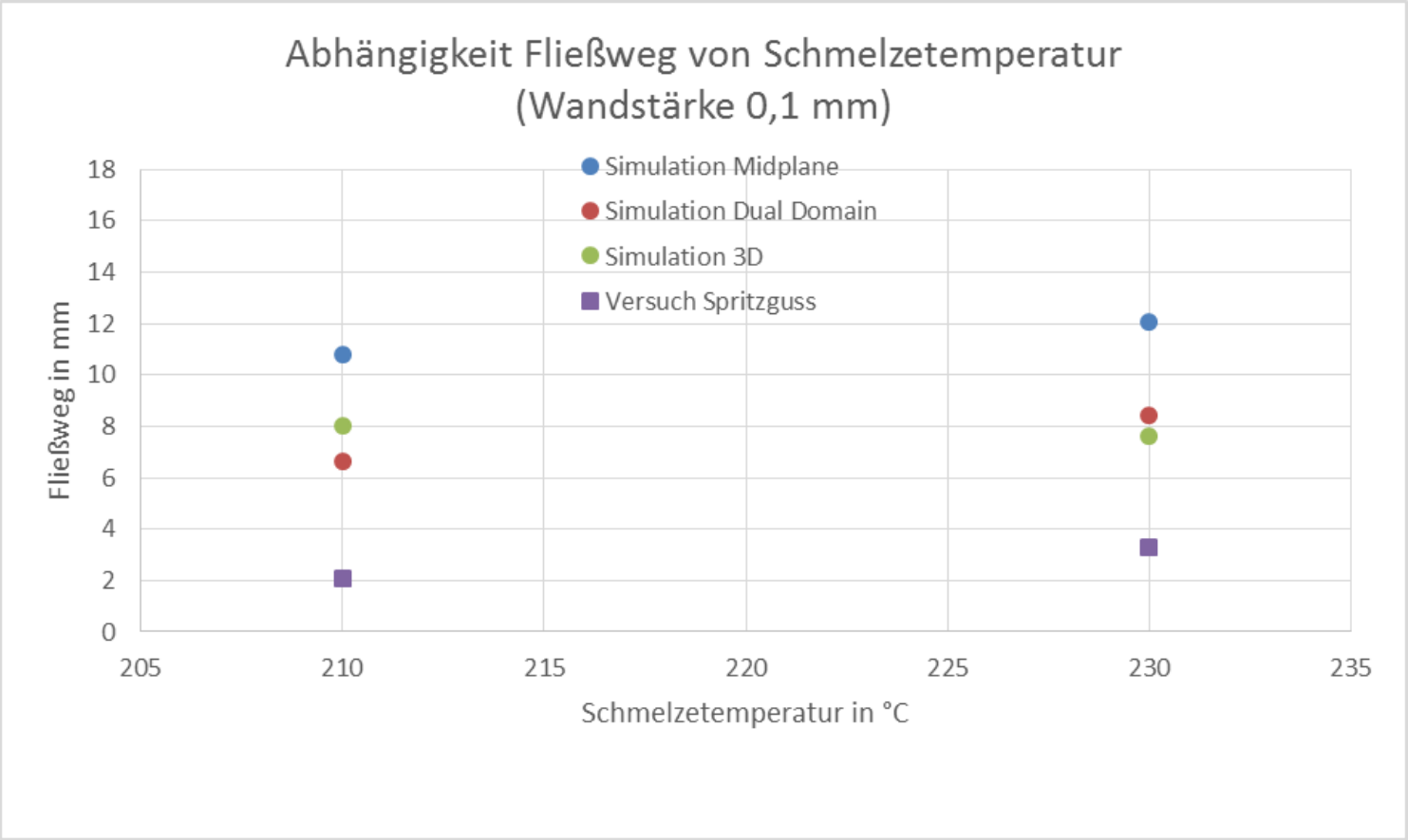
© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Ergebnisvergleich
Abhängigkeit vom Spalt



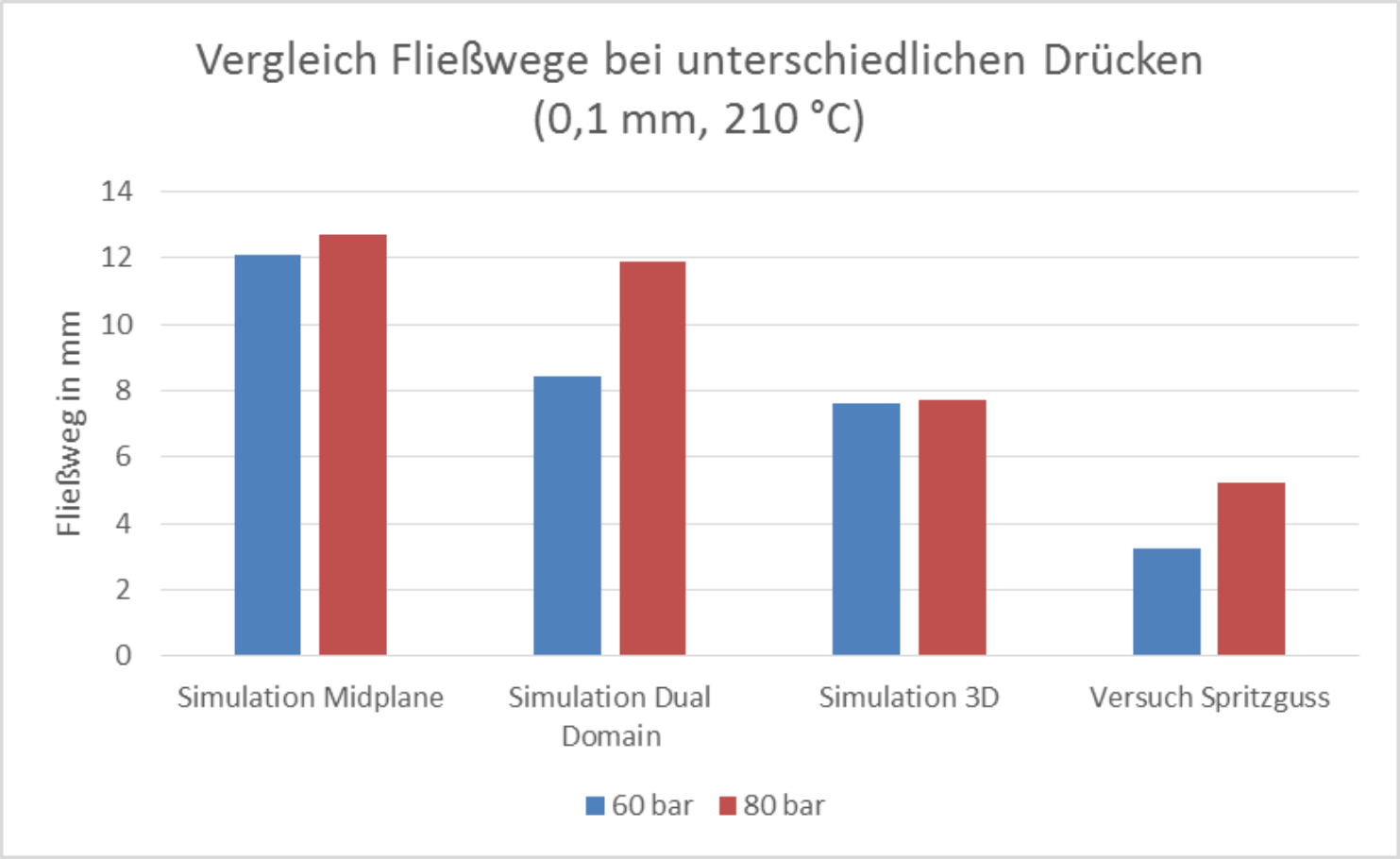
© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Ergebnisvergleich
Abhängigkeit von der Schmelzetemperatur



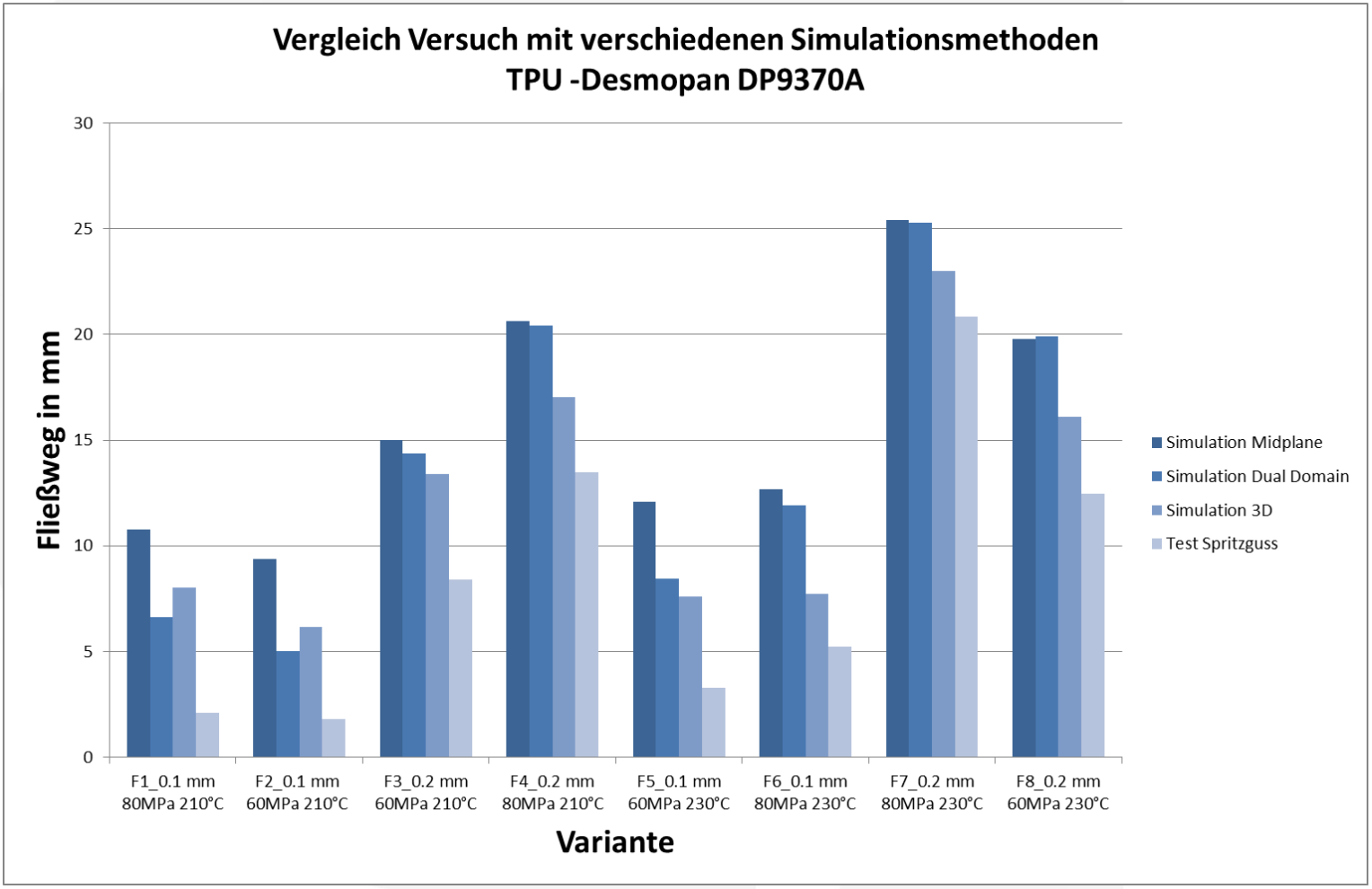
© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Ergebnisvergleich
Abhängigkeit vom Druck



© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Ergebnisvergleich
Gesamtübersicht

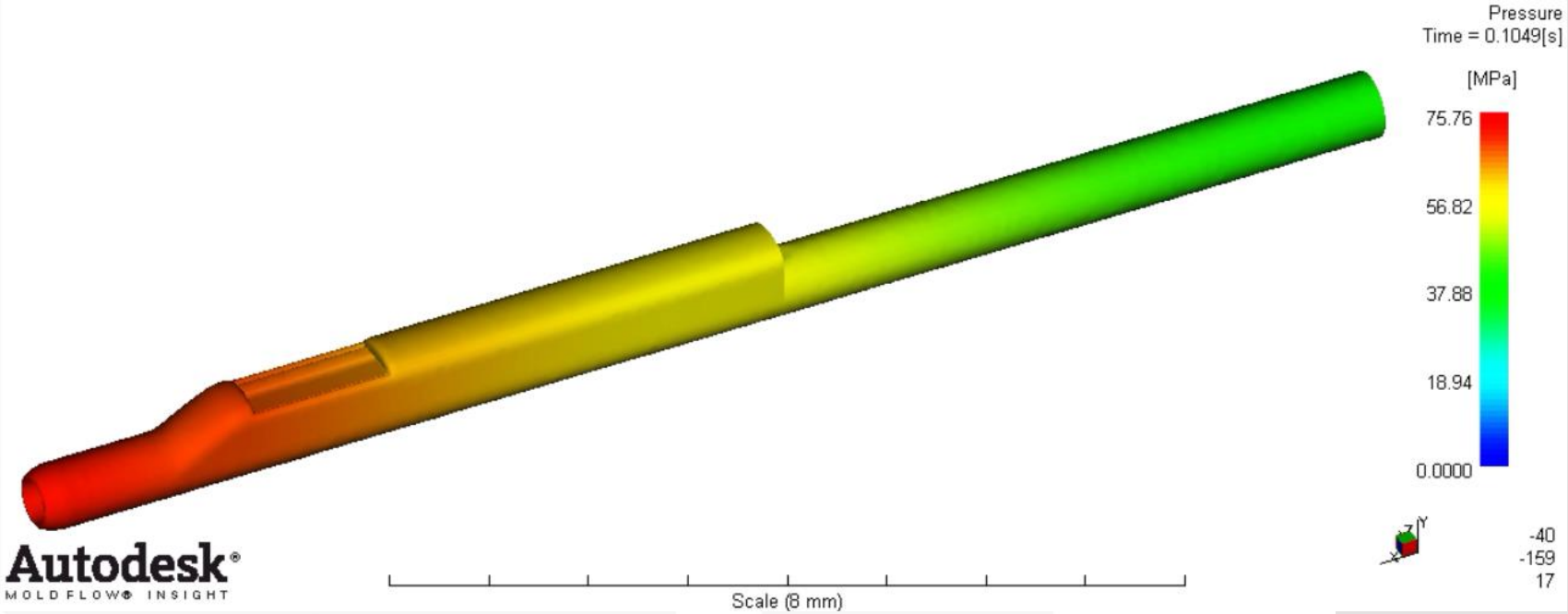


© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Ergebnisse am Bauteil – Variotherm

Nach Korrektur der Fließkurven

- Ergebnisse nach Validierung der Materialparameter
- Variothermprozess mit 200 °C Formtemperatur, TPU



© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Diskussion und Ausblick

Vergleich Simulation mit Realität

- Starke Abweichung bei den erzielbaren Fließlängen von der Realität
- Fließwege durchwegs überschätzt
- Unterschiedliche Vernetzungsverfahren weichen weniger stark ab, als die Realität dazu
- 3D-Verfahren lieferte gute Ergebnisse
- Empfehlung speziell wenn Spritzgießwerkzeuge kritische Dimensionen haben:
  - Materialdaten sind immer zu hinterfragen
  - Oder idealerweise zu verifizieren

© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Danksagung

Projekt AP@home wurde von der EU eHealth and Ageing gefördert.

Funded by the European Union

Ich danke für die Aufmerksamkeit!

© 4a engineering GmbH, all rights reserved