

Seminar: Lesen von Simulationsergebnissen

Schwindung & Verzug



KUNSTSTOFF
INSTITUT
LÜDENSCHIED



▶ Definition Verzug

- Verzug ist die Abweichung eines Formteils von der Sollgeometrie, indem sich Flächen wölben, verwinden oder Winkel verändern

▶ Verzugsursachen

- Ungleichmäßige Abkühlung
- Ungleichmäßige Forminnendruckverteilung
- Richtungsabhängiges Schwindungsverhalten

- Betrachtung der einzelnen Einflussgrößen

Temperaturunterschiede

Massetemperatur

Werkzeugwandtemperatur

Einspritzgeschwindigkeit
Ausgangstemperaturniveau

Abstand Kühlkanäle
Wärmeleitfähigkeit Metall
Vorlauftemperatur
Durchflussmengen



► Betrachtung der einzelnen Einflussgrößen

Fließrichtung

Anbindungs-lage
Anzahl der Anbindungen
Wand-dickenverteilung



Nachdruckübertragung

Anschnitt-lage
Wand-dickenverteilung
Nachdruckphase



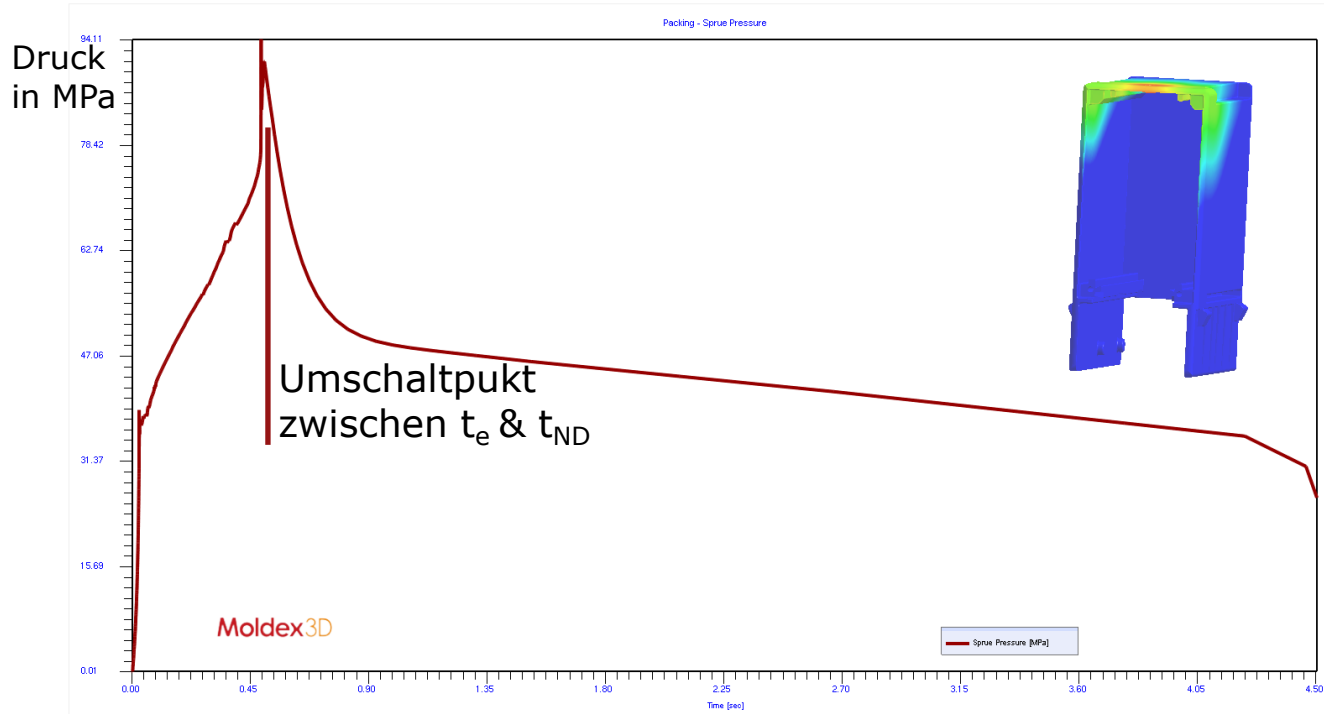
Wanddickenverteilung



Von 13 Parametern sind 5 in der Fertigung beeinflussbar!

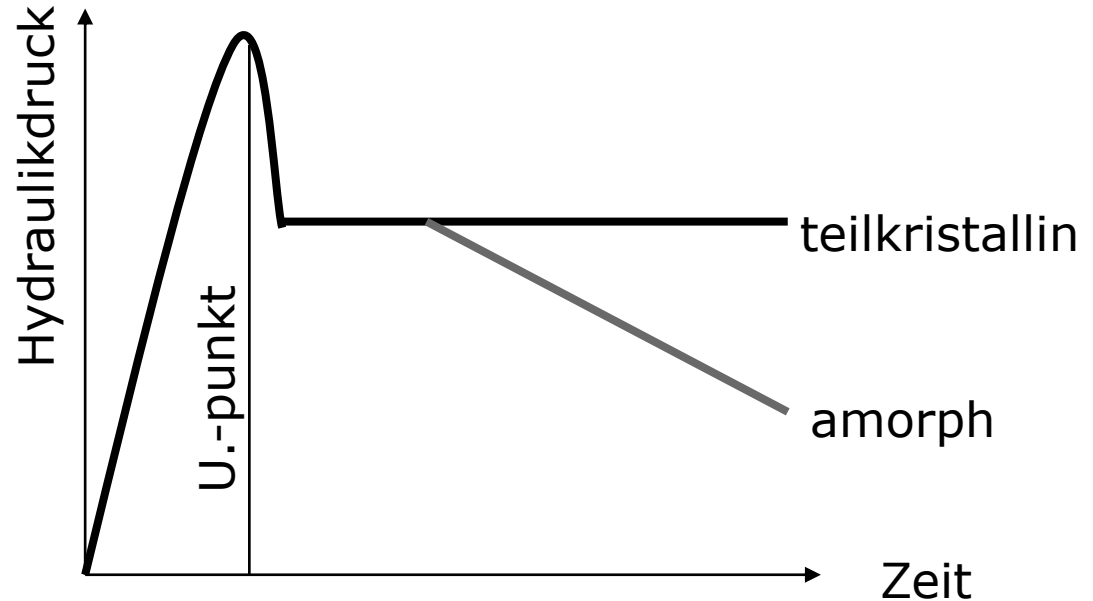
Einfluss

► Druckbedarf während der Füll- & Nachdruckphase

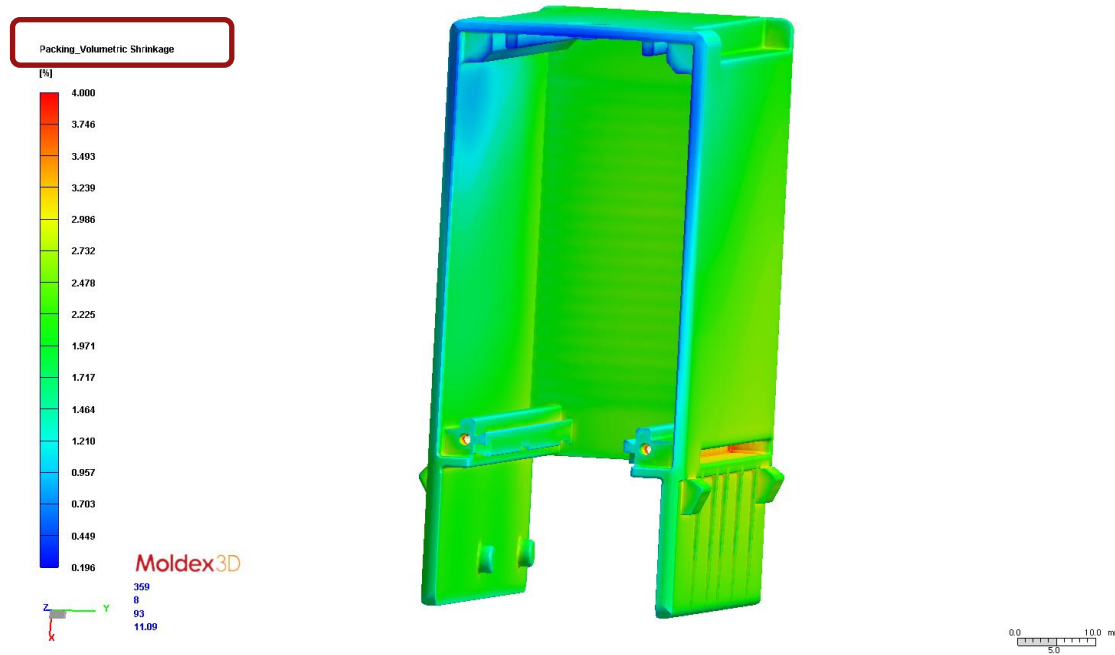


Anhand der Druckverlaufskurve des Füll - & Nachdrucks kann eine sinnvolle Druckkurve Nachvollzogen werden.

- ▶ Einstellungsoptionen beim Nachdruckprofil
 - ▶ Prozentual nach max. Einspritzdruck
 - ▶ Manuell nach beliebigem Profil

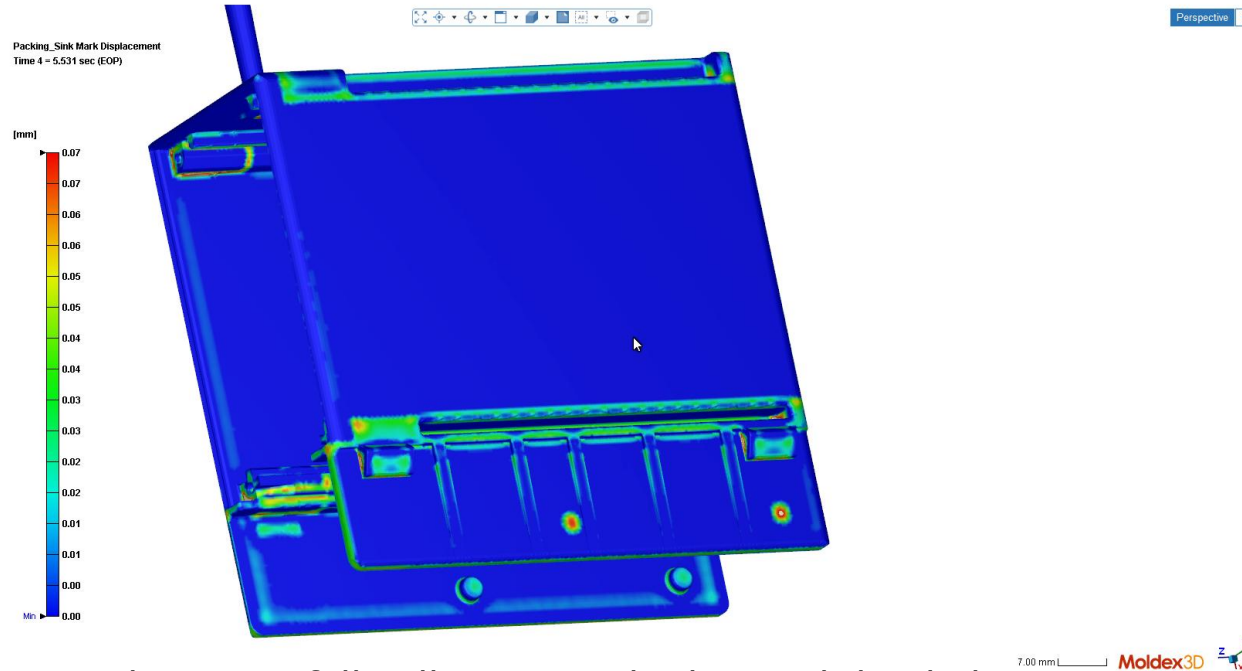


► Volumetrische Schwindung am Ende der Nachdruckphase



Berechnete, volumetrische Schwindung am Ende der Nachdruckphase

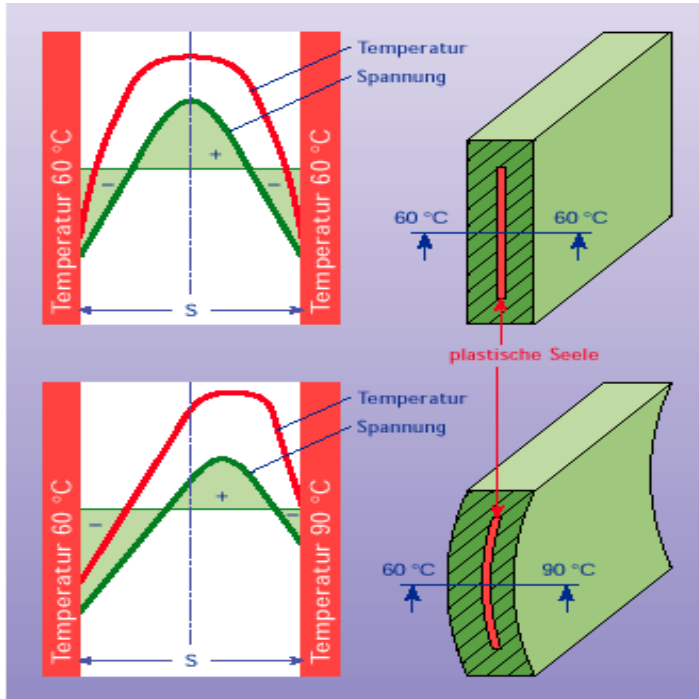
► Einfallstellen



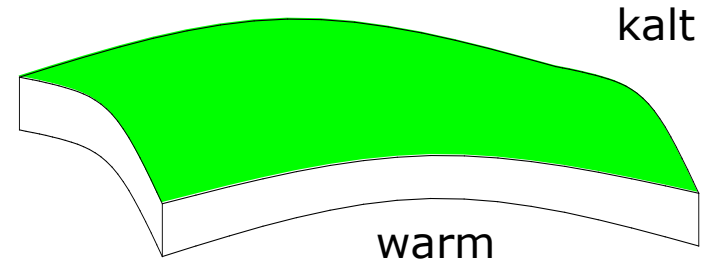
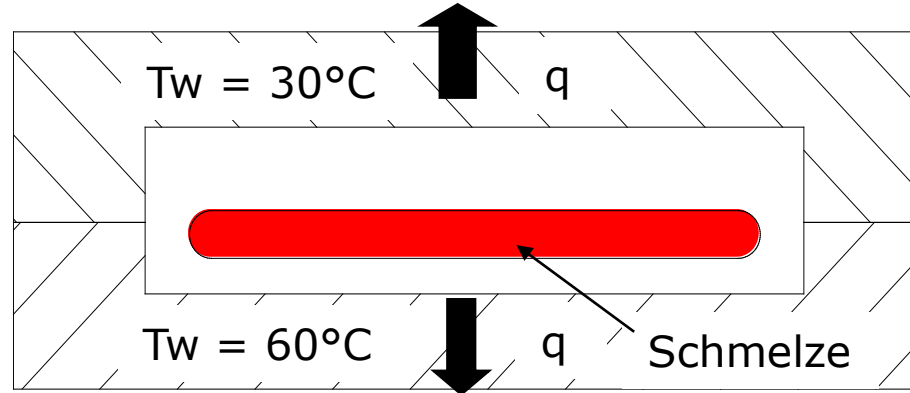
Berechnete Einfallstellen am Ende der Nachdruckphase

Verzug durch ungleichmäßige Abkühlung

- Verzug durch unterschiedliche Werkzeugwandtemperaturen

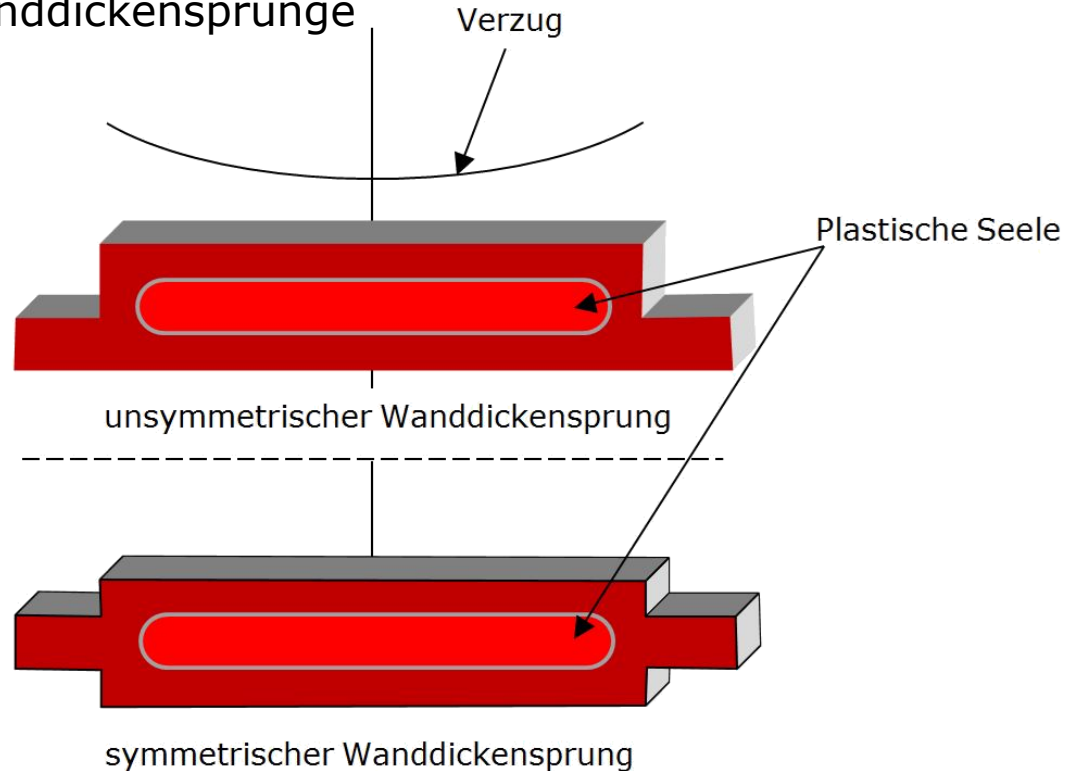


Copyright Bayer MaterialScience AG

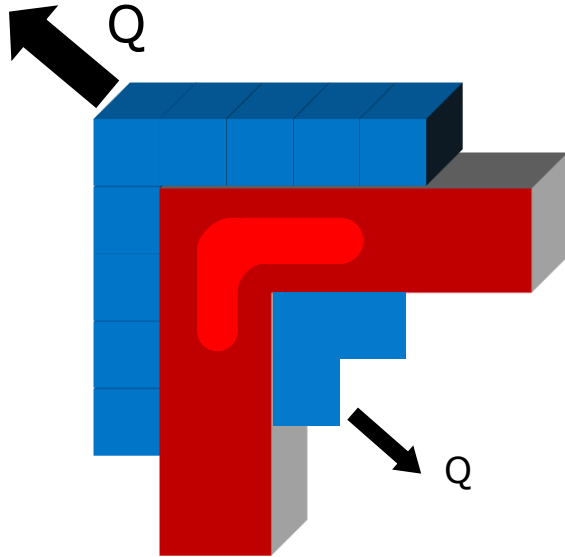


Quelle: K.I.M.W. GmbH

► Verzug durch Wanddickensprünge



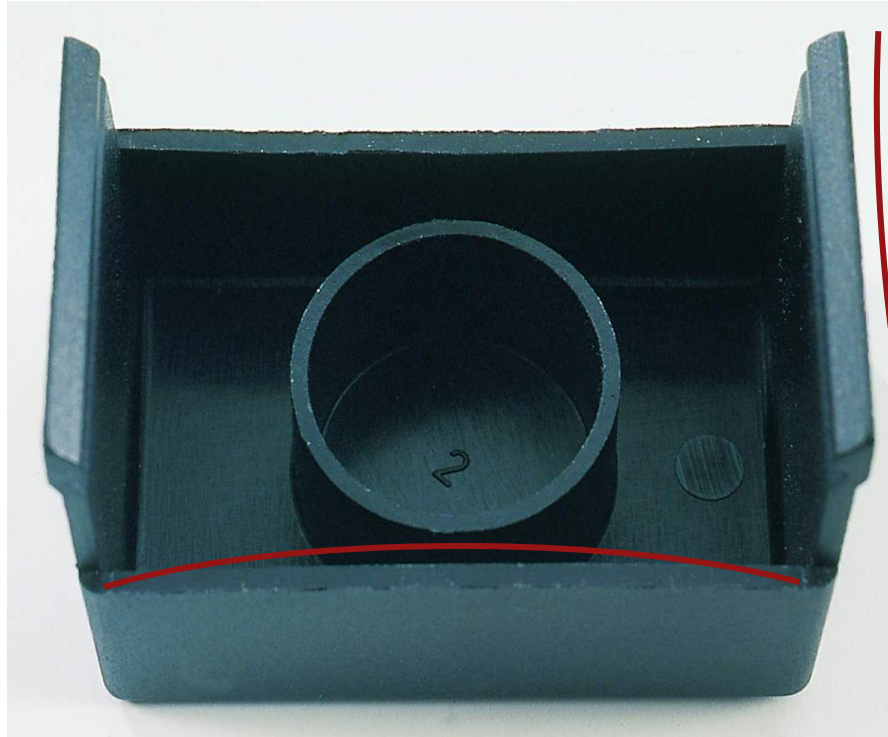
- ▶ Eckenverzug durch unterschiedliche Wärmeabfuhr



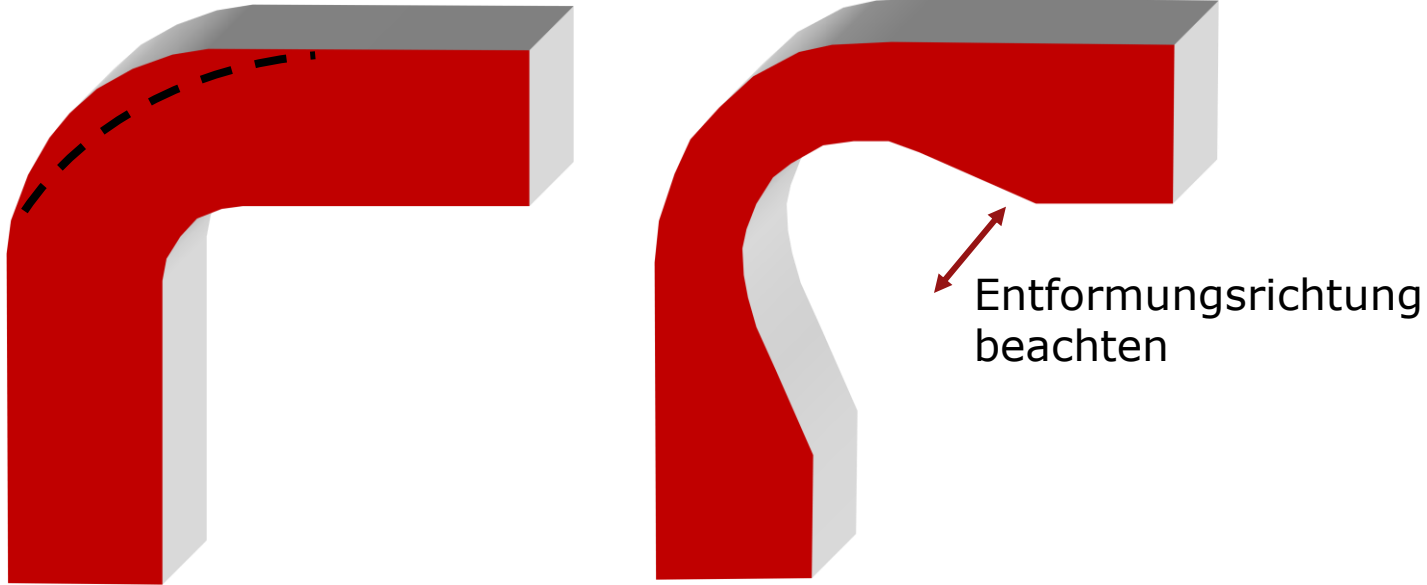
Achtung!
Auch Schwindungseffekte der
Wandstärke haben hier einen
wesentlichen Einfluss!

Verzug durch ungleichmäßige Abkühlung

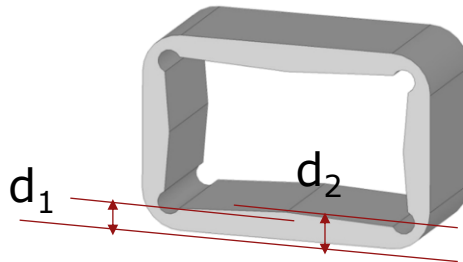
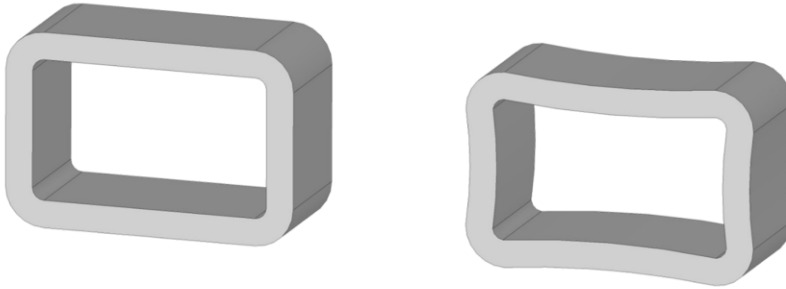
- ▶ Beispiel: Eckenverzug an kastenförmigen Bauteilen



- ▶ Maßnahmen gegen den Eckenverzug
 - Reduzierung von Masseanhäufungen in den Eckbereichen

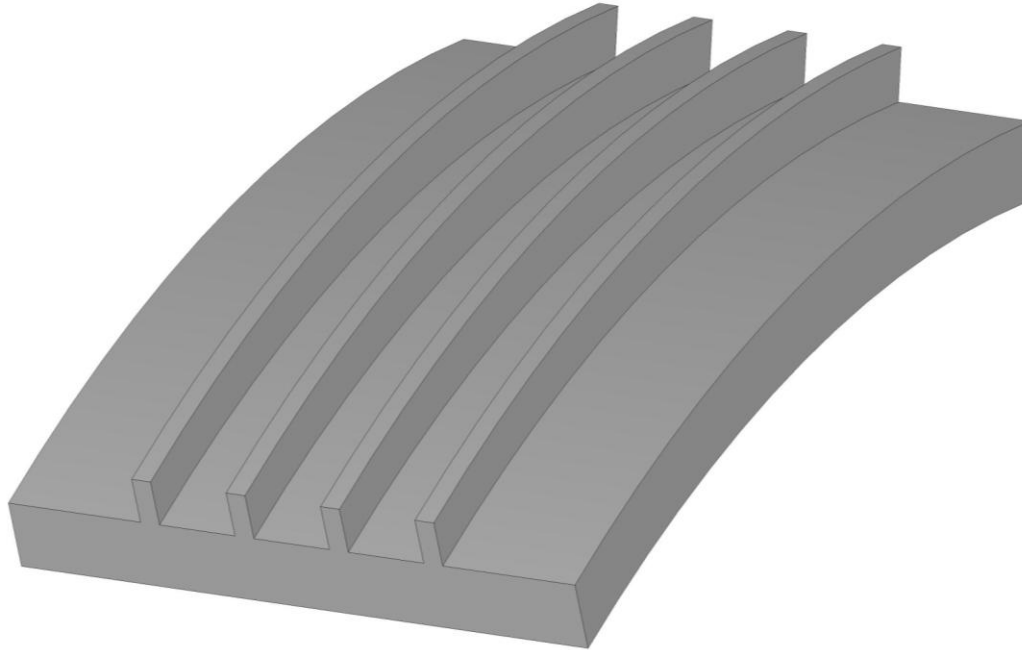


- ▶ Maßnahmen gegen den Eckenverzug
 - Reduzierung von Masseanhäufungen in den Eckbereichen

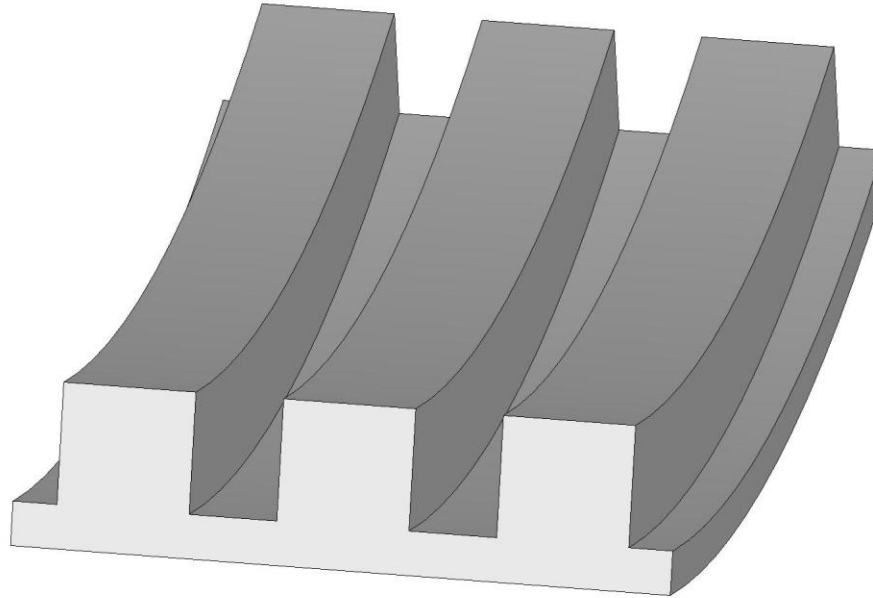


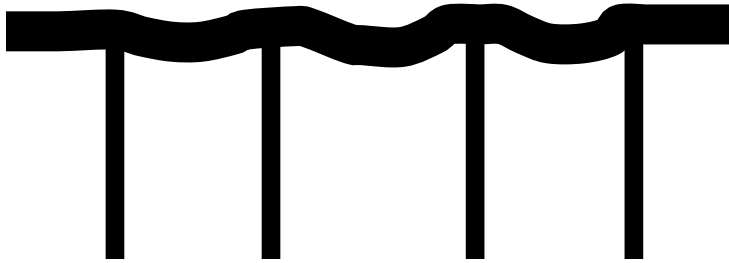
$$d_2 = 1.2 \text{ bis } 1.3 * d_1$$

- ▶ Verzug durch dünnwandige Rippen an einer dickwandigen Platte (ungefülltes Material)

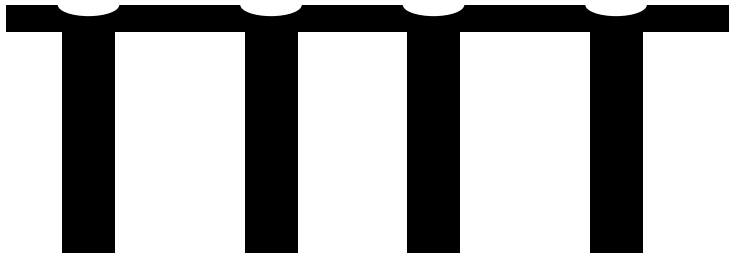


- ▶ Verzug durch dickwandige Rippen an einer dünnwandigen Platte (ungefülltes Material)





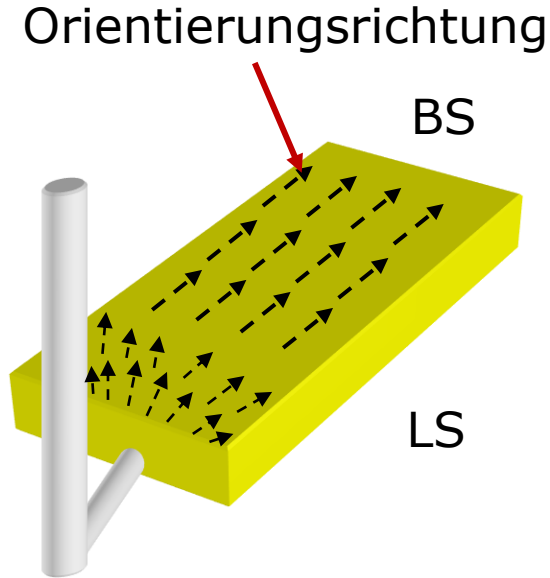
Dünne Rippen „drücken“
die Wandung nach außen



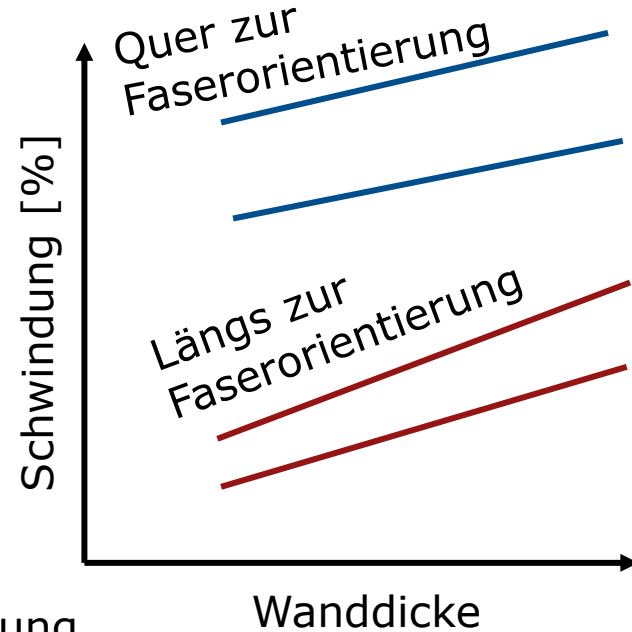
Dicke Rippen „ziehen“
die Wandung nach innen

- ▶ Anisotropie des Schwindungsverhaltens durch das Material
- ▶ Unterscheidung in amorphe und teilkristalline Thermoplaste ist notwendig
- ▶ Die Berücksichtigung von Eigenschaften wie dem Molekulargewicht, der Molekulargewichtsverteilung und der chemischen Struktur ist notwendig
- ▶ Die Anisotropie der Werkstoffe (lineare Schwindungsunterschiede) berücksichtigen
- ▶ Unterteilung in drei Kategorien
 - ▶ Längsschwindung > Breitenschwindung (z.B. PP)
 - ▶ Breitenschwindung > Längsschwindung (gefüllte Materialien)
 - ▶ Schwindungsarme Kunststoffe (z. B. ABS, PC, PMMA)

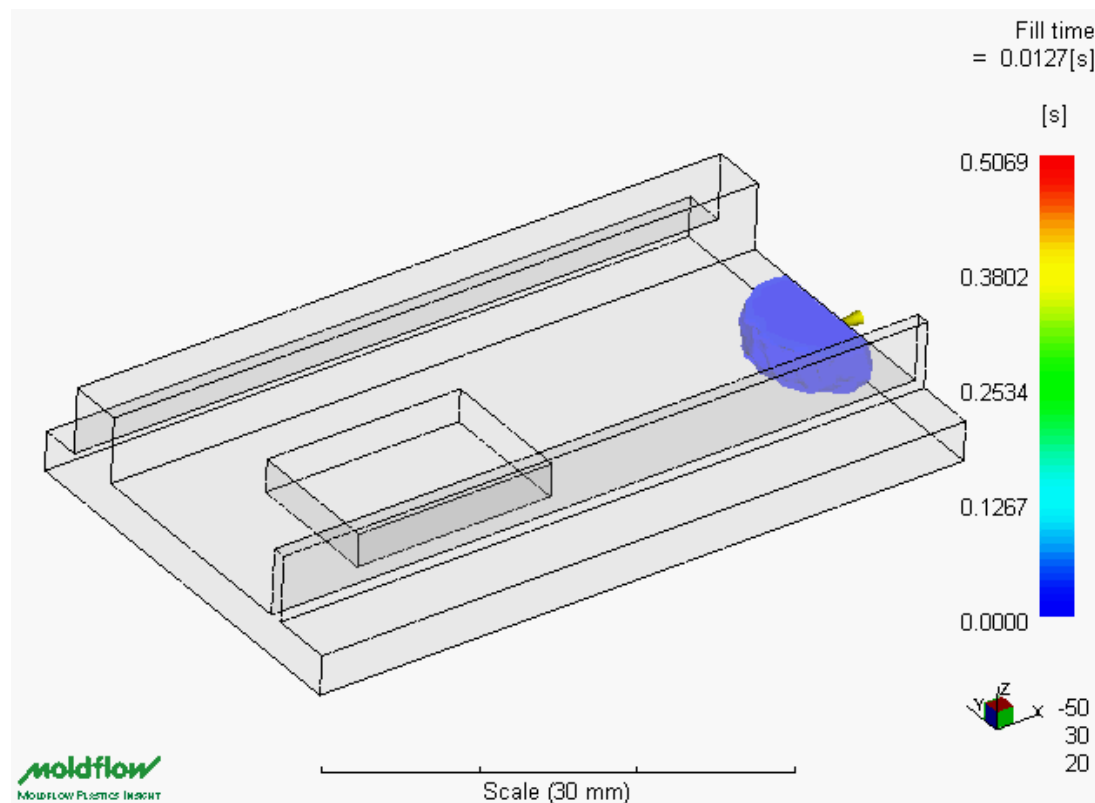
Verzug durch richtungsabhängiges Schwindungsverhalten



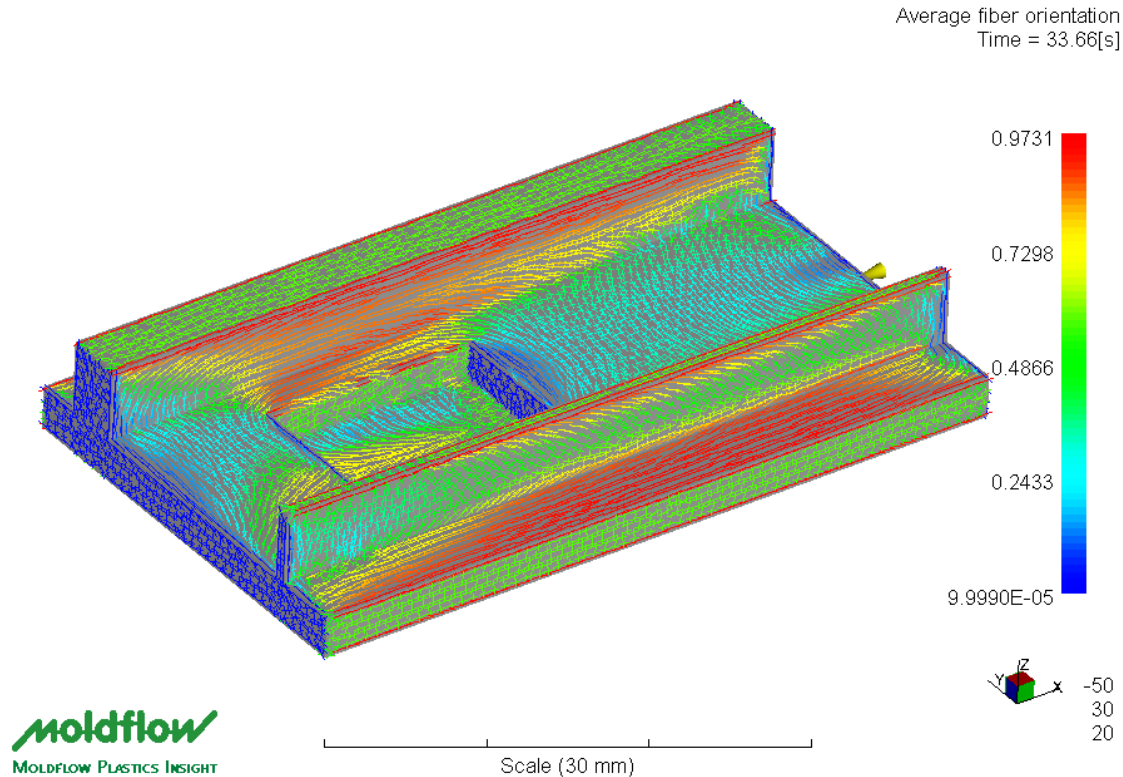
- ▶ Längsschwindung (LS) in Orientierungsrichtung
- ▶ Breitenschwindung (BS) quer zur Orientierungsrichtung



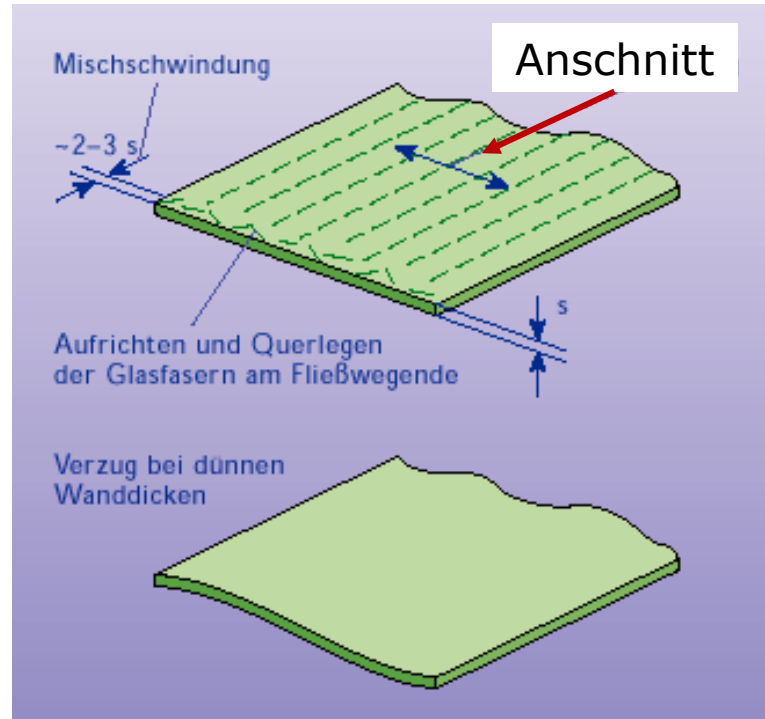
Verzug durch richtungsabhängiges Schwindungsverhalten



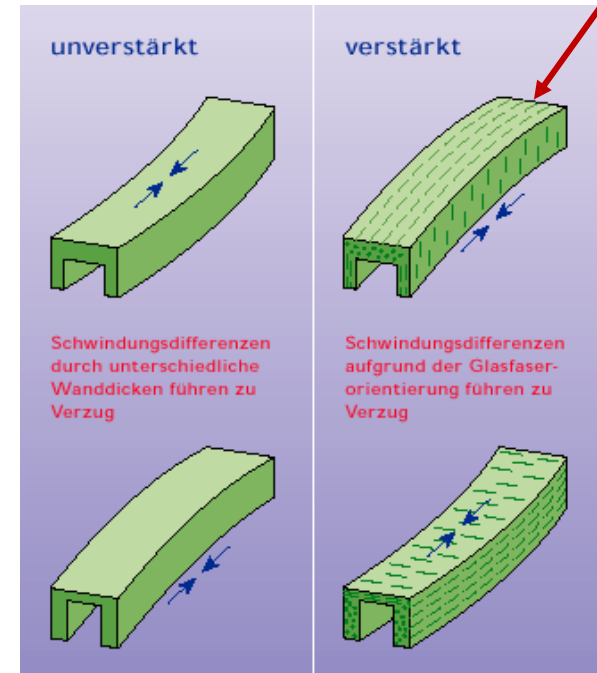
Verzug durch richtungsabhängiges Schwindungsverhalten



Verzug durch richtungsabhängiges Schwindungsverhalten



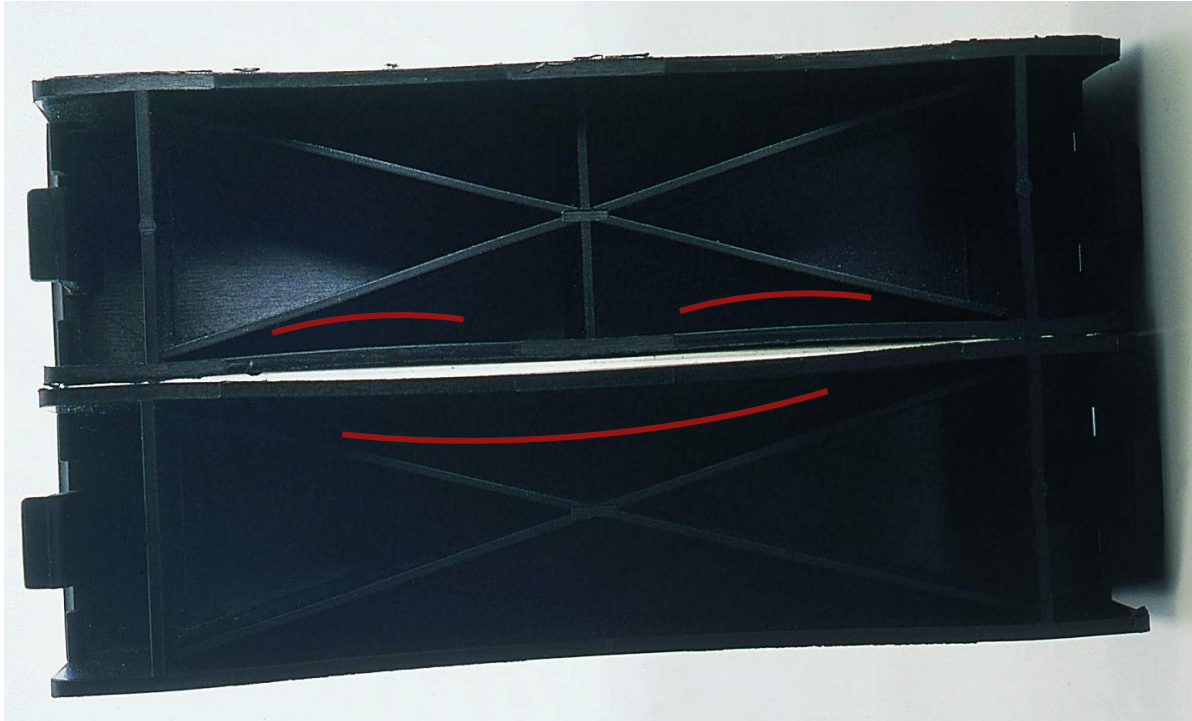
Anschnitt



Copyright Bayer MaterialScience AG

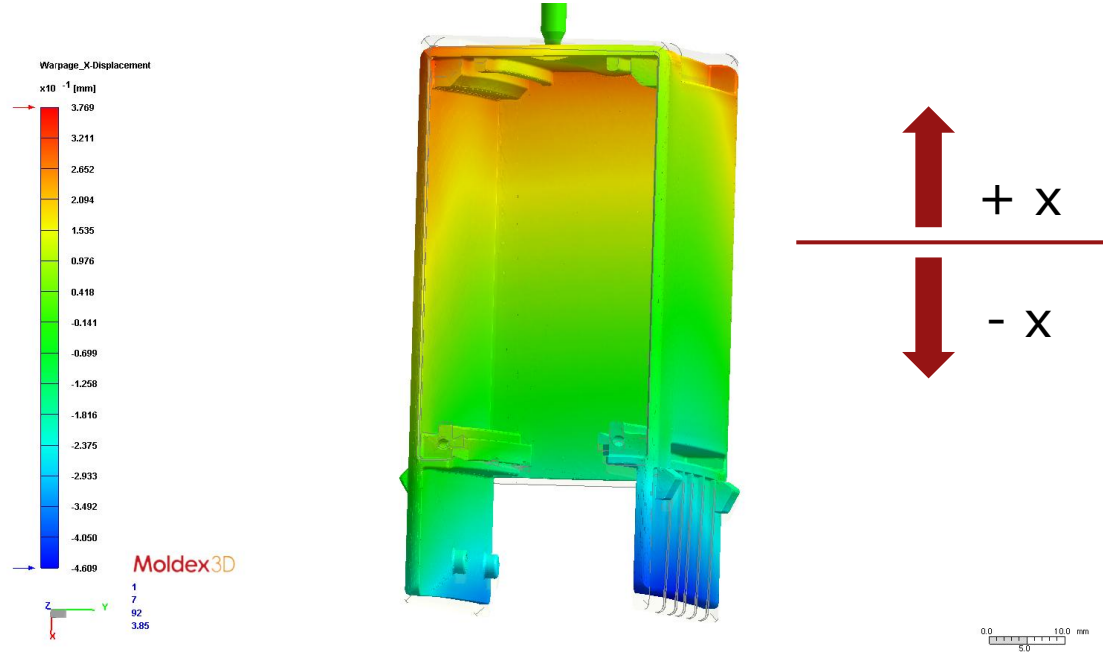
Verzug durch ungleichmäßige Abkühlung

- ▶ Verzug durch dickwandige Rippen an einer dünnwandigen Platte (ungefülltes Material)



Verzug durch ungleichmäßige Abkühlung

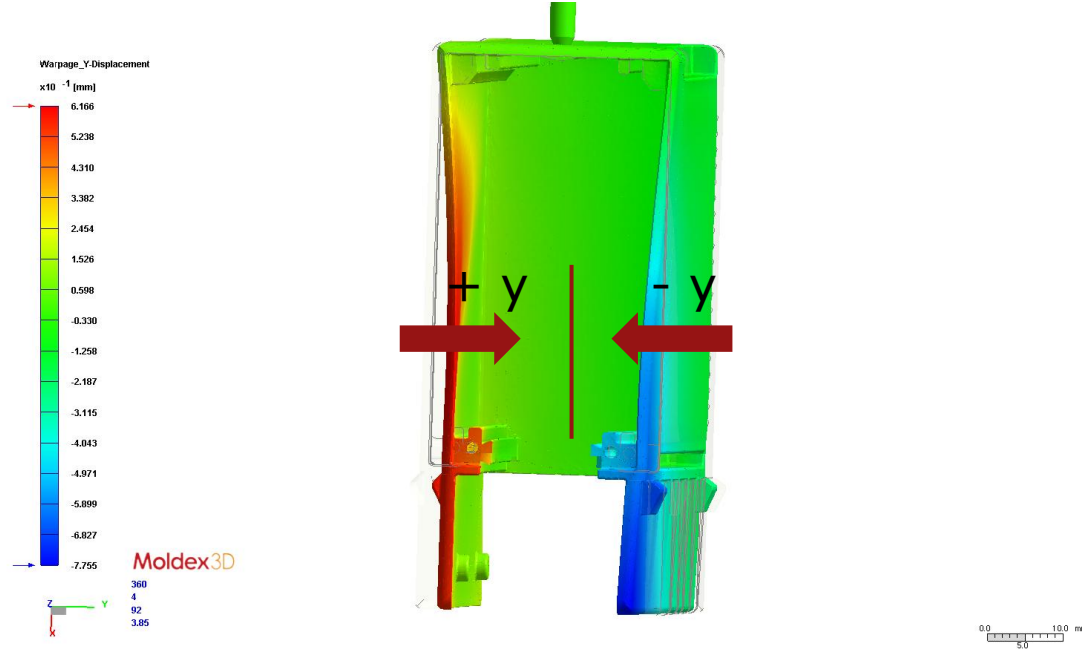
- Verzugsanteil in X-Richtung (**5-fach** verstärkte Darstellung)



(max. Skalierung: 0,38 mm / -0,46 mm)

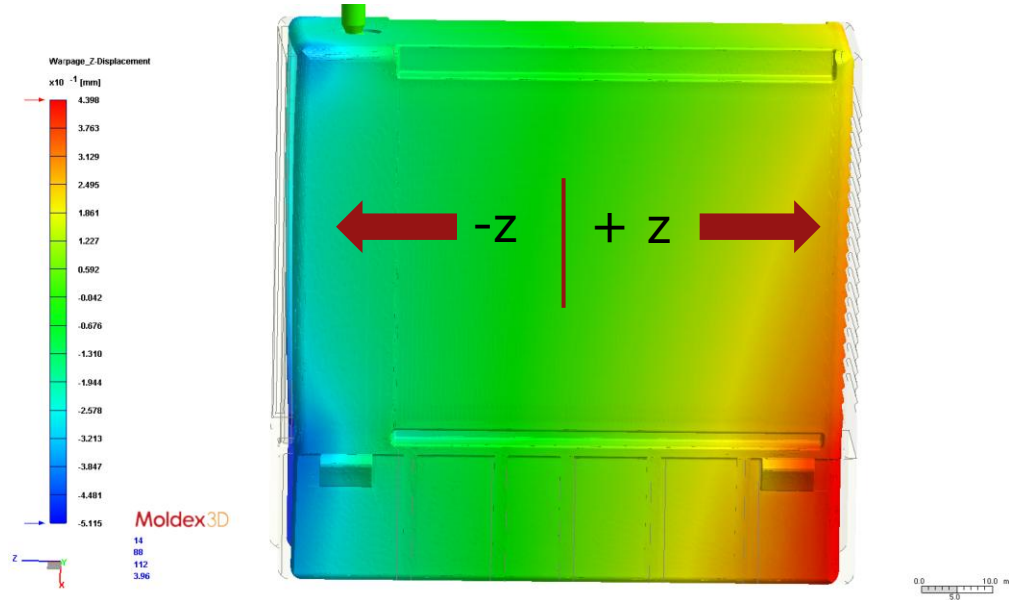
Verzug durch ungleichmäßige Abkühlung

- Verzugsanteil in Y-Richtung (**5-fach** verstärkte Darstellung)



(max. Skalierung: 0,61 mm /-0,77 mm)

- Verzugsanteil in Z-Richtung (**5-fach** verstärkte Darstellung)



(max. Skalierung: 0,44 mm / -0,51 mm)

- ▶ Folgende Hinweise sollten bezüglich der Simulation beachtet werden
 - ▶ Anhand des thermischen oder faserbasierten Anteils bei Verzugsergebnissen können bereits im Vorfeld verfahrenstechnische Abhilfemaßnahmen bewertet werden. Bei fasergefüllten Werkstoffen kann dies nur bedingt erfolgen
 - ▶ Die Genauigkeit eines Verzugsergebnisses ist abhängig von
 - ▶ Der Geometriaufbereitung
 - ▶ Netzerstellung
 - ▶ Auswirkung der Anschnittlage beachten (Orientierung)
 - ▶ Die Kavität von dick nach dünn Füllen
 - ▶ Das Fließweg/Wanddicken-Verhältnis nicht zu hoch wählen
 - ▶ Verwendung des richtigen Werkstoffes
 - ▶ Einstellung der Verfahrensparameter
 - ▶ Die Werkzeugtemperierung gezielt zur Korrektur des Verzugs nutzen sowie der generelle Einsatz einer Temperierung!
 - ▶ Verwendung von Materialien mit unterschiedlicher Wärmeleitfähigkeit
 - ▶ Die verzugsgefährdeten Bereiche konstruktiv entsprechend gestalten
 - ...
- ▶ **und besonders durch den Abgleich der Parametereinstellungen zwischen Theorie und Praxis**

- ▶ Erstellung von Animationen
 - ▶ Rheologie
 - ▶ Verzugsverhalten (siehe Vortrag)
- ▶ Exportieren der Berechnungsergebnisse in Viewer Daten
 - ▶ Kostenlose Viewer-Software bei den renommierten Herstellern erhältlich
 - ▶ Sichtung der Daten nach Kundenwünschen (Ansichten)

- ▶ DOE (Design of Experiment)
 - ▶ Festlegung des Qualitätskriteriums

Moldex3D-Expert/AutoDesign - DOE Optimizer : [Run2]

Option **Quality Factor** Control Factor DOE Summary

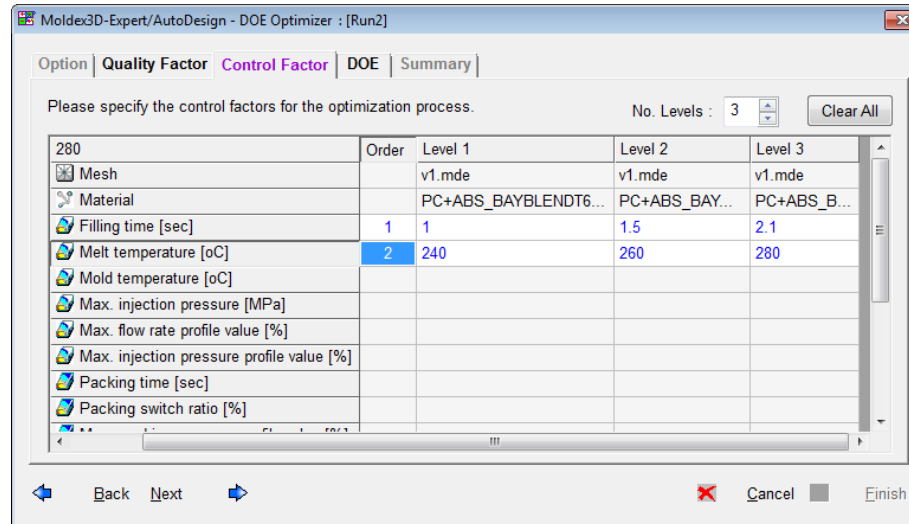
Please specify the quality factors for optimization analysis. Clear All

Quality Factor	Select	Characteristic	Target Value	Weighting(%)
Cooling time required. [sec]	☐			
Part temperature at EOC [oC]	☐			
Warpage - Volumetric shrinkage [%]	☐			
Warpage - X-displacement [mm]	☐			
Warpage - Y-displacement [mm]	☐			
Warpage - Z-displacement [mm]	☐			
Warpage - Total displacement [mm]	☒	Small the Better		100
Warpage - Flatness [mm]	☐			

Additional factors : Warpage - Linear shrinkage between two nodes Add

Back Next Cancel Finish

- ▶ DOE (Design of Experiment)
 - ▶ Festlegung der Parametervarianten
 - ▶ Z.B. Einspritzzeit
 - ▶ Und Schmelzetemperatur



- ▶ DOE (Design of Experiment)
 - ▶ Automatische Variantenerstellung mit 6 Parametervariablen
 - ▶ Ergeben 9 Varianten mit Ergebnisdarstellung und der daraus berechneten, bestmöglichen Variante

Moldex3D-Expert/AutoDesign - DOE Optimizer : [Run2]

Option | Quality Factor | Control Factor | **DOE** | Summary

Please select the orthogonal array for the DOE optimization No. runs to be analyzed : 9

Taguchi L9 (3⁴) Orthogonal Array

Run	F1	F2	F3	F4
R1	1	1	1	1
R2	1	2	2	2
R3	1	3	3	3
R4	2	1	2	3
R5	2	2	3	1
R6	2	3	1	2
R7	3	1	3	2
R8	3	2	1	3
R9	3	3	2	1

Number of Control Factors
Selected : 2
Available : 4

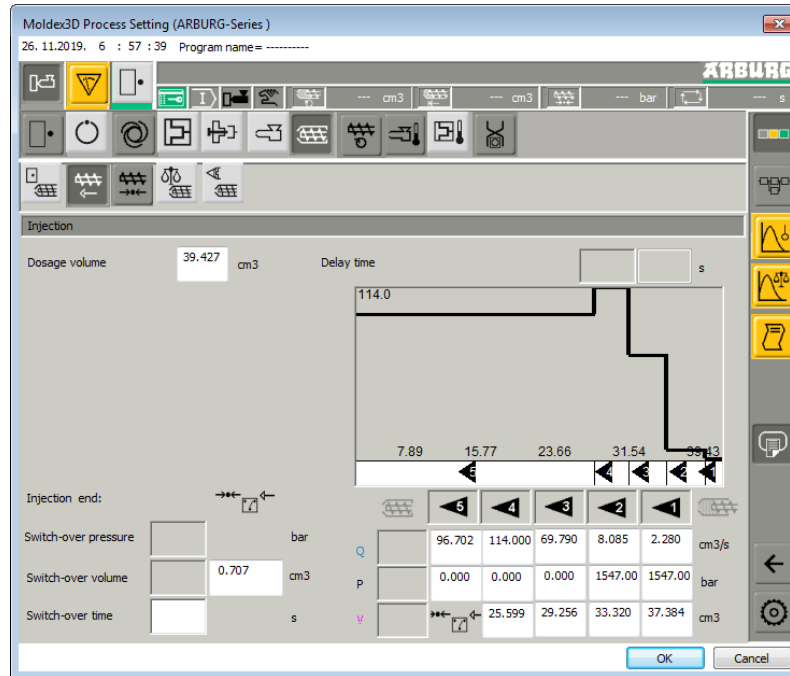
Number of Levels
Selected : 3
Available : 3

Run optimized design based on
☒ S/N Ratio ☐ Quality Response

DOE Analysis Setting
☒ Run cooling for mold temperature
☐ Consider runner effect

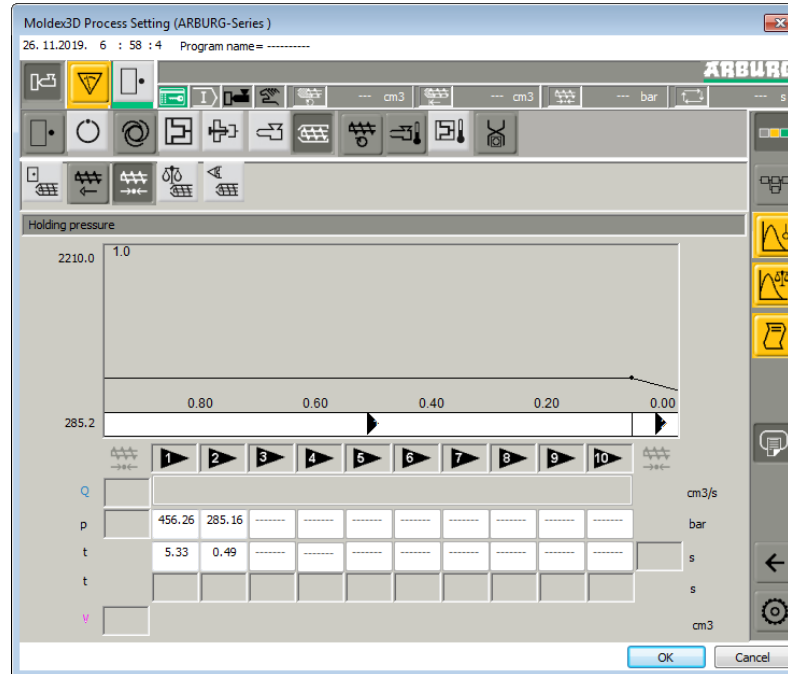
Back Next Cancel Finish

- ▶ Maschineneinstellungen
 - ▶ Verfahrensparameter über Maschinenlayout einstellbar



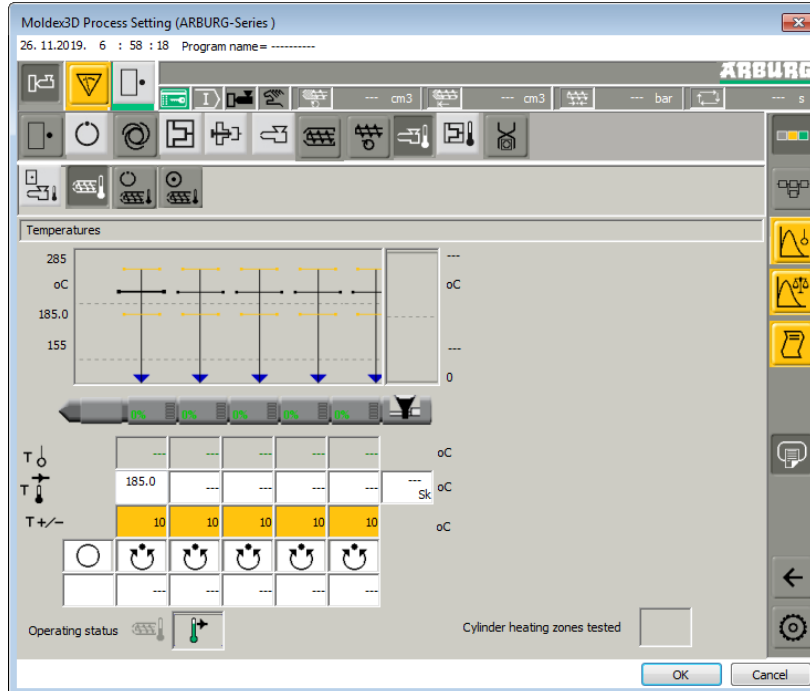
Einspritzprofil

- ▶ Maschineneinstellungen
 - ▶ Verfahrensparameter über Maschinenlayout einstellbar



Nachdruckprofil

- ▶ Maschineneinstellungen
 - ▶ Verfahrensparameter über Maschinenlayout einstellbar



Düsentemperatur

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Sebastian Daute
+49 (0) 23 51.10 64-171
daute@kimw.de

Kunststoff-Institut Lüdenscheid
Karolinenstraße 8
58507 Lüdenscheid
www.kimw.de