Methoden zur vereinfachten Modellierung teilgefüllter und verschlossener Flüssigkeitsbehälter in der Konsumgüterindustrie mit Abaqus

O. Valtiner, D. Pielmeier and Ch. Plankel

4a Technologietag 2016, 25.-26. Februar 2016, Schladming, Österreich

Inhalt

- ALPLA stellt sich vor
- Modellansätze
  - Methode 1: Implizit
  - Methode 2: Explizit
- Überprüfung der Methoden
- Anwendungsbeispiel
- Zusammenfassung

ALPLA - Meilensteine

- **1955** – Alpenplastik Lehner Alwin OHG gegründet von Alwin und Helmuth Lehner,
  Produktion von Verschlüssen für lokalen Senfhersteller Lustenauer

- **1968** – Erstes Werk in Lateinamerika, San Joaquín, Venezuela

- Mitte **1980s** – PET ersetzt PVC. ALPLA entwickelt:
  - Erste Two-Stage PET-Flasche
  - Erste 2-Layer Flasche (NIVEA)
  - Erste PCR-Flasche am Markt (1L Lenor 3 Layer Coex-Flasche)

- **1985** – Eröffnung des ersten Inhouse-Werkes in Lomazzo, Italien

- **1988** – Eröffnung des Global-Technical-Centers Hard,
  Weitere Werke in Westeuropa

- **1990** – Expansion in Osteuropa
  (Ungarn, Polen, Tschechien und Russland)

- **2001** – Erstes Werk in den USA (Atlanta) und Asien (Bangkok)

- **2007** – Große Eröffnung des ALPLA Tianjin in China, 100. Werk,
  Technopet Acquisition (3 Werke für Preforms)

- **2011** – Acquisition von PET Recycling Team Gmbh of Austria

- **2014** – Erstes Werk in Afrika (Kempton Park, Südafrika)

- **Aktuell:** 160 Werke in 41 Ländern

ALPLA - Fakten

Jahresumsatz 2014: 3,13 Mrd. Euro

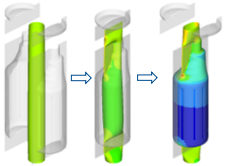
- ⇨ **16.000** Mitarbeiter weltweit
- ⇨ **160** Produktionsstätten in **41** Ländern weltweit

Modelling & Simulation

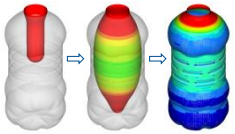
➡ Typen von Simulation

Prozesssimulation

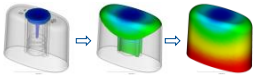
EBM



SBM



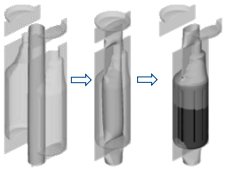
IM

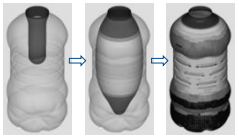


Modelling & Simulation

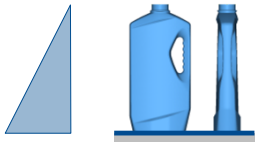
➡ Typen von Simulation

Prozesssimulation ⇨ Verteilung von: Wandstärke, Steifigkeit,… ⇨ Produktsimulation

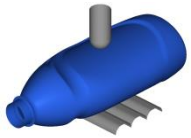
EBM 

SBM 

IM

Bulging 

Top load

Squeeze 

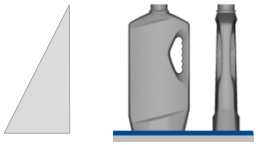
etc...

Zustände des Gebindes

➡ Mögliche Zustände

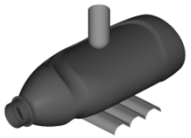
Produktsimulation

Bulging

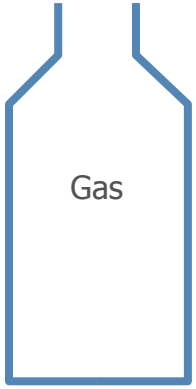


Top load

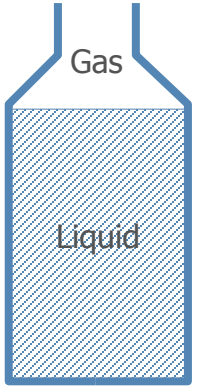
Squeeze



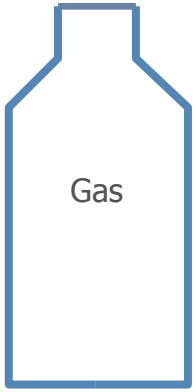
etc...



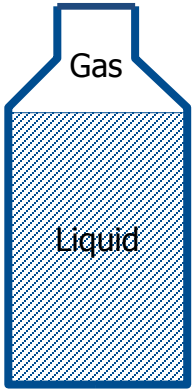
Leer/offen



Teilgefüllt/offen



Leer/verschlossen



Teilgefüllt/verschlossen

Modellansätze für teilgefüllte/verschlossene Gebinde

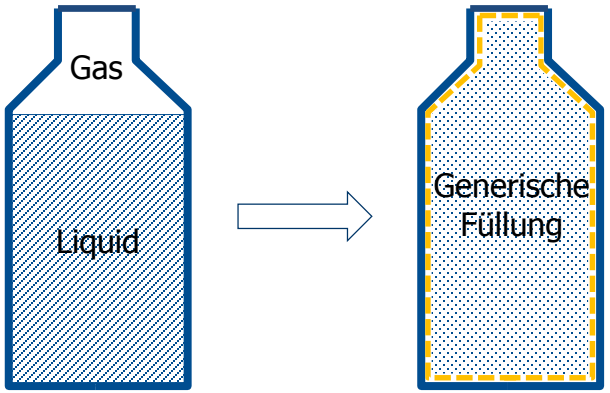
- Anforderungen
  - Keine Vernetzung des Inhaltes
  - Nur Schalenelemente
  - Geringe Rechenzeit

- Annahemen
  - Isothermer Prozess
  - Ideales Gas
  - Liquid
    - Inkompressibel
    - Keine thermische Ausdehnung
    - Gravitations- und Spritzeffekte vernachlässigbar

Modellansätze für teilgefüllte/verschlossene Gebinde

➡ Generell

Surface-based fluid cavity:
- DOF 8 = pressure $\boldsymbol{p}$
- Temperature θ



Methode 1:
- Dichte $\rho(\boldsymbol{p}, \theta)$

Benutzerdefiniertes Materialgesetz (UFLUID) (Abaqus/Standard)

Pneumatisches Fluid

Hydraulisches Fluid

Mischung idealer Gase (Abaqus/Explicit)

Methode 2:
- Kompressionsmodul $K(\boldsymbol{p}, \theta)$
- Temperaturausdehnung $\alpha(\theta)$

Methode 1 (UFLUID)

- User subroutine UFLUID
  - Benötigte Größen

Dichte

$$\rho(\boldsymbol{p}, \theta)$$

Temperature compliance

$$C_\theta = -\rho^{-2} \frac{d\rho}{d\theta}$$

Pressure compliance

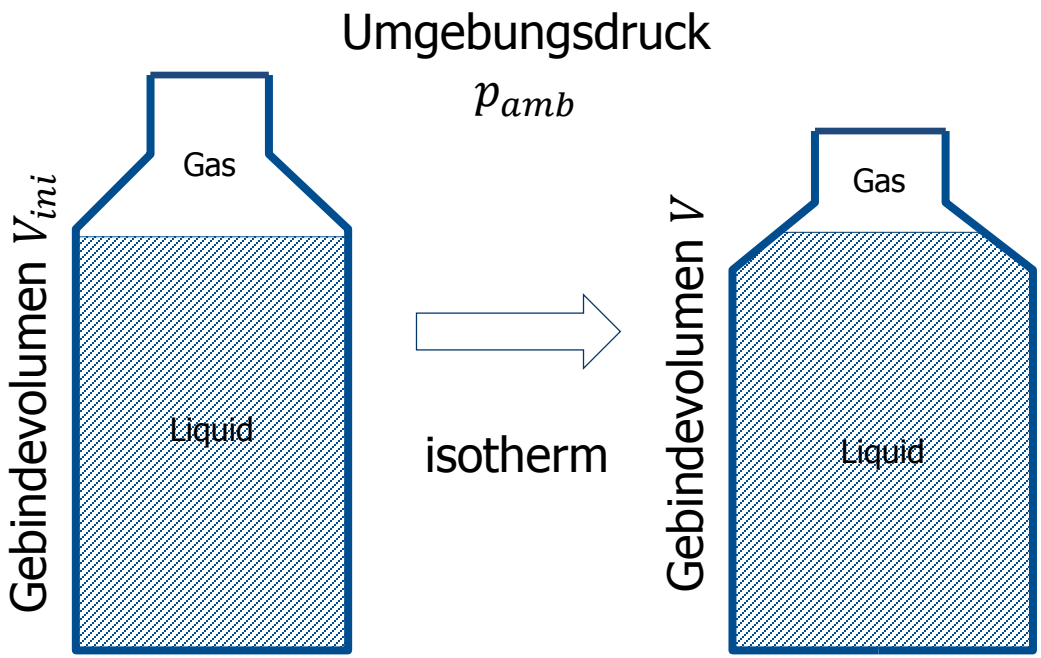
$$C_p = -\rho^{-2} \frac{d\rho}{dp}$$

Methode 1 (UFLUID)

➡ Bestimmung der Dichte $\rho(p, \theta)$

Gas:
p_{ini}, $V_{G,ini}$, θ_{ini}
R_s
$m_{G,ini}$

Liquid:
V_L, m_L



Gas:
$\boldsymbol{p}$, V_G, θ
R_s
$m_G = m_{G,ini}$

Liquid:
V_L, m_L

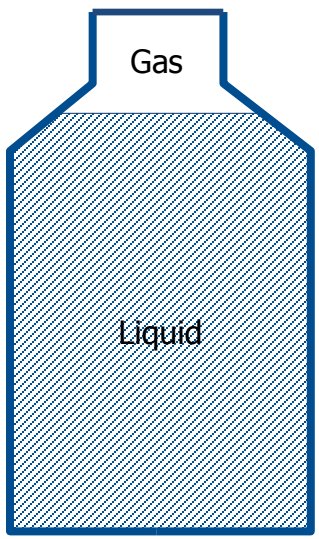
Methode 1 (UFLUID)

➡ Bestimmung der Dichte $\rho(p,\theta)$

Umgebungsdruck

p_{amb}

Gebindevolumen V



Gas:

$\boldsymbol{p}$, V_G, θ

R_s

$m_G = m_{G,ini}$

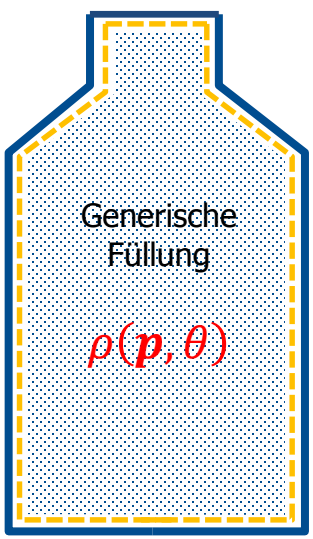
Liquid:

V_L, m_L

$$\rho(\boldsymbol{p},\theta) = \frac{m}{V(\boldsymbol{p},\theta)}$$

$$m = m_G + m_L = const.$$

$$V(\boldsymbol{p},\theta) = V_G + V_L$$

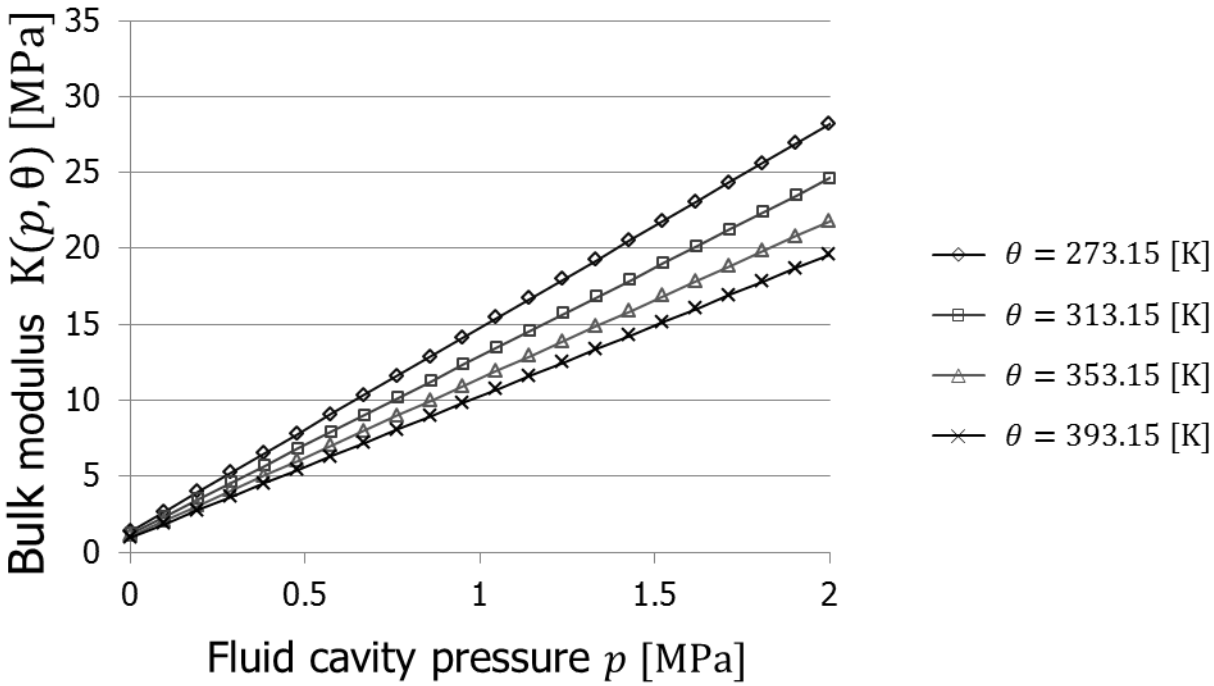


$$V_G = \frac{(p_{ini}+p_{amb}) * \theta * V_{G,ini}}{(\boldsymbol{p}+p_{amb}) * \theta_{ini}} \quad \text{(Ideales Gas)}$$

Methode 2 (Hydraulisches Fluid mit Kompressionsmodul $K(p,\theta)$)

➡ Kompressionsmodul $K(p,\theta)$ eines hydraulischen Fluids

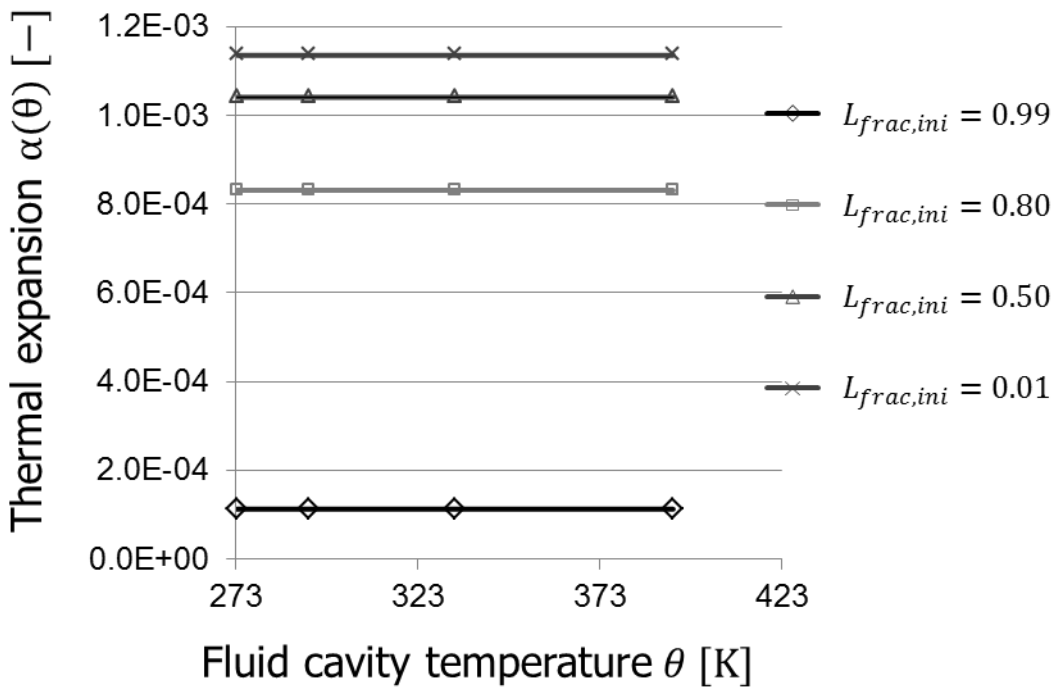
$$K(p,\theta) = -p * \left(\frac{V(p=0,\theta_{ini})}{V(p,\theta) - V(p=0,\theta)} \right)$$



Methode 2 (Hydraulisches Fluid mit Kompressionsmodul $K(p,\theta)$)

➡ Temperaturausdehnung $\alpha(\theta)$

$$\alpha(\theta) = \left(\frac{\rho(p=0,\theta_{ini})}{\rho(p=0,\theta)} - 1\right) * \frac{1}{3 * (\theta - \theta_{\mathrm{ini}})}$$

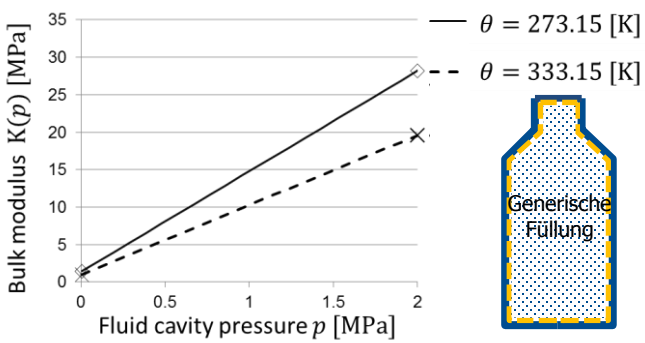


Methode 2 (Hydraulisches Fluid mit Kompressionsmodul $K(p,\theta)$)

➡ Input des Kompressionsmoduls $K(p,\theta)$ in Abaqus

```
*FLUID BULK MODULUS, DEPENDENCIES=1
  2.0897,  273.15,   0.0
  1.2962,  333.15,   0.0
 28.2865,  273.15,   2.0
 19.9533,  333.15,   2.0
```

K	θ	Field variable (p_i)



Methode 2 (Hydraulisches Fluid mit Kompressionsmodul $K(p,\theta)$)

➡ Input des Kompressionsmoduls $K(p,\theta)$ in Abaqus

```
*FLUID BULK MODULUS, DEPENDENCIES=1
  2.0897,  273.15,   0.0
  1.2962,  333.15,   0.0
 28.2865,  273.15,   2.0
 19.9533,  333.15,   2.0
```

K | θ | Field variable (p_i)

Field variable (p_{i+1})

Customized amplitude (p_{i+1})
UAMP or VUAMP

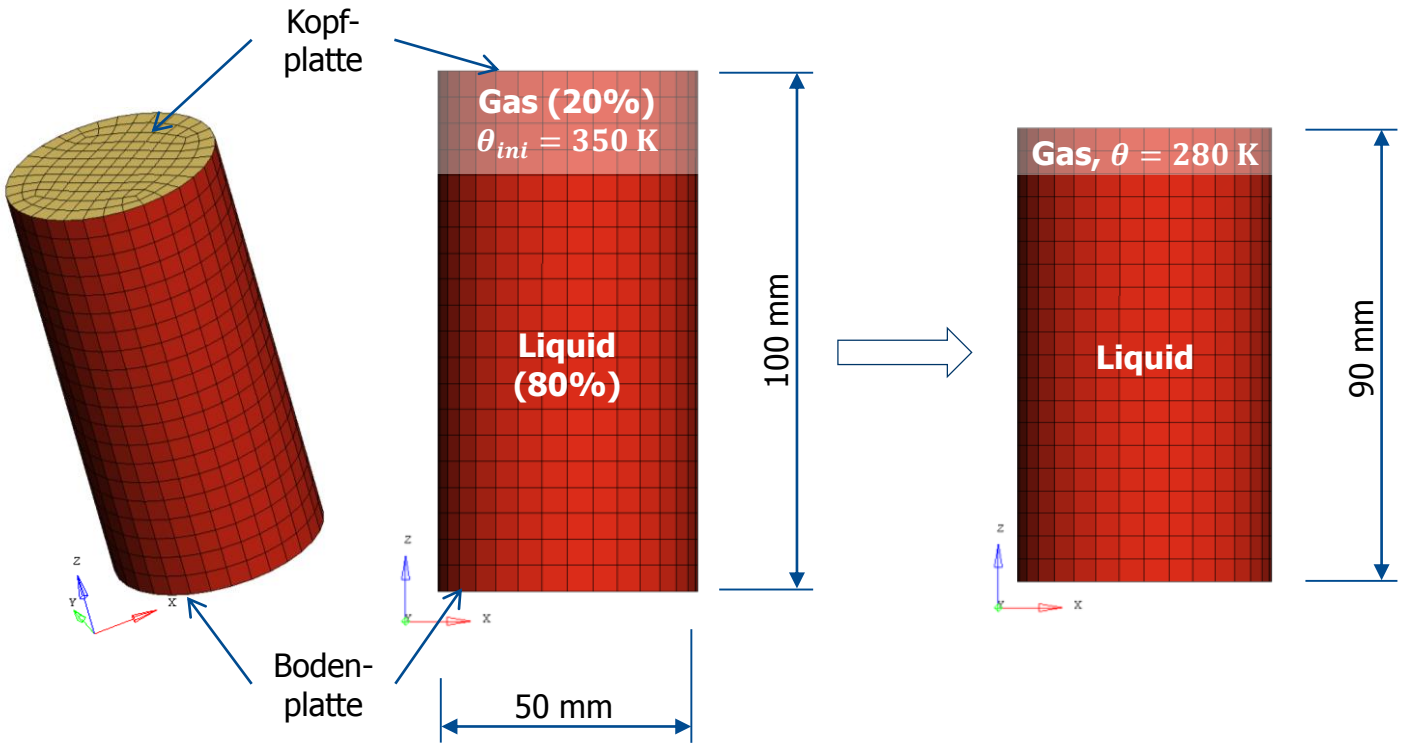
Sensor (p_{i+1})

Increment $i+1$

```
*STEP
....
*OUTPUT, HISTORY, SENSOR
*NODE OUTPUT, NSET=refnode
PCAV
```

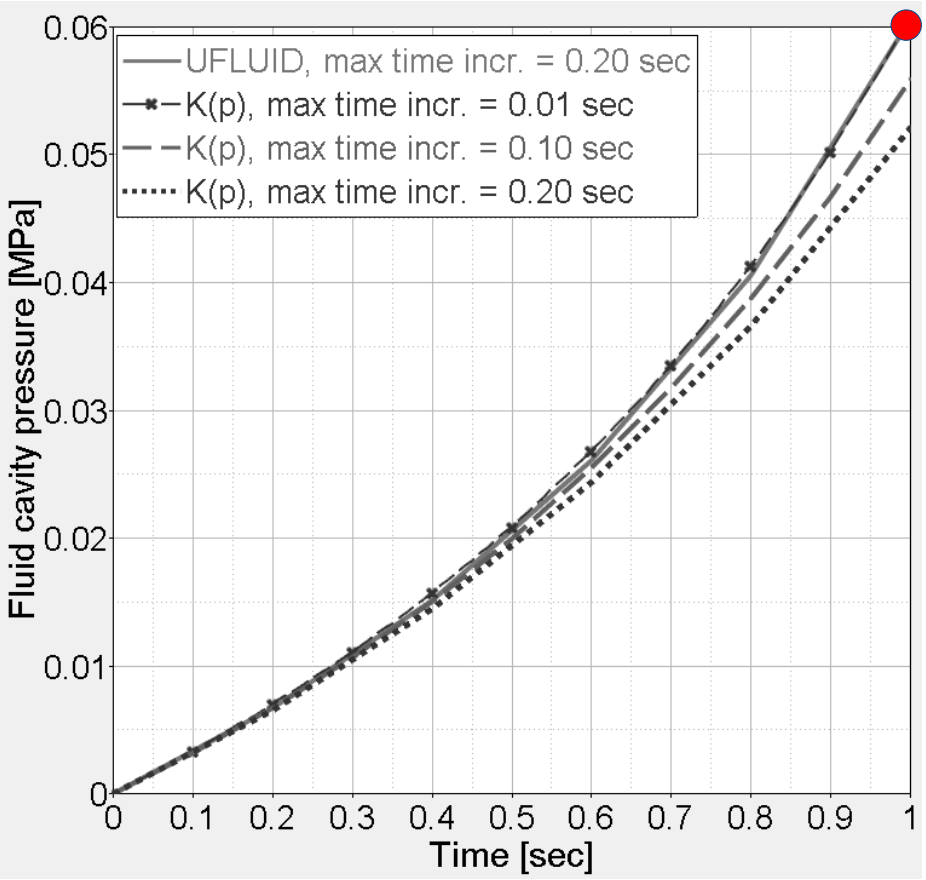
Überprüfung der Methoden

➡ Simulation vs. analytische Lösung



Überprüfung der Methoden

➡ Simulation vs. analytische Lösung

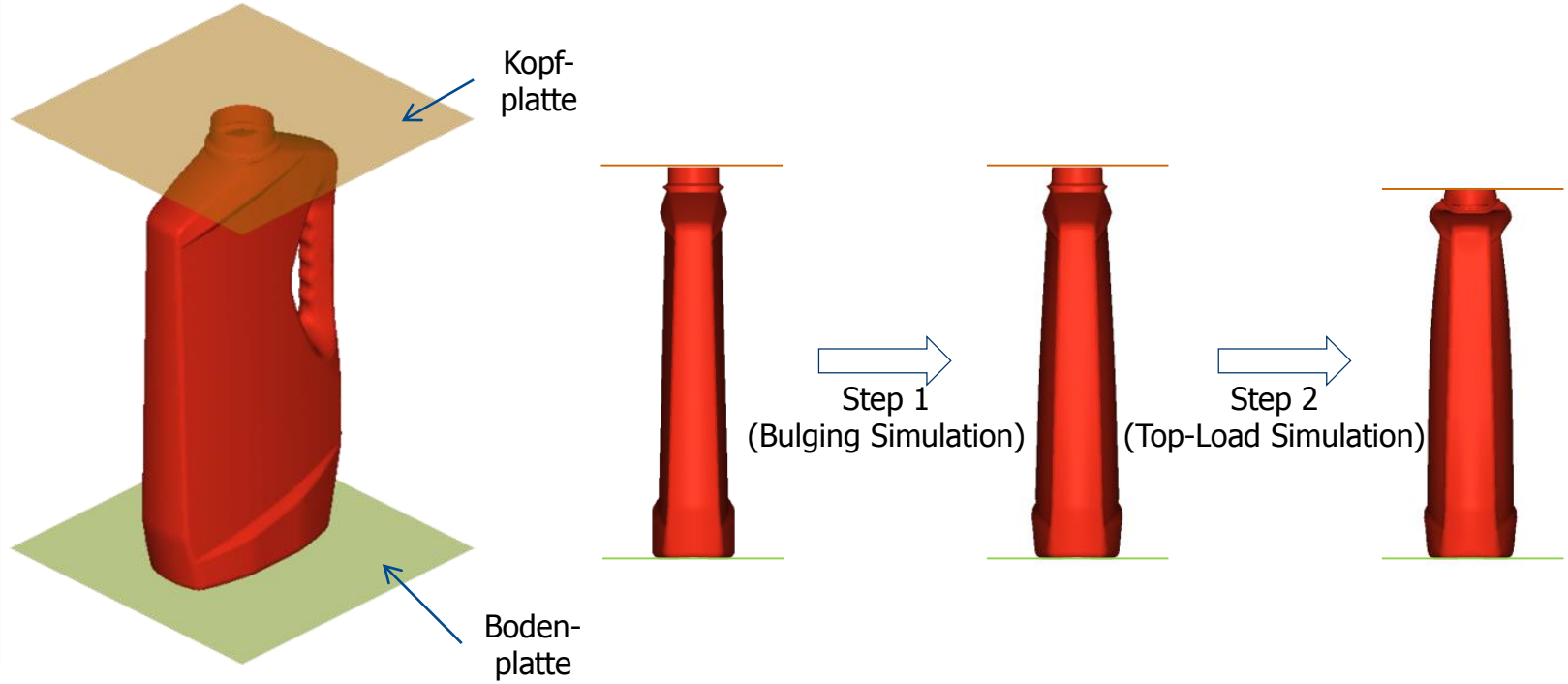


● Analytische Lösung bei Time=1:

$p = 0.060795\ MPa$

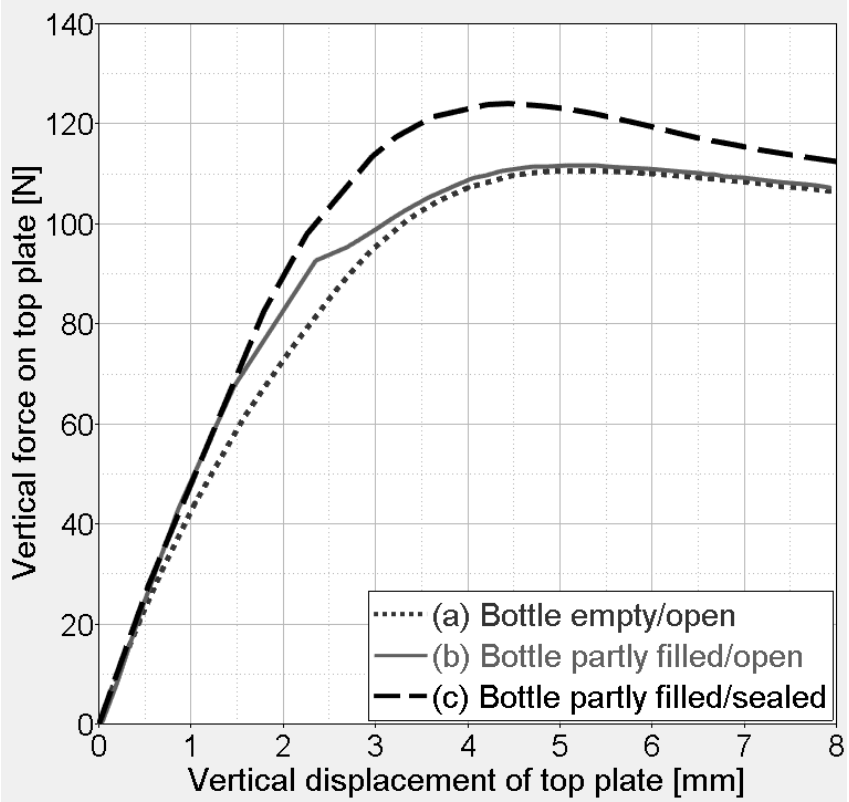
Anwendungsbeispiel: Top-Load

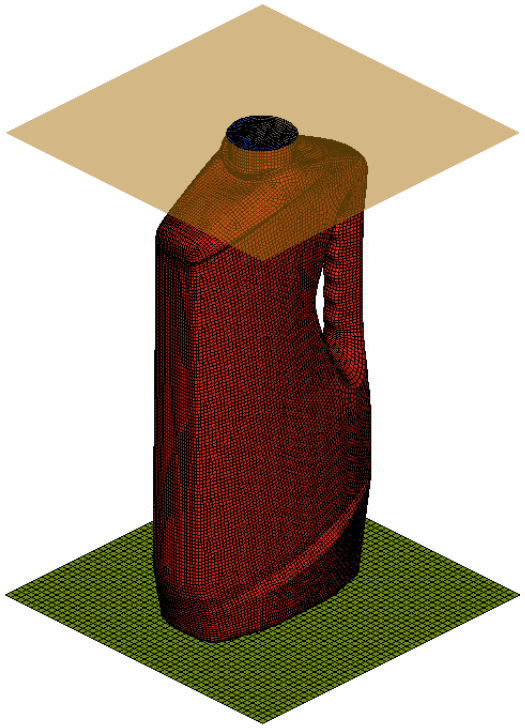
➡ Top-Load Simulation mittels Methode 1 (UFLUID)



Anwendungsbeispiel: Top-Load

➡ Top-Load Simulation mittels Methode 1 (UFLUID)

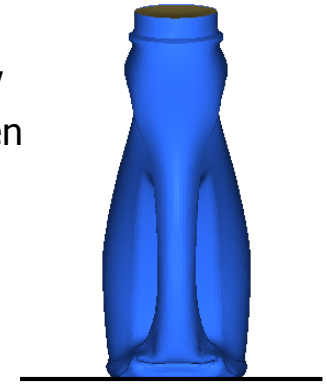




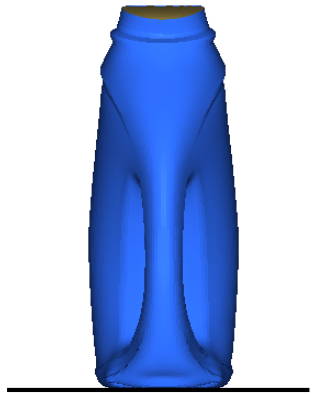
Anwendungsbeispiel: Drop-Simulation

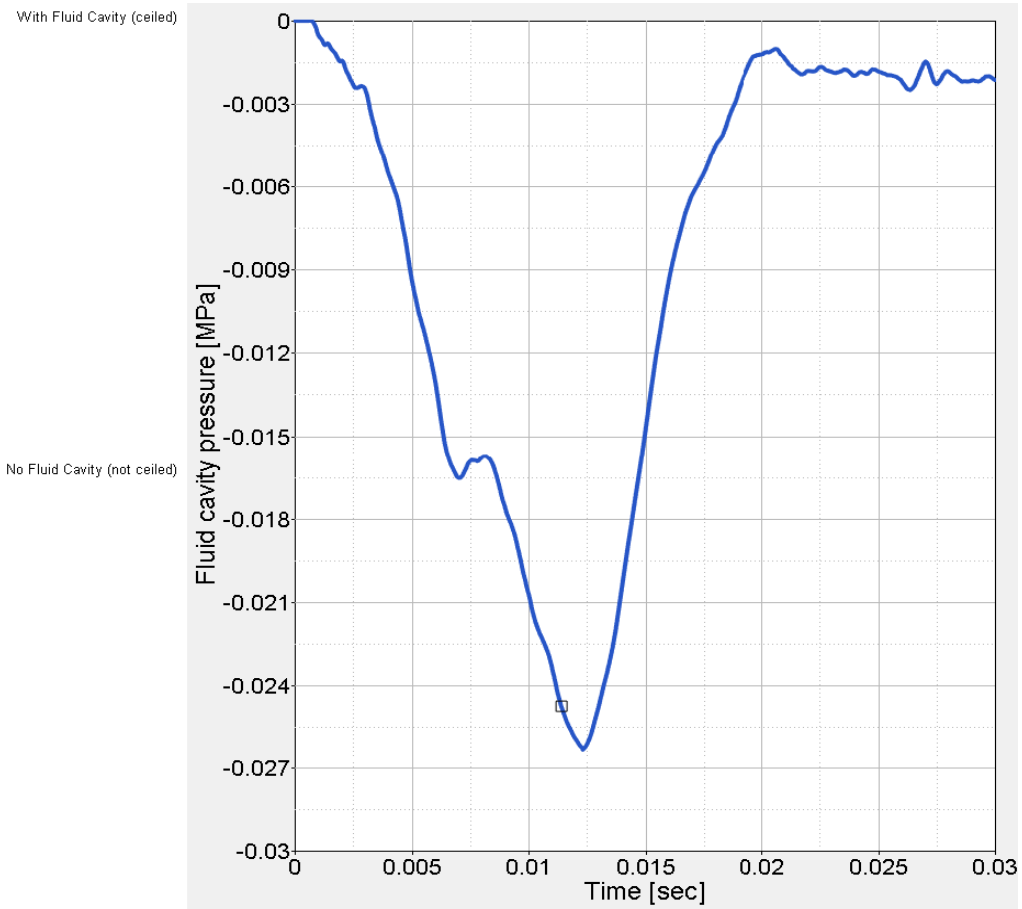
➡ Drop-Simulation mittels Methode 2 (Hydraulisches Fluid mit Kompressionsmodul $K(p,\theta)$)

Teilgefüllt/ verschlossen



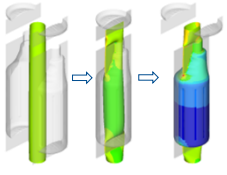
Teilgefüllt/ offen



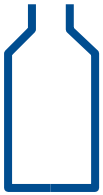


Zusammenfassung

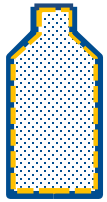
- Vielfältige Simulationen für Gebinde



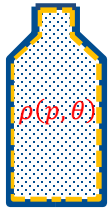
- Unterschiedliche Zustände

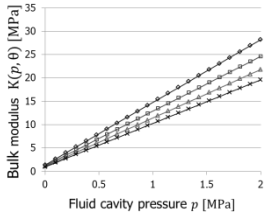


- Modellansätze mit Abaqus surface-based fluid cavity



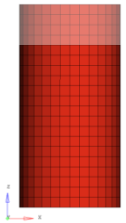
  - ⇨ User subroutine UFLUID (implizit)





  - ⇨ Hydraulisches Fluid mit Kompressionsmodul $K(p,\theta)$ (explizit)

- Erfolgreiche Überprüfung und Anwendung der Methode



Danke für Ihre Aufmerksamkeit

ALPLA