

Numerische Simulation von Polyurethan-Schaum auf Makro- und Mikroskala

Polyurethan(PU)-Schäume werden in vielen Bereichen des täglichen Lebens eingesetzt, beispielsweise zur Isolation in Kühlschränken oder zur Erzielung einer ansprechenden Haptik bei Instrumententafeln im Auto. Ziel ist eine möglichst gute Füllung der verwendeten Form bei möglichst geringem Materialeinsatz. Gleichzeitig soll der PU-Schaum bestimmte thermische oder mechanische Eigenschaften erfüllen. Bisher werden Formfüllprozesse mit PU-Schaum größtenteils mit Hilfe von Experimenten an der fertigen Form ausgelegt. Die numerischen Simulationen sollen die Anzahl der nötigen Experimente am Bauteil reduzieren und zu einer Produktverbesserung beitragen.

Zur Bestimmung der Güte der Formfüllung werden Simulationen auf der Makroskala durchgeführt. Der gesamte Formfüllprozess wird auf ein zweiphasiges Problem (Luft/PU-Schaum) reduziert, wobei der PU-Schaum als ein quasihomogenes Fluid betrachtet wird. Nach und nach verdrängt der expandierende Schaum die Luft aus der Form, siehe Abbildung 1.

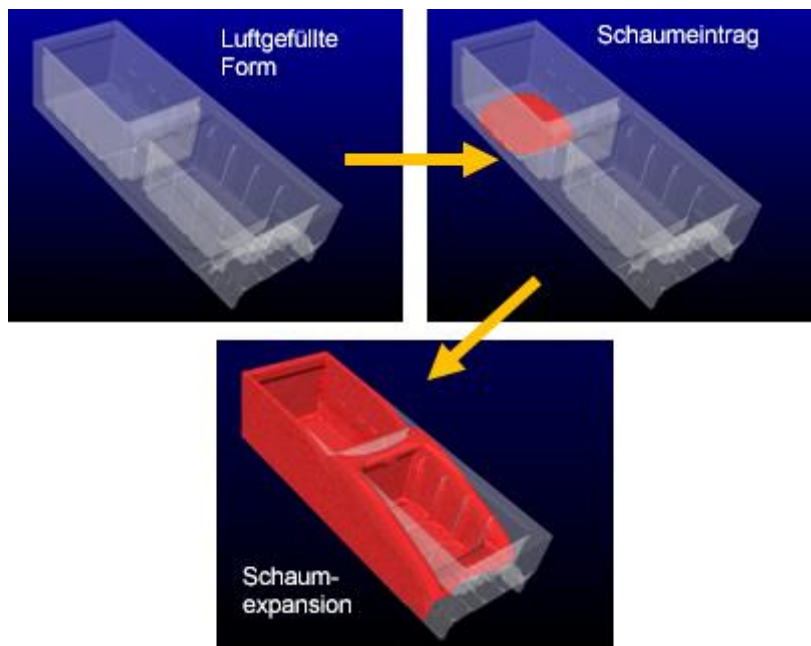


Abbildung 1: Formfüllung mit PU-Schaum reduziert auf ein zweiphasiges Problem (Luft/PU-Schaum).

Eigenschaften wie Wärmeleitfähigkeit oder Druckfestigkeit des PU-Schaums sind von der lokalen Zellstruktur abhängig. Um eine solche Zellstruktur zu erhalten, ist es notwendig, das Blasenwachstum unter den während des Aufschäumprozesses herrschenden Scher-, Temperatur- und Druckbedingungen zu simulieren. Dabei muss die gegenseitige Beeinflussung der Blasen während des Anwachsens mit

berücksichtigt werden. Abbildung 2 zeigt exemplarisch das Blasenwachstum unter Berücksichtigung einer gegenseitigen Beeinflussung.



Abbildung 2: Exemplarisches Blasenwachstum unter Berücksichtigung der gegenseitigen Beeinflussung der Blasen

Zur Kopplung von Makro- und Mikroskala wird zunächst die Formfüllsimulation auf Makroskala durchgeführt. Dabei werden mit Hilfe von Tracer-Partikeln die Deformationshistorie sowie die zeitliche Entwicklung von Dichte, Temperatur und Viskosität aufgenommen. Diese Größen gehen in Form von geeigneten Randbedingungen in die Einzelblasensimulation auf Mikroskala ein. In Abbildung 3 ist dieses Vorgehen veranschaulicht.

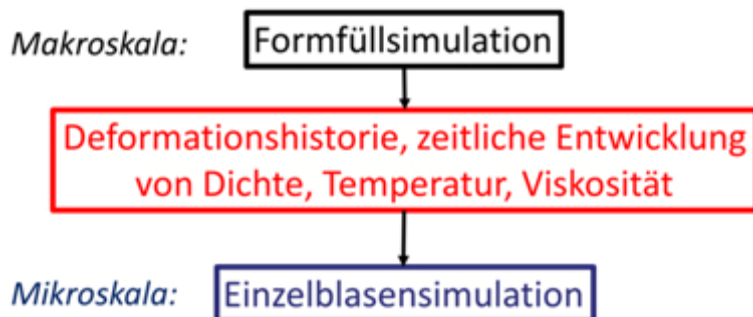


Abbildung 3: Schema der Kopplung zwischen den Simulationen auf Makro- und Mikroskala