

HVG-Mitteilung Nr. 2118

Neue Simulationsmethode zur Berechnung von Heißformgebungsverfahren

A. Möller, NOGRID GmbH, Mainz

Vortrag im Fachausschuss IV der DGG am 10.10.2006 in Würzburg

1. Einleitung

Die NOGRID GmbH ist ein Technologie- und Dienstleistungsunternehmen im Bereich der Berechnung, Bewertung und Optimierung von industriellen Verfahren und Prozessen mit den Mitteln der numerischen Strömungs- und Strukturmechanik.

Zur Lösung von Simulationsaufgaben setzten wir eine neue CFD/CAE-Software ein, die bei der Fraunhofer Gesellschaft entwickelt wurde. Die Software heißt FPM (Finite Pointset Method) und wurde in den letzten Jahren intensiv industriell eingesetzt und hat sich aus diesem Grund rasant weiterentwickelt, so dass wir heute in der Lage sind, dem Kunden in fast allen Bereichen maßgeschneiderte Lösungen hinsichtlich Software, Support und Service anzubieten.

Der größte Vorteil bei der Nutzung unserer Software ist, das FPM kein Netz oder Gitter als Grundlage zur Berechnung von Strömungs- bzw. Festigkeitsaufgaben benötigt. Hierdurch entfallen die bei anderen Methoden aufwendigen Schritte der Gittererzeugung. Auch das Remeshing bei der Simulation von freien Oberflächen und bei bewegten Rändern/Bauteilen im Fluid entfällt. Der zeitliche Aufwand zur Durchführung von Simulationsaufgaben kann dadurch erheblich verkürzt werden. Zudem lassen sich mit dieser Software Lösungen erarbeiten, die mit anderen kommerziell erhältlichen Produkten nicht zu erzielen sind.

Unsere Software erlaubt die Berechnung von Strömungen einschließlich des Wärmetransports. Die Behandlung und Berechnung von freien Oberflächen ist ein natürlicher Bestandteil der Software und wird im Vergleich zu den sonst üblichen Methoden auf sehr effiziente und robuste Weise gelöst. Beispiele für dynamische Strömungsprobleme, die FPM lösen kann, sind freie Oberflächen, Mehrphasenströmungen, Fluid-Structure-Interaction mit einer starken Änderung der Geometrie oder Probleme aus der Strukturmechanik mit sich stark ändernden Strukturen. Der typische Anwendungsbereich liegt innerhalb der Glasindustrie in den Bereichen des Konditionierens und der Heißformgebung.

Dieser Beitrag zeigt anhand von praxisnahen Beispielen (Rühren und Mischen von Glas, Floaten, Einspeisen, und Pressen) wie diese komplexen Strömungen berechnet werden können. Alle Rechnungen wurden in 3D einschließlich der Lösung der Temperaturgleichung ausgeführt.

2. Speiser System

In Abbildung 1 ist ein Speisersystem zur Herstellung einer Champagner Flasche dargestellt. Dieses Benchmark Problem wurde vom TC 25 der ICG initiiert. Der Glasprozess von der Herstellung von Behälterglas bis zur Herstellung von Fernsehschirmen beginnt mit einem Glastropfen, der zu den Formgebungsmaschinen transportiert werden muss. Die Qualität der Flasche hängt dabei entscheidend von der Uniformität der Temperatur im Glastropfen ab. Zu diesem Zweck kann mit dem in Abbildung 1

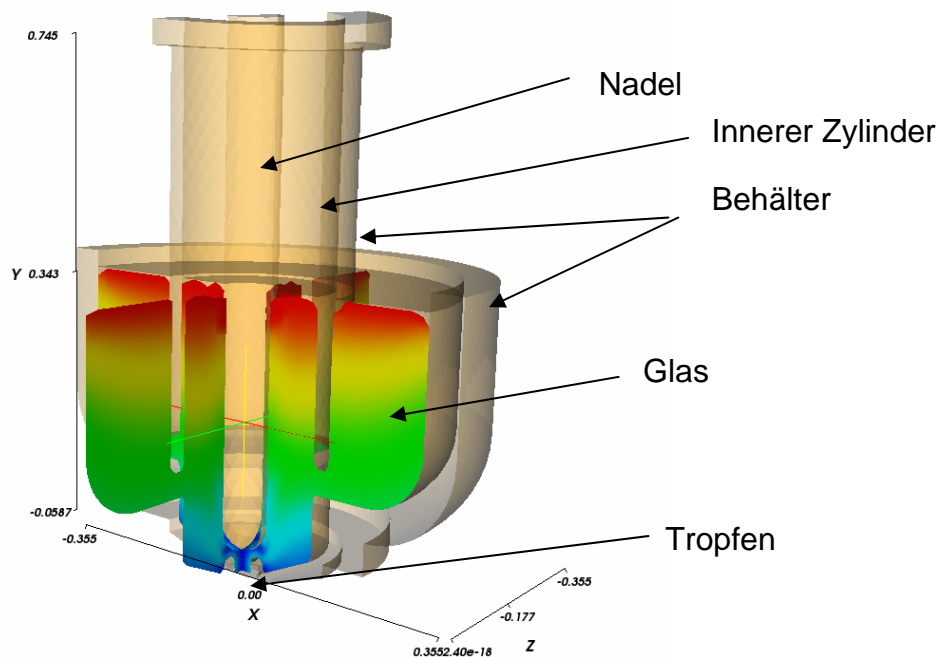


Abbildung 1: Geometrie Speisersystem, Temperaturverteilung im Ausgangszustand.

bis Abbildung 3 gezeigten Modell sowohl die Temperatur als auch Geometrie und Gewicht des Tropfens berechnet werden.

3. Fallender Glastropfen

In Abbildung 4 ist ein Glastropfen gezeigt, der auf eine ebene kalte Platte fällt. Während des Fallens und später im Kontakt mit dem kalten Plattenkörper kühlt der Glastropfen aus. Auch ist die Verformung des ursprünglich kugelförmigen Tropfens während des Kontakts zu sehen.

4. Pressvorgang Glasbecher

Beim Pressen von Glas lassen sich große Kräfte sehr schnell auf das zu verformende Glas aufbringen. Durch eine zu hohe Pressgeschwindigkeit können aber so genannte Heißrisse auftreten, die es zu vermeiden gilt. Auch darf nicht zu langsam verpresst werden, da dann durch die kalten Presswerkzeuge (Kontakttemperatur muss kleiner als die Klebetemperatur sein) entweder das Glas schnell einfriert oder Kühlwellen entstehen können.

Durch die Simulation von solchen Pressvorgängen (siehe Abbildung 5 und Abbildung 6) können solche Effekte berechnet und beim Design der Werkzeuge berücksichtigt werden. Sollten viskoelastische Effekte eine Rolle spielen, so ist es sehr einfach möglich, diese mit FPM zu berechnen.

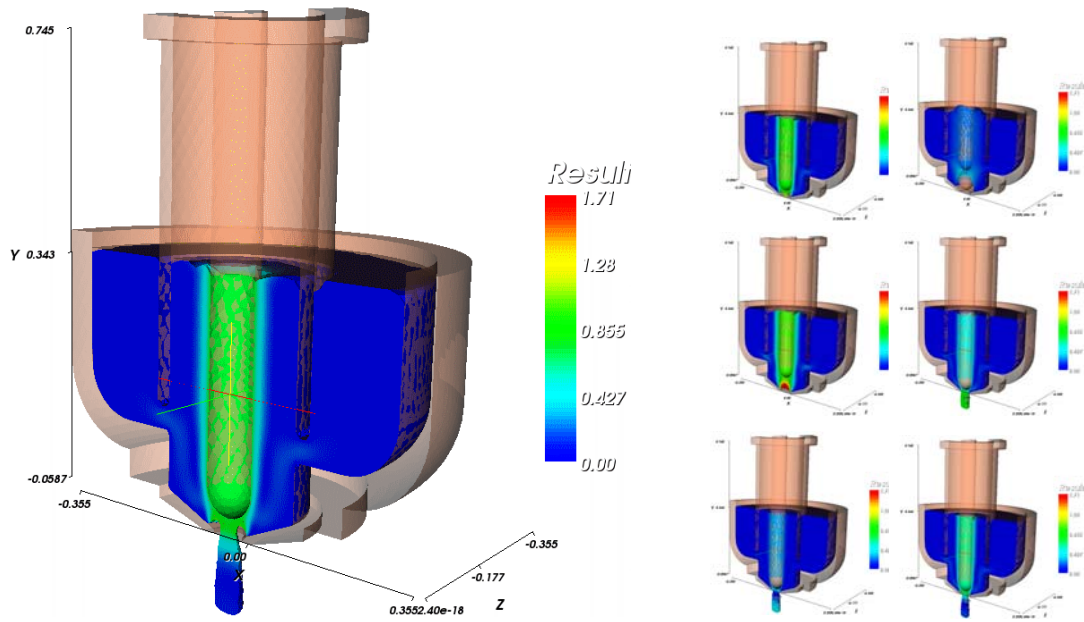


Abbildung 2: Geschwindigkeitsverteilung im Speisersystem während der Tropfenbildung.

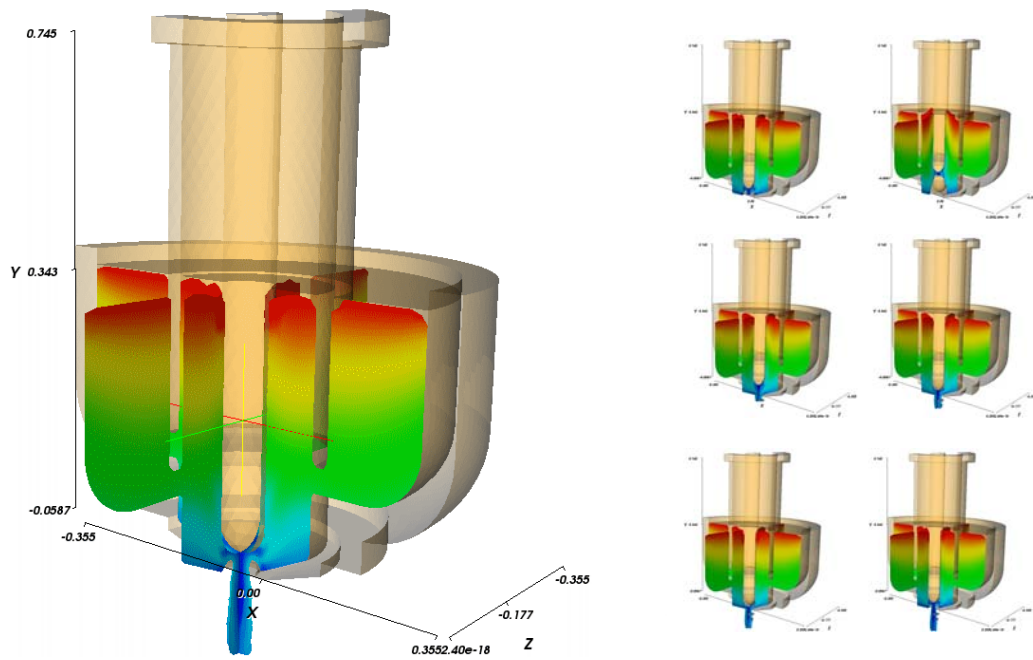


Abbildung 3: Temperaturverteilung im Speisersystem während der Tropfenbildung.

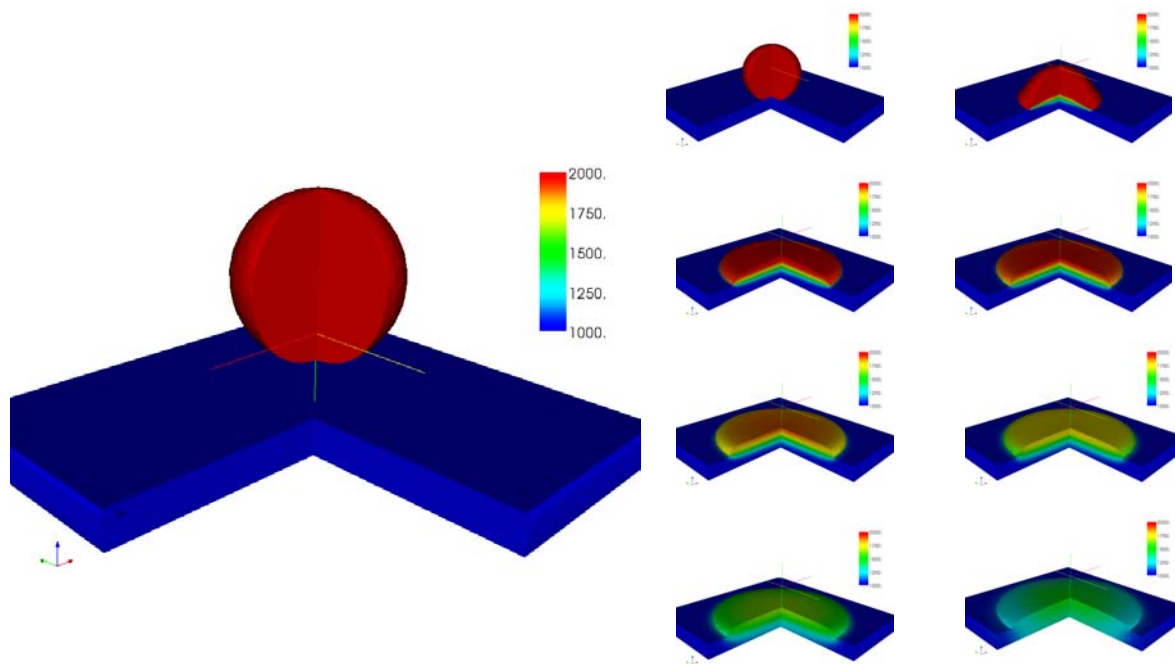


Abbildung 4: Temperaturverteilung in einem Glastropfen, der auf eine Metallplatte fällt.

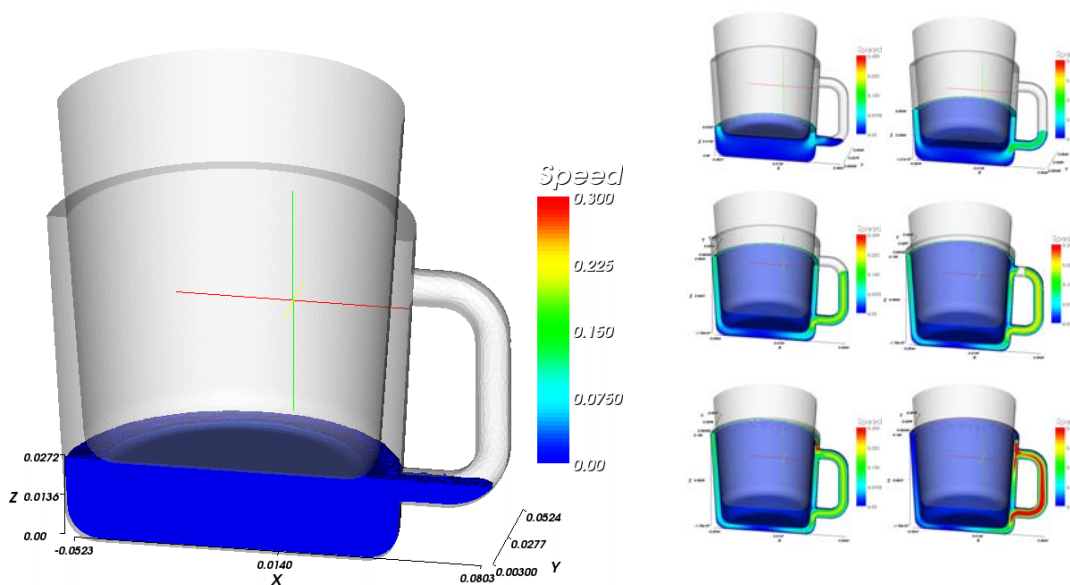


Abbildung 5: Geschwindigkeitsverteilung während des Pressvorgangs für einen Glasbecher.

5. Bewertung des Mischerfolges von Homogenisierungssystemen

Innerhalb der Glasindustrie dient das Rühren von Glas dazu, homogenes Glas gleicher Qualität herzustellen. Die Rührsysteme arbeiten bei sehr hohen Temperaturen und unter hohen mechanischen Spannungen. Daher müssen Rührsysteme robust sein und bestehen häufig aus Platin oder Platinlegierungen. Auch wenn heutige

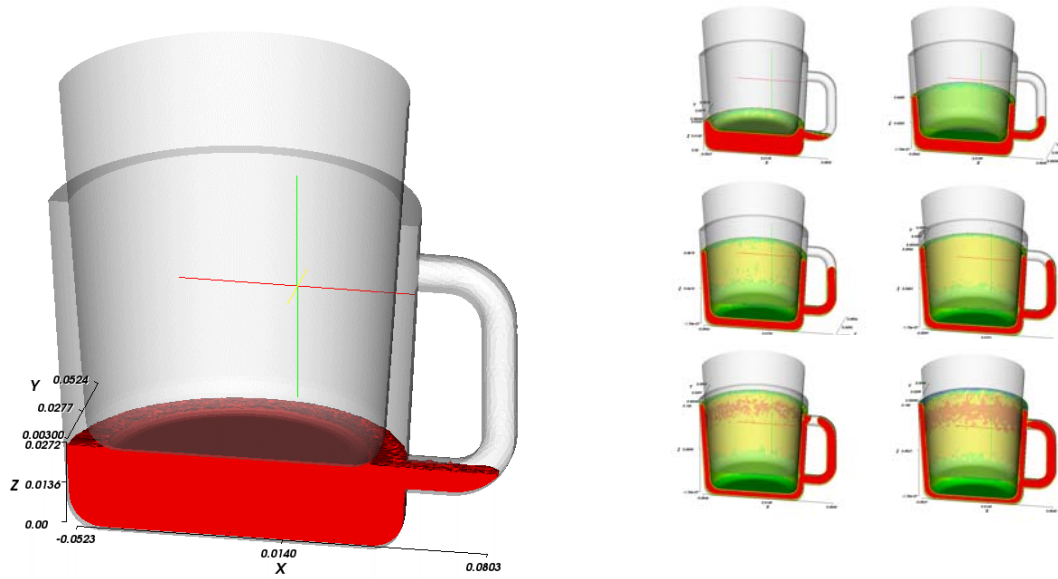


Abbildung 6: Temperaturverteilung während des Pressvorgangs für einen Glasbecher.

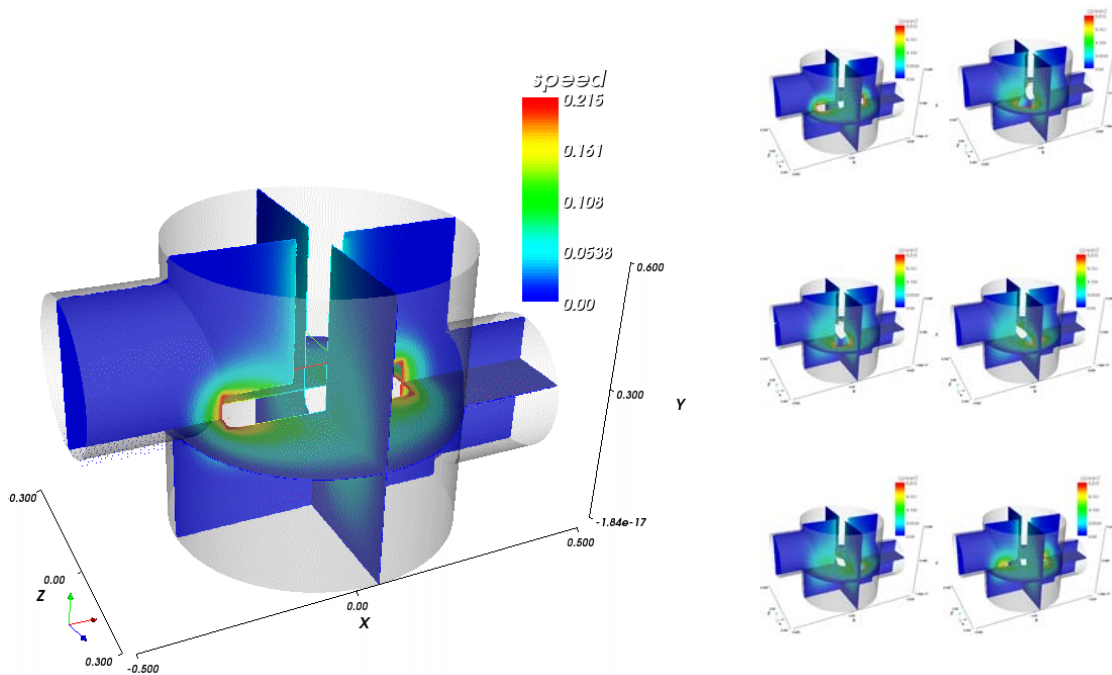


Abbildung 7: Geschwindigkeitsverteilung beim Rühren von Glas.

Rührsysteme effektiv hinsichtlich ihrer Standzeit und Mischwirkung sind, so werden heute und in Zukunft die Anforderungen an die Glasqualität, bei gleichzeitiger Reduzierung der Kosten, immer größer. Nograd's CFD Software ist in der Lage solche Homogenisierungssysteme zu berechnen und die Qualität des Rührerfolges zu bewerten. Abbildung 7 zeigt das Geschwindigkeitsfeld eines einfachen Rührsystems. Die Theorie zur Bewertung der Qualität eines solchen Systems ist sehr komplex und kann hier aus Platzgründen nicht dargestellt werden.

