

Simulation in der Angebotsphase

Das IngenieurBüro Hannebaum setzt im Spritzgießen auf ein effizientes Hilfsmittel, um Machbarkeit und Kosten vorab zu kalkulieren

Simulation hat noch immer das Image, ein sehr zeitaufwendiges, wenn auch mächtiges Instrument zu sein. Noch wenig bekannt ist jedoch, dass sich bereits mit geringem Aufwand gute Resultate erzielen lassen, die eine Beurteilung des Bauteils bzw. des Werkzeugs zu einem frühen Zeitpunkt ermöglichen. Dadurch können Simulationen bereits in der Angebotsphase sinnvoll eingesetzt werden.

Mit der Technik der Füllsimulation steht Spritzgießen und Werkzeugbauern heute ein vielfältig einsetzbares Werkzeug zur Verfügung, um den Spritzgießprozess in all seinen Facetten im Vorfeld der Entwicklung abzubilden. Ihr Einsatz bei der Werkzeugkonzeption mit der Positionierung von Anguss, Verteiler und Lage der Kühlkanäle hat sich bewährt und ist aus den Entwicklungsabteilungen nicht mehr wegzudenken.

In der Angebotsphase und zur Kostenkalkulation von Werkzeugen wird dieses Tool wegen des vermeintlich hohen Zeit- und Personalaufwands jedoch selten eingesetzt. Der Nutzer denkt bei Simulation immer noch an Arbeitszeit verschlingende Softwaremodule, die nur Anwender mit langjähriger Erfahrung vernünftig einsetzen können. Dies ist heute immer noch so. In der Regel reichen jedoch 80% der Analyseergebnisse aus, um die geplante Werkzeugauslegung bewerten zu können.

80% der Ergebnisse mit 20% Aufwand

Hier gilt, vereinfacht gesagt, das sogenannte Paretoprinzip, das besagt, dass man mit 20% des zeitlichen Aufwands bereits 80% der Resultate erzielen kann (**Bild 1**). Die restlichen 20% der Ergebnisse verursachen mit 80% der Gesamtzeit den weitaus größeren Aufwand. Für die Füllsimulation bedeutet dies, dass die Nutzer bereits mit geringem Aufwand Ergebnisse erzielen können, die für eine erste Überprüfung der Machbarkeit eines Bauteils oder eines Werkzeugkonzepts ausreichen.

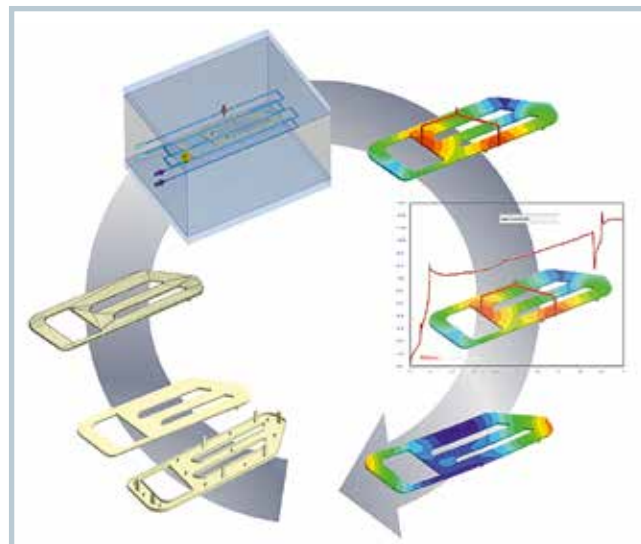


Bild 1. In drei Stunden gelangt der Anwender von den CAD-Daten über das FE-Modell zu ersten Simulationsergebnissen (Bilder: Ingenieur-Büro Hannebaum)

Genauere Werte lassen sich nur mit den aufwendigeren Simulationsmodulen erhalten, die entsprechend zeitintensiver in der Nutzung sind. Moderne Simulationssysteme werden deshalb auch in verschiedenen Ausbaustufen angeboten: vom einfachen, benutzerfreundlichen Modul mit automatischer Bauteilvernetzung bis hin zum Profimodul mit vielfältigen Möglichkeiten zur Verfeinerung der Vernetzung, die jedoch tiefgehende Kenntnisse erfordern.

Dieser Beitrag befasst sich ausschließlich mit den Möglichkeiten der benutzerfreundlichen Module mit automatischer Vernetzung. Für die nachfolgend genannten Beispiele wurde die Software Moldex3D/eDesign (Anbieter: CoreTech; Vertrieb im deutschsprachigen Raum: SimpaTec Simulation & Technology

Consulting GmbH, Aachen) verwendet. Aber auch andere Produkte sind dafür geeignet.

Zur Erstellung einer schnellen Bauteilanalyse werden Modelldaten im STL-Format (Surface Tessellation Language) bevorzugt. Dabei wird die komplette Bauteiloberfläche mit Dreieckselementen abgebildet. Das STL-Format kann von jedem gängigen CAD-System in guter Qualität herausgeschrieben werden, ohne dass das Bauteil zuvor vereinfacht werden müsste. Die STL-Daten werden dann in die Simulationssoftware eingelesen, die kleine Fehler im Modell automatisch behebt.

Die Wahl der Angusspositionen wird durch die Software unterstützt. Bei Vorgaben einer gewünschten Anzahl von Angusspositionen markiert das Pro-

gramm, auf den niedrigsten Druckverbrauch optimierend, die günstigsten Stellen für die Anbindung. Da die Software keine Informationen über Sichtflächen oder Schieber und auch keine sonstigen Gründe dafür kennt, dass eine Angusspositionierung an bestimmten Stellen nicht möglich ist, muss der Nutzer auf Basis der Rechenergebnisse die fertigungstechnisch bestmöglichen Positionen selbst auswählen. Beispielsweise ist an einer Blende (**Bild 2**) die Vorderseite komplett als Sichtfläche definiert, und da die Rückseite von Werkzeugschiebern behindert wird, sind seitliche Anschnitte die Lösung.

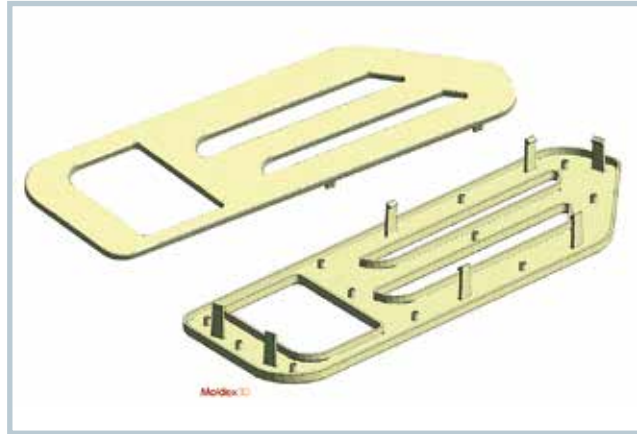


Bild 2. CAD-Modell der Blende „Türinnenverkleidung“. Da die Vorderseite als Sichtfläche definiert ist und Werkzeugschieber die Rückseite behindern, werden seitliche Anschnitte gewählt

830 000 vernetzte Volumenelemente

Bei Mehrfachanschnitten an einem Bauteil sollte immer das komplette Verteilersystem mitmodelliert werden. Dabei handelt es sich um ein System kommunizierender Röhren. Wenn in einer Abzweigung der Druckbedarf etwas höher wird, fließt in einer anderen automatisch mehr Schmelze. Dies führt dann zu einem anderen Füllbild, als wenn jeder An-

guss kontinuierlich die gleiche Menge an Material liefert. Die Modellierung des Verteilersystems wird von sogenannten Assistenten unterstützt, die ein Verteilersystem aufgrund der gesetzten Angusspositionen vorschlagen, das mit wenigen Parametern an die eigenen Vorstellungen angepasst werden kann. Dies muss nicht mit letzter Genauigkeit durchgeführt, der vom Programm vorgeschlagene Verteiler kann in der Regel

für eine erste Überprüfung übernommen werden.

Um eine Verzugsanalyse durchzuführen, sollte immer ein, wenn auch stark vereinfachtes, Kühlsystem mitmodelliert werden. Hier kann der Anwender ebenfalls auf Assistenzsysteme zurückgreifen, die das Werkzeug aufbauen und Kühlsysteme vorschlagen, die mit wenigen Parametern an das Bauteil angepasst werden können. »

Eine wichtige Rolle bei der Simulation spielt die Anzahl der Elemente, mit denen das Bauteil vernetzt wird. In den Anfangsjahren der Simulation waren Modelle mit 2000 Schalenelementen schon der Gipfel der Möglichkeiten. Das bedeutete, dass eine komplexe Geometrie, wie die dargestellte Blende mit integrierten Schnappverbindungen, aus ganzen 2000 Flächenelementen abgebildet werden musste. Dazu wurden aus dem CAD-Modell in Handarbeit die Mittelflächen herausgearbeitet und einzeln vernetzt. Die Schalelemente wiesen dabei keine Dicke auf, sondern wurden nur in der anschließenden Berechnung so behandelt, als ob sie 2 mm Wanddicke hätten. Dementsprechend grob wurde das Modell abgebildet.

Dies hat sich signifikant verändert. Beispielsweise wird das Modell der Blende mit 830 000 Volumenelementen vernetzt (**Bild 3**). Dazu muss erwähnt werden, dass Volumenelemente deutlich mehr Rechenleistung benötigen als Schalelemente. Auch die Erhöhung der Zahl der Elemente von 2000 auf 830 000 steigert die benötigte Rechenleistung immens.

Kostengünstig verfügbare Rechenleistung

Wie man sieht, erzeugt die Vernetzung eines Bauteils mit Volumenelementen deutlich mehr Elemente als ein Mittelflächenmodell. Jedoch wird das komplette CAD-Modell eins zu eins übernommen, die Vernetzung erfolgt dann automatisch. Die zur Aufbereitung des Modells benötigte Zeit ist also sehr kurz. Von einem Tag Arbeit, den die Erzeugung eines einfachen Mittelflächenmodells erfordert, verkürzt sich die Netzgenerierung im Volumenmodell auf 20 Minuten.

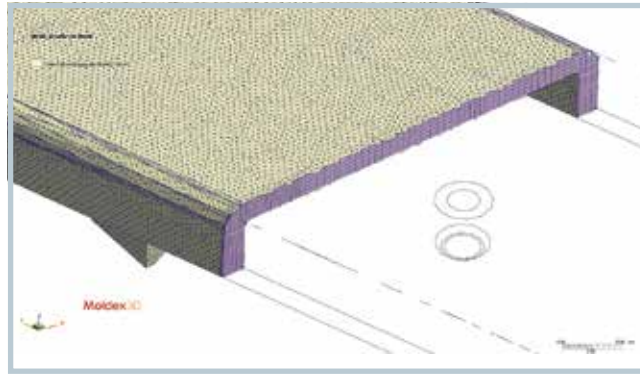


Bild 3. Die Volumenelemente haben eine Kantenlänge von 0,3 mm

Die Berechnung mit einer großen Anzahl von Elementen, wie sie ein Volumenmodell hervorbringt, war vor wenigen Jahren mit der verfügbaren Rechenleistung nicht zu bewältigen. Allerdings hat sich die Rechenleistung der heutigen Workstations ebenfalls drastisch gesteigert. Parallel dazu sind die Hardwarepreise gefallen. Der Autor arbeitet mit einer PC-Workstation, die mit Kosten von ca. 1000 EUR seiner damaligen Unix-Workstation im Wert von seinerzeit 40 000 DM in der Rechenleistung weit überlegen ist. Das Beispiel zeigt, dass die Hardware heute kein begrenzender Faktor mehr für die Anwendung einer Simulation ist.

Der Vernetzungsgrad, also die Anzahl der zur Vernetzung verwendeten Elemente, kann im Vorfeld gewählt werden. Es stehen in der Regel mehrere Stufen zur Verfügung, die im Beispiel Moldex3D/eDesign von 1 (schnell: wenige Elemente) bis 5 (genau: viele Elemente) reichen. Aufgrund der zur Verfügung stehenden Rechenleistung ist eine Einstellung < 3 nicht mehr zu empfehlen. Das Bauteil wird in wenigen Minuten vernetzt, und die Daten stehen zur Simulation bereit.

Ein großes Problem waren in der Vergangenheit fehlende Materialdaten. Dies

ist angesichts der langjährigen Marktpräsenz der verschiedenen Softwareanbieter heute nicht mehr der Fall. So liegen in Moldex3D mittlerweile die Daten von ca. 6000 Thermoplasttypen in der Materialdatenbank. Der Nutzer kann die entsprechende Type wählen, und die Software übernimmt automatisch die vom Hersteller empfohlenen Verarbeitungsparameter. Wenn ein Material in der Datenbank fehlt, besteht die Möglichkeit, die Daten messen zu lassen und in die Datenbank einzupflegen.

Die Rechenzeit für die als Beispiel angeführte Blende mit 830 000 Elementen beträgt bei vollständiger Analyse auf einem Standard-PC mit Füllung, Nachdruck, Kühlung und Verzug ca. 2,5 Stunden. Das bedeutet, dass die Rechendauer die Zeit für die Modellaufbereitung bei Weitem überschreitet. Eine reine Füllsimulation ist in 80 Minuten berechnet. Dabei kann auf dem Rechner parallel das normale Tagesgeschäft bearbeitet werden.

Zur Auswertung steht eine Vielzahl unterschiedlicher Ergebnisse zur Verfügung. Man kann sich jedoch bei einer schnellen Analyse auf das Wesentliche konzentrieren. Dazu zählen als Erstes der Verlauf der Fließfront und die Anzeige der

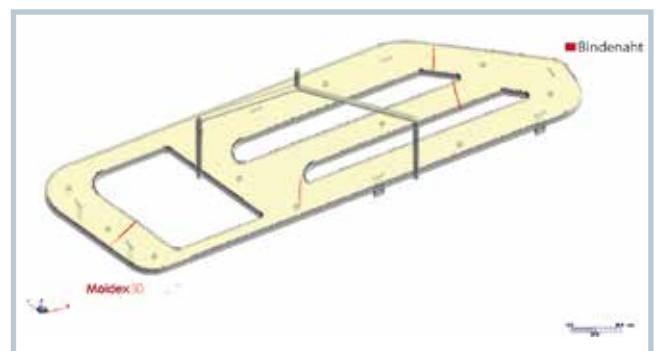


Bild 4. Der Verlauf der Fließfront mit den gewählten zwei Anschnitten zeigt die Lage der Bindenähte (links). Die Position der Bindenähte kann auch einzeln dargestellt werden (rechts)

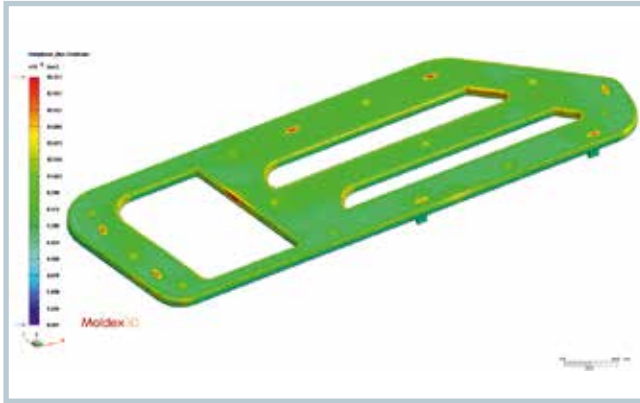


Bild 5. Die für die Blende notwendige Kühldauer von 18 s kann direkt am Modell abgelesen werden

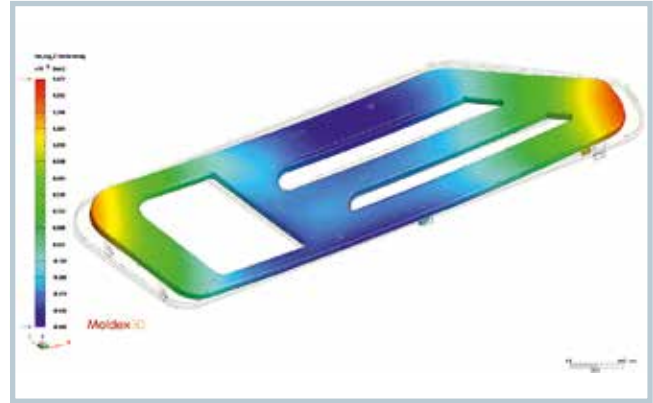


Bild 6. Die Grafik zeigt die Verzugstendenz des Bauteils auf (hier fünf-fach überhöht dargestellt)

Bindenähte (**Bild 4**). Dadurch bekommt der Nutzer einen schnellen Überblick über Art und Lage der Schwachstellen des Bauteils sowie über potenzielle Lufteinschlüsse. Um die Qualität der Bindenähte zu beurteilen, kann er zusätzlich die Temperatur der Fließfront heranziehen. Ist diese zu niedrig, kann die Bindenaht nicht mehr sauber verschweißen, und es entsteht eine mechanische Schwachstelle.

Simulationsergebnisse helfen bei der Kostenkalkulation

Der für eine vollständige Füllung benötigte Einspritzdruck lässt sich über die Druckverteilung darstellen. Mit den Werten des Einspritzdrucks und der ebenfalls berechneten Schließkraft kann eine Aussage über die notwendige Maschinengröße getroffen werden. Auch ein erster Wert für die zu erwartende Kühlzeit lässt sich aus einer reinen Füllsimulation ableiten (**Bild 5**). Genauere Werte erhält man durch die Erstellung einer Kühlanalyse. Hier kann die Temperaturverteilung beim Entformen berechnet werden. Dadurch kann man abschätzen, wie aufwendig das spätere Kühlsystem sein muss, oder ob das einfache, automatisch generierte Kühllayout bereits den Anforderungen entspricht.

Auf Basis der vorangegangenen Simulationen der Füllung, des Nachdrucks und der Kühlung kann auch mit dem einfachen Softwaremodul der Verzug des Bauteils in kurzer Zeit ermittelt werden (**Bild 6**). Als Ergebnis sind hier keine absoluten Größen zu erwarten, jedoch lässt sich eine Aussage über die Verzugstendenzen treffen und der Aufwand für notwendige Vorhaltungen im Werkzeug abschätzen.

Auch das Durchspielen verschiedener Angusspositionen ist möglich, um die Variante mit dem geringsten Verzug zu wählen.

In diesem Fall wurde bewusst auf jegliche Optimierung verzichtet. So wurde der in der Regel bei dieser Art Bauteil verwendete Heißkanal mit Kaltkanalunterverteiler nicht ausmodelliert, ebenso wurde die Angusspositionierung nicht bezüglich der Lage der Bindenähte optimiert. Zahl und Lage der Anschnitte sind ebenfalls diskussionswürdig. Die modellierte Kühlung ist stark vereinfacht und berücksichtigt nicht die Lage der Schieber und Auswerfer.

Trotz all dieser Vereinfachungen ist näherungsweise eine Aussage über das Verarbeitungsverhalten des Bauteils möglich. Der Einspritzdruck, die Schließkraft, die Lage der Bindenähte, die benötigte Kühlzeit und der zu erwartende Bauteilverzug können mit wenig Aufwand ermittelt werden. Zwar können absolute Werte daraus aufgrund des einfachen Modellaufbaus nicht abgeleitet werden, die zu erwartenden Verarbeitungsprobleme hingegen schon. Damit sind weitaus präzisere Kostenkalkulationen und darauf basierende Angebote möglich als mit einfachen analytischen Methoden. Der potenzielle Kunde wiederum kann mit einer Simulation von der Tauglichkeit seines Werkzeugkonzepts überzeugt werden.

Fazit

Für die Simulation von Sonderverfahren wie Gas- oder Wasserinnendrucktechnik (GID, WID) und Schaumspritzgießen sowie zur Ermittlung der absoluten Werte

für Druck, Füllung und Verzug ist eine zeitaufwendige Modellerstellung notwendig, die geschulten Fachkräften vorbehalten ist. Einfache Füllsimulation jedoch können heute ohne großen Zeitaufwand und mit geringem Schulungsaufwand erstellt werden. Ein Spezialist ist dafür nicht mehr notwendig, jede Fachkraft kann diese Aufgabe konstruktionsbegleitend übernehmen.

Die Kosten für die benötigte Hardware sind mittlerweile sehr gering, und die Softwarekosten können durch alternative Bezahlmodelle, wie die Abrechnung der genutzten Softwarestunden (pay per use), niedrig gehalten werden. Der Gewinn an Wissen über das Bauteil und das zugehörige Werkzeug ist hoch und kann von jedem Werkzeugbauer und Spritzgießer genutzt werden. ■

Der Autor

Harald Class, MSc. und ausgebildeter Kunststoffformgeber, beschäftigt sich seit 1994 mit der Simulation von Kunststoffbauteilen, davon allein zehn Jahre im technischen Service von DuPont. Als Mitarbeiter des IngenieurBüros Hannebaum, Aalen, unterstützt er Kunden mit und bei der Anwendung der Simulationssoftware Moldex3D von CoreTech, für die das Büro auch Vertriebspartner des deutschen Distributors SimpaTec ist; Harald.Class@hannebaum.de

Service

Digitalversion

» Ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/967204