

# Simulieren oder nicht simulieren?

## Die zehn wichtigsten Gründe für die Verwendung von modernen Simulationssystemen

**BRANCHENÜBERGREIFEND – Simulation ist in der Kunststoff- und Elastomerverarbeitung weiter auf dem Vormarsch. Moderne Systeme liefern beeindruckende Übereinstimmungen zwischen Vorhersage und Realität für die vielfältigsten Aspekte in Prozess- und Anwendungstechnik. Das typische Einsatzgebiet gibt es allerdings genauso wenig wie typische Anwendungsbereiche – vom Entwicklungsbüro über mittelständische Unternehmen bis hin zu multinationalen Konzernen. Genutzt werden die Systeme von Materiallieferanten, Verarbeitung, Dienstleistung und Universitäten, Formenbau und auch Endkunden/OEMs. Natürlich muss die Investition in ein kostspieliges System mit Hardware, Software und Arbeitsplatz gut begründet sein und sich schnell amortisieren. Die Einsparungen durch den Einsatz moderner Systeme sind vielfältig und bei jedem erfolgreichen Anwendenden etwas anders verteilt.**

### 1. Zeiteinsparung

Die Aussage: „Ohne Simulation geht es schneller, aber es dauert länger“, fasst zahlreich gemachte Erfahrungen gut zusammen. Zwei Wochen vor dem Termin fertig zu sein, weil der Prozess von Anfang an rund läuft, lässt sich schwer in Mannstunden und Maschinenzeit quantifizieren (**Bild 1**). Das Gleiche gilt für den Wert des Vertrauens, welches der Lieferant gewinnt, wenn Termine und Kostenrahmen immer sicher eingehalten werden. Die Sicherheit wird höher, wenn



**Bild 1: Zeit ist ein wichtiges Gut in der Industrie** (Bild: SIGMA Engineering)



Von Katharina Doetz  
Marketing Manager

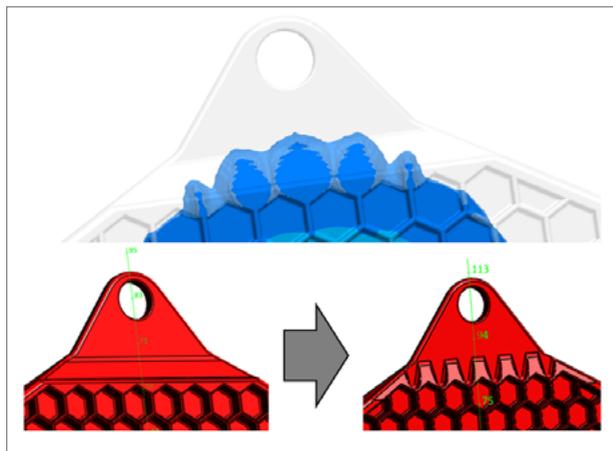
SIGMA Engineering GmbH  
[www.sigmasoft.de](http://www.sigmasoft.de)

alles im Vorfeld optimiert wurde, noch bevor die Form gebaut wird. Beim Einfahren einer neuen Form ist es hilfreich, wenn diese im Rechner schon für zahlreiche Zyklen „gelaufen“ ist. Damit sind Prozessparameter wie Einspritzgeschwindigkeit, Heiz- und Kühlzeiten und statische Betriebsbedingungen schon bekannt.

## 2. Bauteilentwicklung

Schon während der Konstruktion eines neuen Bauteils lässt eine kurze Prozesssimulation der Kavität in einem virtuellen Stahlblock wichtige Details und potenzielle Probleme erkennen. Wandstärken sind an dieser Stelle ein wichtiges Stichwort zur Optimierung während der Konstruktion. Je dicker die Geometrie, desto höher ist der Materialverbrauch und desto länger der Zyklus. Mit dünnen Wänden werden allenfalls Fließfehler, Füllprobleme oder der Verzug von Bauteilen riskiert. Mit Virtual Molding lässt sich schnell ein guter Kompromiss finden. Hierbei kann auch bereits die autonome Optimierung zur systematischen Ermittlung einer nachhaltigen Lösung zum Einsatz kommen. Überflüssiger Material- und Energieverbrauch wird vermieden, und zwar noch bevor das Teil beim Lieferanten angefragt wird, ebenso wie mühsame Rückfrage- und Optimierungsschleifen. Nachhaltigkeit beginnt schon in der Konstruktionsphase.

Bei völlig neuartigen Bauteilen hinsichtlich Geometrie, Größe oder Komplexität fehlen häufig die Referenzpunkte, um die Machbarkeit optimal zu beurteilen (**Bild 2**). Wo und wie muss das Teil angespritzt werden und wo liegen Problemzonen mit Zusammenlaufstellen oder Lufteinschlüssen? Die Erfahrung von langjährigen Prozesstechniker:innen ist wertvoll, aber hat oftmals nur den qualitativen Wert einer



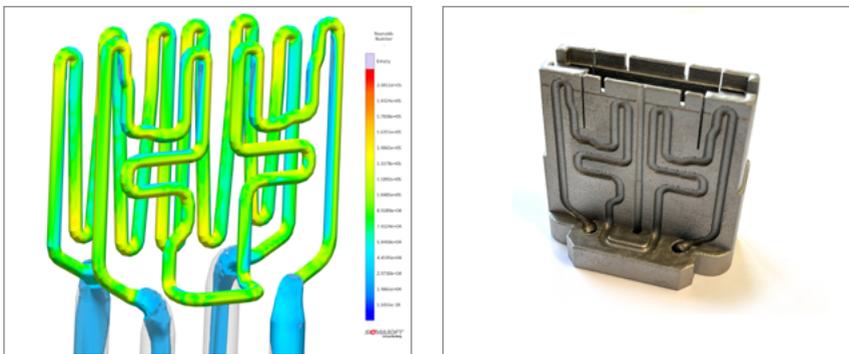
**Bild 2: Optimierung der Lasche eines Topflappens zur Vermeidung von Jetting noch während der Konstruktionsphase** (Bild: EMDE MouldTec) [1]

fundierten Vermutung. Simulation liefert hier schnelle und quantitative Aussagen, ob das Bauteil im festgelegten Prozess innerhalb der erwarteten Einstellungen und Randbedingungen herstellbar ist: eine virtuelle Machbarkeitsanalyse.

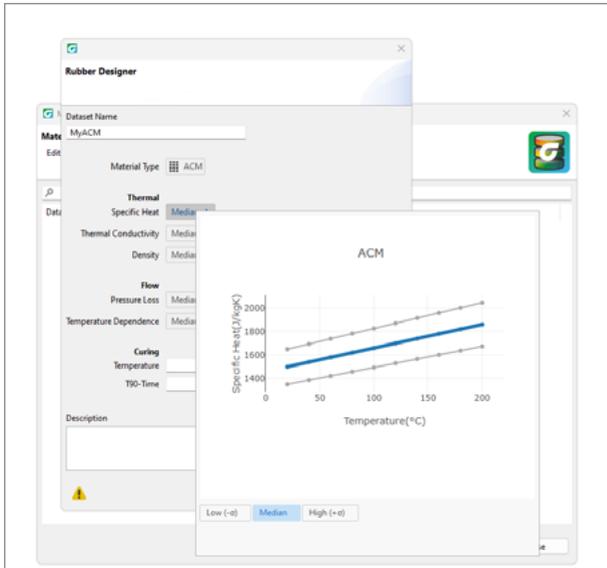
### 3. Komponentenentwicklung

Moderne Spritzgießwerkzeuge werden zunehmend komplexer und bestehen neben Platten und Kavitäten aus vielen weiteren Komponenten und Baugruppen, die einzeln entwickelt und optimiert werden. Ein Beispiel sind Angussysteme, denn Heiß- oder Kaltkanaldüsen, teilweise in ganzen Blöcken zusammengefasst, sind hochkomplexe Baugruppen. Die optimale Funktion hängt u. a. von Materialauswahl, Isolation, örtlichem Aufbau und Leistung der Temperierung ab. Solche Komponenten werden häufig dazugekauft. Die spezialisierten Lieferanten dieser Systeme sind meist keine Formenbauer oder Spritzgießer, sondern reine Komponentenhersteller, die oft auf Simulation setzen, um die eigenen Produkte weiterzuentwickeln und zu validieren.

Ein Beispiel hierfür ist die konturnahe Temperierung. Mit dem Aufkommen des 3D-Drucks ergeben sich neue Fertigungsmöglichkeiten im Formenbau. Statt zu drehen, zu fräsen oder zu erodieren etc. lassen sich ganze Einsätze drucken. Das ist dann interessant, wenn diese von einem frei geformten Temperierkanal durchzogen sind. **Bild 3** zeigt einen solchen konturnah temperierten Einsatz aus einer Serienform. Zur Entwicklung und letztlich auch zum Einstieg in diese komplett neuartige Technologie wurde SIGMASOFT® eingesetzt [2].



**Bild 3: Konturnahe Temperierung: Kanalauslegung (links) und Ansicht des Einsatzes im Schnitt (rechts)** (Bild: SIGMA Engineering, H&B Electronic (rechts))



**Bild 4:** Screenshot SIGMASOFT® Virtual Molding (Bild: SIGMA Engineering)

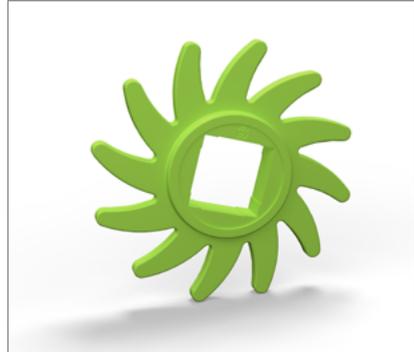
#### 4. Materialauswahl

Bietet sich ein alternatives Compound an, welches schneller, billiger und zuverlässiger ist, stellt sich die Frage, wie weiter vorgegangen wird. Die laufende Produktion für eine Validierung anzuhalten, ist unerwünscht und der Test im Technikum (wenn vorhanden) bietet keine gleichwertige Aussagekraft: ein guter Anwendungsfall für die Simulation. Mit Systemen wie SIGMASOFT® Virtual Molding (**Bild 4**) lässt sich das Verhalten des neuen Materials am Rechner untersuchen und die Performance mehrerer Werkstoffe bei verschiedenen Prozessparametern und Werkstoffwechseln in einem systematischen Versuchsplan optimieren und dokumentieren. So ergibt sich eine effiziente und sichere Basis für die Verfahrenstechnik, die Validierung zu starten, und für den Einkauf, nachzuverhandeln.

Die Software beinhaltet eine breit aufgestellte Materialdatenbank, die Anwendende mit eigenen Werkstoffen kostenlos ergänzen können. Hierfür müssen die Compounds umfassend vermessen werden. Neu ist der SIGMA Rubber Designer: Mit dieser Funktion kann die eigene spezifische Elastomermischung ohne Vermessung angenähert werden. Für Abschätzungen, Teilekalkulation oder Machbarkeitsstudien reichen etwas ungenauere Simulationsergebnisse aus, wenn sie dafür schnell und effizient ermittelt werden können.

## 5. Troubleshooting

Werkzeugstahl ist nicht transparent. Der Input sowie der fertige Artikel sind sichtbar, aber es ist unmöglich, in den eigentlichen Formgebungsprozess hineinzuschauen. Selbst für erfahrene Fachleute ist es manchmal schwer zu verstehen, wie das aktuelle Fehlerbild tatsächlich entsteht. Das macht die Optimierung von neuen und laufenden Werkzeugen zu einem schwierigen Unterfangen. Komplex wird es vor allem dann, wenn die Stellschrauben im Endergebnis einander entgegenwirken. Eine Änderung der



**Bild 5: Siebsterne als CAD-Model**

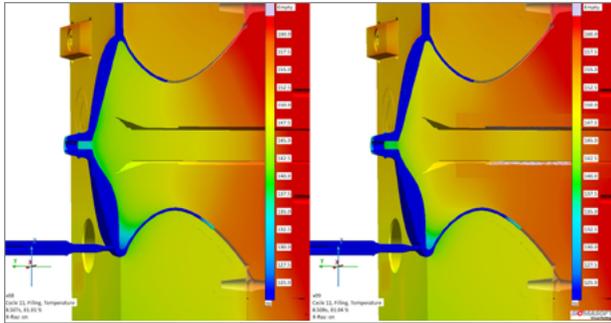
(Bild: ENGEL Austria)

Formtemperatur führt i.d.R. zu veränderter Schwindung. Eine höhere Einspritztemperatur senkt zwar die Viskosität, verlängert aber die Kühlzeit bei Kunststoffen und kann bei Elastomeren zu unerwünschtem Scorch führen. Dergleichen Konflikte lassen sich zahlreich fortführen. Mit Simulation lässt sich schnell erfassen, wo der Fehler ist, und anstatt an den Symptomen zu arbeiten, wird die eigentliche Ursache gefunden. Lösungsansätze an der Maschine zu validieren, kostet Zeit, erst recht, wenn Geometrieänderungen von Anguss oder Kavität notwendig werden. Mit Simulation lassen sich Änderungsschleifen vermeiden, weil die Lösung vorher im virtuellen Prozess validiert ist (**Bild 5**).

## 6. Formenbau

Meist sind Formenbau und Produktion innerhalb des Unternehmens getrennt oder die Form wird ohnehin extern zugekauft. Das heißt, bei der Werkzeugkonstruktion steht die spätere Produktionsmaschine genauso wenig zur Verfügung wie das umfassende verfahrenstechnische Know-how. Wie kann dann gewährleistet werden, dass das verkaufte Werkzeug bereits während der Konstruktion den Kundenanforderungen entspricht und sich die Teile in der erwarteten Qualität und Präzision herstellen lassen? Die komplette Form wird im Rechner vorab simuliert. Hierbei geht es nicht um Füllsimulation in der Kavität, sondern um die Möglichkeit, eine Multizyklusanalyse durchzuführen, beginnend mit dem Aufheizen, weiter mit dem ersten Schuss mit „kaltem“ Werkstoff und anschließender Vulkanisation, gefolgt von der Formöffnung und Entnahme des heißen Artikels.

Bei der Betrachtung mehrerer Zyklen hintereinander wird schnell herausgefunden, wann ein quasistatischer Zustand mit konstanten Bedingungen erreicht ist und ob



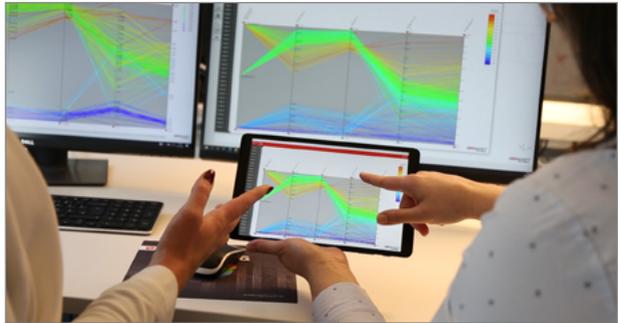
**Bild 6: Optimierung der Temperaturverteilung durch den Einsatz eines CuBe-Kerns. Berechnung für das ursprüngliche Werkzeugdesign (links) und für das verbesserte Design (rechts) (Bild: SIGMA Engineering)**

die Temperaturverteilung gleichmäßig ist. Korrigierende Maßnahmen wie Änderung der Position und Dimensionierung der Temperierung, Verwendung von Isolation oder Einsatz von alternativen Werkstoffen wie CuBe mit optimaler Wärmeleitung können hier bereits implementiert werden (**Bild 6**). So werden frustrierende Optimierungsschleifen mit Kunden gespart und die Effizienz der eigenen Fertigung erhöht. Das Simulationsmodell umfasst die gesamte Form mit allen Platten, Säulen, Schrauben, Düsen und Einsätzen. Jedem Element sind seine individuellen Materialeigenschaften (z.B. Wärmeleitung oder -kapazität) zugeordnet. Zusammen mit den Materialdaten und Maschinenparametern ergibt sich im virtuellen Spritzguss eine sehr genaue Übereinstimmung von Simulation und Realität. [3]

## 7. Optimierung

Wenn der Prozess innerhalb der Erwartungen stabil läuft, muss das nicht gleichzeitig der optimale Betriebszustand sein. Ist das beste Verhältnis zwischen Teilequalität, Energie- und Materialverbrauch bei höchstmöglicher Losgröße erreicht, oder geht da noch mehr? In der Realität ist das Verhältnis zwischen Aufwand (für Fertigungsversuche) und (unbekannter) Verbesserung zu hoch. Wenn die Optimierung jedoch systematisch, automatisiert und autonom in der Simulation erfolgt, ändert sich das. Der Aufwand ist nur Rechnerzeit und blockiert weder die Fertigung noch deren Verfahrenstechniker:innen. So wird letztlich nicht nur Nachhaltigkeit in der Produktion, durch mehr Gutteile bei weniger Energie- und Materialverbrauch, sondern auch die eigene Wettbewerbsfähigkeit erhöht. Die durchgespielten Varianten lassen sich in einem interaktiven Parallelkoordinatendiagramm (**Bild 7**) darstellen, um das beste Setup je nach bevorzugter/kombinierter Priorität (Zykluszeit, Teilkosten, Energieverbrauch usw.) auszuwählen.

**Bild 7: Das Parallelkoordinatensystem kann mit dem SIGMAinteract® interaktiv überall ausgewertet werden**  
(Bild: SIGMA Engineering)

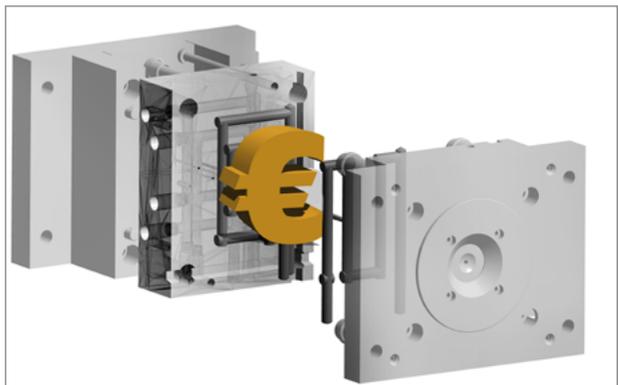


### 8. Kostenermittlung

Die Software berechnet genau und verlässlich jedes noch so kleine Detail im Formungsprozess von Polymeren. Zu physikalischen Ergebnissen wie Druck, Temperatur oder Zeit kommen mit dem neuen Tool SIGMAecon (Bild 8) jetzt auch in Geld zählbare Resultate dazu und ermöglichen eine Kostenkalkulation in direkter Kombination mit den Simulationsergebnissen. So kann ganzheitlich der beste Kompromiss zwischen Qualität, Prozess und Kosten gefunden werden, da Qualität, Produktivität und Ressourcen gleichzeitig betrachtet werden – ein bislang einzigartiger Ansatz im Markt.

Das Detailwissen um die eigenen Produktionsprozesse und deren Optimierungsmöglichkeiten ist im härter werdenden Wettbewerb von entscheidender Bedeutung. Noch wichtiger ist oft aber auch, die eigenen Herstellkosten zu kennen: Ist eine (vermeintliche) Optimierung z.B. mit geringeren Kosten durch weniger Zykluszeit verbunden? Oder erhöhen sich die Kosten durch den höheren Energieverbrauch? Das neue Tool ermöglicht eine

**Bild 8: SIGMAecon ermöglicht die Kostenkalkulation in direkter Kombination mit den Simulationsergebnissen** (Bild: SIGMA Engineering)





**Bild 9: Investitionen und der ROI sind wichtige Entscheidungsfaktoren** (Bild: SIGMA Engineering)

präzise Kostenermittlung des gerade simulierten Prozesses und Optimierungsvarianten. Geänderte thermische Konzepte (z.B. der Einsatz von Kaltkanaltechnik oder zusätzlicher Isolation) werden so nicht nur als Mehrkosten oder Materialersparnis betrachtet, sondern auch bezogen auf die eingesetzte Energie bewertet [4].

## 9. Investition und gewählte Technologie absichern

„Erfahrung ist etwas, was man erst bekommt, nachdem man sie braucht.“ Dieses Zitat von Steven Wright beschreibt humorvoll den Wunsch, die Zeit zurückdrehen zu können und Entscheidungen anders getroffen zu haben. Der Aufbau einer neuen Großserienfertigung bedeutet schnell einen sechsstelligen Aufwand, wenn noch eine Maschine oder Automatisierung zusätzlich zur neuen Form benötigt wird. Bei solchen Investitionen kann das unternehmerische Risiko durch Simulation signifikant verringert werden, weil die technische und wirtschaftliche Machbarkeit simulativ bestätigt wird (**Bild 9**).

Bei Elastomeren stehen außerdem meist mehrere Technologien zur Fertigung zur Verfügung. Compression Molding hat z.B. mehr Handarbeit, geringere Formkosten, längere Zykluszeit und günstigere Pressen als Injection Molding. Mit der Simulation lassen sich im Vorfeld die „W-Fragen“ problemlos klären. Damit wird direkt an dem Projekt gearbeitet, welches am besten zum eigenen Setup und zum optimalen Ergebnis passt.

## 10. Know-how aufbauen und kommunizieren

Meist steckt das Know-how in den Köpfen der erfahrenen Mitarbeiter:innen, die ihr Wissen an die jüngeren Kolleg:innen weitergeben (sollen). Aber ist das noch zeitgemäß? Setzen sich die langjährigen Mitarbeiter:innen andererseits gerne mit modernsten Rechentools auseinander oder verlassen sie sich lieber auf ihre Erfahrung? Und die jungen Kolleg:innen haben auf der anderen Seite wahrscheinlich bereits in der Ausbildung mit Simulation Kontakt gehabt und würden sich bei der Prozessauslegung lieber auf Daten als auf Erfahrung (anderer) verlassen. Hier kann Simulation helfen, eine gemeinsame Basis zu schaffen. Dadurch, dass der Prozess auf einmal transparent wird, gibt es auf jede „Warum-Frage“ auch gleich eine präzise Antwort. Neue Ideen kollidieren nicht

**Bild 10: Simulationsergebnisse nur an der Workstation besprechen und zeigen zu können, gehört der Vergangenheit an. Die Ergebnisse können dank dem Tool SIGMAinteract® überall besprochen und kommuniziert werden**  
(Bild: SIGMA Engineering)



länger mit der Aussage, dass das nicht funktionieren wird oder noch nie so gemacht wurde. Insgesamt wird damit im eigenen Unternehmen Know-how abgesichert, dokumentiert und erweitert.

Die Simulationsergebnisse sind normalerweise nur für die Expert:innen vor der Workstation sichtbar – müssen aber effizient kommuniziert werden können. Eine fortgeschrittene Möglichkeit, Simulationsergebnisse zu dokumentieren und zu teilen, bietet SIGMAinteract® (**Bild 10**). Diese frei verfügbare Software ist ein dynamischer Viewer für SIGMASOFT®-Ergebnisse. Sie ermöglicht die Manipulation der Perspektive, die Änderung der Zeit oder die Vergrößerung von Details. Das Tool ermöglicht die Interaktion mit Form und Kavität während des Prozesses. Dadurch kann der gesamte Zyklus aus verschiedenen Blickwinkeln vor- und zurückgespult werden. Thermische Probleme, Fließfehler, Faserausrichtungen u.v.m. können präzise verfolgt werden. Das Ergebnis eines Versuchsplans kann bewertet werden, z.B. zur Optimierung der Materialauswahl oder der Zykluszeit, ohne vor der Simulations-Workstation zu sitzen – einfach mit dem eigenen PC. Simulation ist wichtig, aber über die Ergebnisse reden und diese verständlich innerhalb und außerhalb des Unternehmens präsentieren zu können, kann schon in der Angebotsphase den entscheidenden Unterschied zum Wettbewerb machen. SIGMAinteract® hilft dem Vertrieb bei der Diskussion um neue Teile, um deren Herstellung und potenzielle Probleme und sorgt für einen jederzeit professionellen Auftritt [5].

### Simulationssystem gekauft – und nun?

Wurde eine Simulationssoftware beschafft, fällt der Start meist dennoch schwer. Wie und wo wird das Produkt richtig eingesetzt? Wie wird es angewendet und welche Funktionen stehen tatsächlich alle zur Verfügung? Aller Anfang ist schwer: Nach der Installation tauchen die ersten Fragen auf. Eine sehr hochtechnische Software ist

nicht immer selbsterklärend, vor allem dann nicht, wenn etwas Vergleichbares noch nicht eingesetzt wurde. Wichtig ist dann, dass man als Anwendender nicht alleine dasteht und einem ein qualifiziertes Team aus Ingenieur:innen zur Seite steht. Deshalb wird z.B. SIGMASOFT® nur in Kombination mit einem Basistraining ausgeliefert. Es ist wichtig, den Anfang so einfach wie möglich zu machen und zu unterstützen, die Übung kommt durch das Rechnen von Projekten von alleine.

Die wesentlichen Bausteine sind Academy und Support, denn ausgebildete Expert:innen geben ihr Wissen direkt weiter. Die Ausbildung erfolgt auf höchster technischer Ebene, deswegen sind Trainings gemeinsam an einem Ort von großer Bedeutung. Ist eine Erstausbildung erfolgt, ist das Team immer in Reichweite, um den Kunden bestmöglich zu unterstützen. Dazu gibt es einen Solution Service, der auf unterschiedlichen Wegen erreichbar ist. Auch hier liegt der Fokus auf dem Austausch zwischen Expert:innen. Neben dem Basistraining gibt es natürlich immer weitere, zahlreiche Möglichkeiten, sich in speziellen Bereichen weiterzubilden. Dazu gibt es ein weiterführendes Trainingsprogramm, dieses kann aber auch ganz individuell mit dem eigenen Projekt erfolgen.

### Fazit

Die zehn Gründe treffen nicht für jedes Unternehmen zu, doch machen sie deutlich, warum man auf Simulation heute nicht mehr verzichten sollte. Steigende Anforderungen an Produkte, Zeit- und Kostendruck in vielen Projekten sind Rahmenbedingungen, denen man ohne Simulation immer weniger begegnen kann. Darüber hinaus unterstützen moderne Konzepte auch den Know-how-Transfer über die gesamte Wertschöpfungskette eines Produktes. Dies ist ein Aspekt, der immer wichtiger wird. Auch sollte jedem Unternehmen, das moderne Systeme einsetzt, klar sein, dass man nicht mal nebenbei simuliert. Die vertiefte Auseinandersetzung mit modernen Simulationskonzepten lohnt sich aber in vielfacher Hinsicht. Simulation zu ignorieren, ist dagegen bei immer mehr Projekten im Dichtungs- und Polymerbereich keine Option mehr. Allein sich permanent ändernde Rahmenbedingungen – sei es aus regulatorischen, wirtschaftlichen, nachhaltigen oder anderen Gründen etc. – fordern den Einsatz des Standes der Technik – und das auch bei der Simulation.

### Literatur

- [1] Semsarilar, P., Topflappen für den LSR Spritzguss optimiert. GAK Ausg. 6/2020 – Jahrgang 73, S. 238 – 241. Online verfügbar unter: [https://www.sigmasoft.de/shared/galleries/pdfs/GAK\\_06-2020\\_Artikel-Topflappen-S.-238-241\\_fuer-Homepage.pdf](https://www.sigmasoft.de/shared/galleries/pdfs/GAK_06-2020_Artikel-Topflappen-S.-238-241_fuer-Homepage.pdf)

- [2] Bayerbach, J. (H&B Electronic), Aschhoff, K. (SIGMA Engineering GmbH), Konturnahe Kühlung neu gedacht. *Plastverarbeiter* Ausg. 9/2023, S. 56-58. Online verfügbar unter: [https://www.plastverarbeiter.de/files/content/\\_heftarchiv/pv/2023/PV\\_09\\_2023/index.html#58](https://www.plastverarbeiter.de/files/content/_heftarchiv/pv/2023/PV_09_2023/index.html#58)
- [3] Aschhoff, K., Gebauer, T. (SIGMA Engineering GmbH), Hainthaler, G., Kalchauer, M. (Wacker Chemie), Wie gut stimmen Simulation und Spritzguss von HTV überein? *KGK Rubberpoint* 17.04.2024. Online verfügbar unter: <https://www.kgk-rubberpoint.de/markt/wie-gut-stimmen-simulation-und-spritzguss-von-htv-ueberein-614.html>
- [4] SIGMASOFT® Pressemitteilung: SIGMAecon. Online verfügbar unter: <https://www.sigmasoft.de/de/presse/pressreleases/SIGMAecon/>
- [5] SIGMAinteract® Whitepaper. Online verfügbar unter: <https://www.sigmasoft.de/de/support/interact/>