

Dichten → Die grundlegenden Baustellen sind Dauerbaustellen S. 8

Nachhaltiges Kleben → Viele Facetten und hohes Potenzial S. 24

Polymer → Fluorpolymere unterstützen die Erreichung der EU-Green-Deal-Ziele S. 42

# DICHT!

[www.isgatec.com](http://www.isgatec.com)

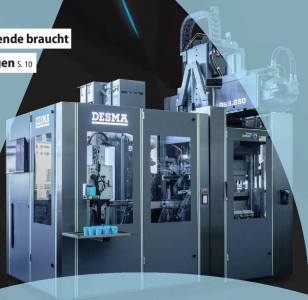
Dichten. Kleben. Polymer. verstehen

2.2022

Dichten

**Die Energiewende braucht**

**Großdichtungen** S. 10



# Wie entwickeln wir heute und morgen Dichtstellen?

## Digitale Prototypen – die Zukunft der Produktentwicklung

**AUTOMOTIVE DICHTUNGSTECHNIK ALLGEMEIN, WERKSTOFFE – Steigende Anforderungen, geringe Kosten, kurze Time-to-Market-Zeiten – in diesem extremen Spannungsfeld bewegt sich auch die Entwicklung von Dichtstellen. Eine Lösung ist der Einsatz von digitalen Zwillingen und modernster Simulationstools.**

Der Mobilitätssektor durchläuft derzeit eine umfassende Transformation. Auslöser sind der Bedarf an umweltfreundlicheren Antriebssystemen, die Ablösung konventioneller Verbrennungsmotoren durch elektrische Antriebe, die verstärkte Integration von Software und Elektronik in das Fahrzeug sowie das veränderte Mobilitätsverhalten der Gesellschaft. Damit unterliegt der Automobilsektor einem tiefgreifenden Strukturwandel und die etablierten Hersteller sind bestrebt, ihre führende Rolle in der Lieferkette auch in Zukunft zu behaupten und auszubauen. Viele neue Technologien erreichen gerade die Serienreife. Produkte und Komponenten werden allerdings immer komplexer, Termine werden kürzer und Qualitätsanforderungen steigen. Um völlig neue Produkte innerhalb kürzester Zeit zur Marktreife zu bringen, sind die Automobilhersteller auf die Unterstützung kompetenter Zulieferer angewiesen. Diese müssen in der Lage sein, aktuelle und zukünftige Herausforderungen durch effiziente Entwicklungsprozesse und den Einsatz einer breiten Palette digitaler Werkzeuge, wie der virtuellen Produktentwicklung, auf Basis numerischer Simulationen zu bewältigen.

### Vom digitalen Prototypen zum digitalen Zwilling

Ziel der virtuellen Produktentwicklung ist es, ein möglichst detailliertes digitales Abbild eines Systems und seiner Komponenten zu erstellen. Diese digitalen Prototypen eines Produkts sollen in allen konstruktiven, material-spezifischen und funktionalen Details der Realität entsprechen. Ihr Verhalten unter anwendungsspezifischen Belastungen kann dann durch numerische Simulationen realitätsnah berechnet und vorhergesagt werden. Da auch die Herstellungsprozesse der verschiedenen Produktkomponenten simuliert werden können, lassen sich fertigungs-

bedingte geometrische Unregelmäßigkeiten, prozessbedingte Eigenspannungen sowie Inhomogenitäten und Anisotropien der Werkstoffe realistisch abbilden und realitätsnah in den digitalen Prototypen integrieren.

Das Konzept eines digitalen Prototyps mündet – noch umfassender betrachtet – in den digitalen Zwilling. Auch wenn jedes Unternehmen seine eigene Definition hat, wird unter einem digitalen Zwilling i.d.R. ein vollständig definiertes Modell verstanden, welches das gesamte Produktverhalten simuliert. In einem moderneren Sinne ist ein digitaler Zwilling ein Modell, das dem realen Produkt ähnelt und seine Daten von Sensoren des realen Produkts erhält. Der digitale Zwilling beinhaltet somit Schnittstellen zwischen der realen und der virtuellen Welt und ermöglicht dadurch die Integration und Anwendung von Methoden der künstlichen Intelligenz. So liefert der digitale Zwilling wertvolle Erkenntnisse über die tatsächliche Leistungsfähigkeit von Produkten und Prozessen sowie von deren Steuerung und Optimierung.

### Wo stehen wir heute?

Inzwischen werden digitale Prototypen vielfach eingesetzt. Diese digitalen Nachbildungen realer Produkte verfügen über alle Informationen hinsichtlich Design, Oberflächenbeschaffenheit, Herstellungsverfahren, Materialeigenschaften und hinsichtlich der auftretenden Belastungen. Sie erlauben einen einfachen Informationsaustausch zwischen den beteiligten Entwicklungspartnern und eine sehr effiziente Produktentwicklung durch die gemeinsame Bearbeitung, Modellierung und Funktionsoptimierung. Dank enger Zusammenarbeit mit Kunden in sehr frühen Phasen des Entwicklungsprozesses können so gemeinsam optimale Lösungen entwickelt und miteinander die gesetzten Ziele erreicht werden. In kurzer Zeit werden dabei funktionale und kostenoptimierte Lösungen ausgearbeitet.

### Spezialwissen gezielt einsetzen

Spezialisierte Zulieferer wie Dätwyler verfügen i.d.R. über eine höhere Fachkompetenz in den spezifischen Anwendungen als ihre Kunden und können die gewünschten Anforderungen besser und schneller erfüllen.

Bei der Zusammenarbeit stellt z.B. der Kunde einen digitalen Prototypen eines Systems, einer Baugruppe oder eines Bauteils zur Verfügung. Der Dichtungszulieferer konzentriert sich dann auf eine detaillierte Lösung für das spezifische Dichtungssystem. Dabei wird ein digitaler Prototyp der Dichtungsstelle erstellt und anschließend in das Gesamtdesign integriert. Der Kunde kann sein Augenmerk auf die Optimierung anderer Bereiche des digitalen Prototypen richten. So wird gemeinsam an der Anpassung und Optimierung der Lösung gearbeitet und die zunehmende Komplexität besser bewältigt.

Gerade Neueinsteigern in der Branche fehlt es oft an der nötigen Erfahrung bei entsprechenden Anwendungen. Sie benötigen Unterstützung, um nicht nur geeignete, sondern optimale Dichtungslösungen für ihre Systeme zu entwickeln. Sie sind darüber hinaus stärker auf die Kompetenz spezialisierter Zulieferer angewiesen und benötigen eine intensive und enge Zusammenarbeit, um neue Märkte und Anwendungsgebiete zu erschließen und dort erfolgreich zu agieren. Auch hier helfen numerische Simulationsmethoden auf Basis digitaler Prototypen, um eng und zielgerichtet gemeinsam am selben Thema zu arbeiten.

### Konzepte sicher und wirtschaftlich nachweisen

Ein Schlüsselement der virtuellen Produktentwicklung ist der Konzeptnachweis, der aufzeigen soll, wie Produktkonzepte oder -ideen unter realen Randbedingungen funktionieren werden. Anhand eines digitalen Prototyps können Funktionalität und Leistungsfähigkeit frühzeitig im virtuellen Raum überprüft werden, sodass zu Beginn der Produktentwicklung auf teure und zeitaufwändige Tests mit physischen Prototypen verzichtet werden kann. Simulationen tragen dazu bei, komplexe Abhängigkeiten zu entwirren und auf wenige relevante Schlüsselkomponenten und -prozesse zu reduzieren, was den Bedarf an physischen Prototypen in späteren Phasen der Produktentwicklung deutlich verringert. Zudem erlauben digitale Prototypen unkomplizierte Änderungen des

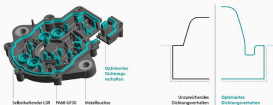


Bild 1: Beispiel für die Simulation einer Dichtungsblösigung (Bild: Dätwyler)

Designs, der Werkstoffe und der Randbedingungen sowie schnelle iterative Optimierungsschritte, die den Umfang und den Aufwand für technische Änderungen reduzieren und eine Right-First-Time-Einstellung begünstigen.

Darüber hinaus ermöglicht das digitale Prototyping in Kombination mit numerischen Simulationen nicht nur die Prognose möglicher Fehler und Anpassungen zur Verringerung der Fehleranfälligkeit, sondern auch die frühzeitige Erkennung möglicher Verarbeitungsprobleme und deren Beseitigung während der Konstruktion von Produkten und Fertigungswerkzeugen. Insgesamt kann die Zeit bis zur Markteinführung deutlich reduziert werden. Die Entwicklungskosten werden gesenkt. Die Effizienz der Fertigungsprozesse wird verbessert. Die Produktqualität wird erhöht und eine effektive Zusammenarbeit entlang der gesamten Lieferkette ermöglicht.

#### Materialkenntnis – ein entscheidender Faktor für den Simulationsprozess

Für den Einsatz von Gummikomponenten oder Dichtungselementen (Bild 1) in Mobilitätsanwendungen ist eine fundierte Kenntnis der Eigenschaften der verwendeten Werkstoffe und ihrer Veränderungen während der Herstellungsprozesse der Produkte entscheidend. Je nach Einsatzgebiet der Dichtungselemente sind verschiedene Aspekte des Materialverhaltens zu berücksichtigen: statische oder dynamische Materialeigenschaften, Temperatureinflüsse, Medienbeständigkeit, Quellung, Verschleiß, Ermüdung und Bruchverhalten. Damit all diese Informationen in eine Simulation einfließen können, wählt man für die entscheidenden Materialeigenschaften geeignete Prüfverfahren aus und testet die Werkstoffe mit höchster Genauigkeit. Nur so entsteht eine optimale Datenqualität und man erhält durch Anpassung der am besten geeigneten Materialmodelle an die Prüfdaten ein valides physikalisches Abbild des Werkstoffs für die Simulation. Diese Informationen werden auch an die Partner weitergegeben, da ungenau oder fehlerhafte Materialmodelle eines der Hauptprobleme sind, die möglichst realistische Simulationen verhindern.

Mit der Entwicklung geeigneter Laborexperimente und unter Verwendung entsprechender Materialmodelle ist es möglich, die Ergebnisse grundlegender Materialtests bei einfachen Lastfällen auf das Verhalten unter komplexeren Lastfällen in praktischen Anwendungen zu übertragen. Die größten Herausforderungen für die Simulation von Dichtungskomponenten sind nach wie vor das Ermüdungsverhalten und die Vorhersage der Produktlebensdauer für ein breites Spektrum von Anwendungen. Daneben steigt der Bedarf an Multiphysik-Simulationen. Diese kombinieren verschiedene physikalische Phänomene und Wechselwirkungen (Fluid-Struktur-Kopplung, Thermo-Struktur-Kopplung usw.) und ermöglichen die Simulation von eingebetteter Elektronik wie z.B. Sensoren sowie die Untersuchung tribologischer Fragestellungen wie den Verschleiß und dessen Beeinflussung durch Schmierfilme an der Grenzfläche zwischen Dichtungen und beweglichen Gegenständen.

Simulationen helfen nicht nur bei der Lösung struktureller Aufgabenstellungen hinsichtlich der Funktionalität und Leistungsfähigkeit von Produkten, sie ermöglichen zudem die Charakterisierung der Herstellungsprozesse und die Auslegung und Optimierung der verwendeten Werkzeuge. Im Hinblick auf die Verarbeitung von Gummimaterialien, müssen für die Simulation der Formgebungprozesse die Eigenschaften von unvulkanisierten Elastomerwerkstoffen wie die Viskosität, die thermischen Eigenschaften (Wärmekapazität und Wärmeleitfähigkeit) und die Kinetik, d.h. die Reaktionsgeschwindigkeit der chemischen Vernetzungsreaktion (Vulkanisation) bekannt sein. Alle notwendigen Charakterisierungen werden bei Dätwyler mit selbstentwickelten Methoden durchgeführt. Nur so lassen sich erfahrungsgemäß eine optimale Datenqualität und damit realistische Materialmodelle sicherstellen.

#### Fazit

Dank der Kombination von digitalem Prototyping mit modernsten numerischen Simulationsmethoden und High-End-Materialmodellen konnten in der gemeinsamen Produktentwicklung mit Kunden große Fort-

schritte erzielt werden. Der nächste Entwicklungsschritt wird der Einsatz neuer Instrumente wie digitaler Zwillinge sein, die einen weiteren technologischen Meilenstein in der Produktentwicklung für die Dichtungsbranche darstellen. Indem die reale und virtuelle Welt miteinander verbunden werden, kann man zudem Methoden der künstlichen Intelligenz einsetzen, um Konzepte und Modelle an bestehenden Produkten zu validieren und – in Kombination mit fortschrittlichen Simulationstechniken – neue Produkte präzise und zielorientiert zu entwickeln. Im Hinblick auf die voranschreitende Digitalisierung und Automatisierung werden diese Methoden immer wichtiger und ermöglichen eine genauere, schnellere und individuellere Entwicklung neuer Produkte als je zuvor.

#### Fakten für die Konstruktion

- Digitale Prototypen und Zwillinge erleichtern die sichere Konstruktion komplexer Dichtstellen erheblich
- Wer nicht über das notwendige Know-how verfügt, greift besser frühzeitig auf Spezialisten zurück

#### Fakten für den Einkauf

- Die Simulation generiert alle relevanten Daten für eine Beschaffung ohne Überraschungen

#### Fakten für das Qualitätsmanagement

- Perfekt simulierte Dichtstellen stellen die Qualität des Endproduktes sicher

#### Weitere Informationen

Dätwyler  
www.datwyler.com

#### DICHT | Digital Zum Lösungspartner



Von Dr. Rudolf Fandler, Head of Simulation



Raphael Kaelin, Head of Testing



Adrian Haueter, Head of Flow and Process Simulation