

Hilite profitiert vom verstärkten Ausbau der Simulation

Simulation mit System

Hilite entwickelt und fertigt Komponenten und Module für moderne Motor- und Getriebeanwendungen. In diesen Bereichen gehört Hilite zu den weltweit führenden Anbietern innerhalb der Automobilindustrie. Als innovativer und zuverlässiger Entwicklungspartner unterstützt das Unternehmen den Entwicklungsprozess seiner Kunden mit ausgereiften Produkten und einer tiefen Komponenten- und Systemexpertise. Dabei sind die von CADFEM gelieferten Simulationslösungen ein wichtiger Bestandteil für eine effiziente und kostengünstige Produktentwicklung.



Elektrohydraulisches Proportionalventil (oben), Ventilblock (Mitte) und Nockenwellenversteller (unten).

Als Prof. Dr.-Ing. Christian Sleziona vor rund zehn Jahren die Leitung der Simulationsabteilung bei Hilite übernahm, bestand diese aus drei Berechnungsingenieuren. Heute umfasst das Team insgesamt zwölf Mitarbeiter, die unter anderem die Bereiche Strukturmechanik, Elektromagnetik, Strömungsanalyse und Systemsimulation abdecken.

Strukturmechanische Simulation

„Unsere Nockenwellenverstellsysteme verstellen die Winkellage der Auslass- und Einlassventile zur Kurbelwelle des Motors, was eine Verbesserung des Kraftstoffverbrauchs und die Reduzierung von Abgasen bewirkt“, berichtet Prof. Sleziona. „Ähnliches gilt für unsere Magnetventile, die das Herz der Getriebesteuerung sind. Durch eine hohe Dynamik zum Öffnen und Schließen der Kupplung und Schaltung der Gänge leisten diese Getriebe ebenso einen erheblichen Beitrag, um zukünftigen Anforderungen an die Fahrzeuge hinsicht-

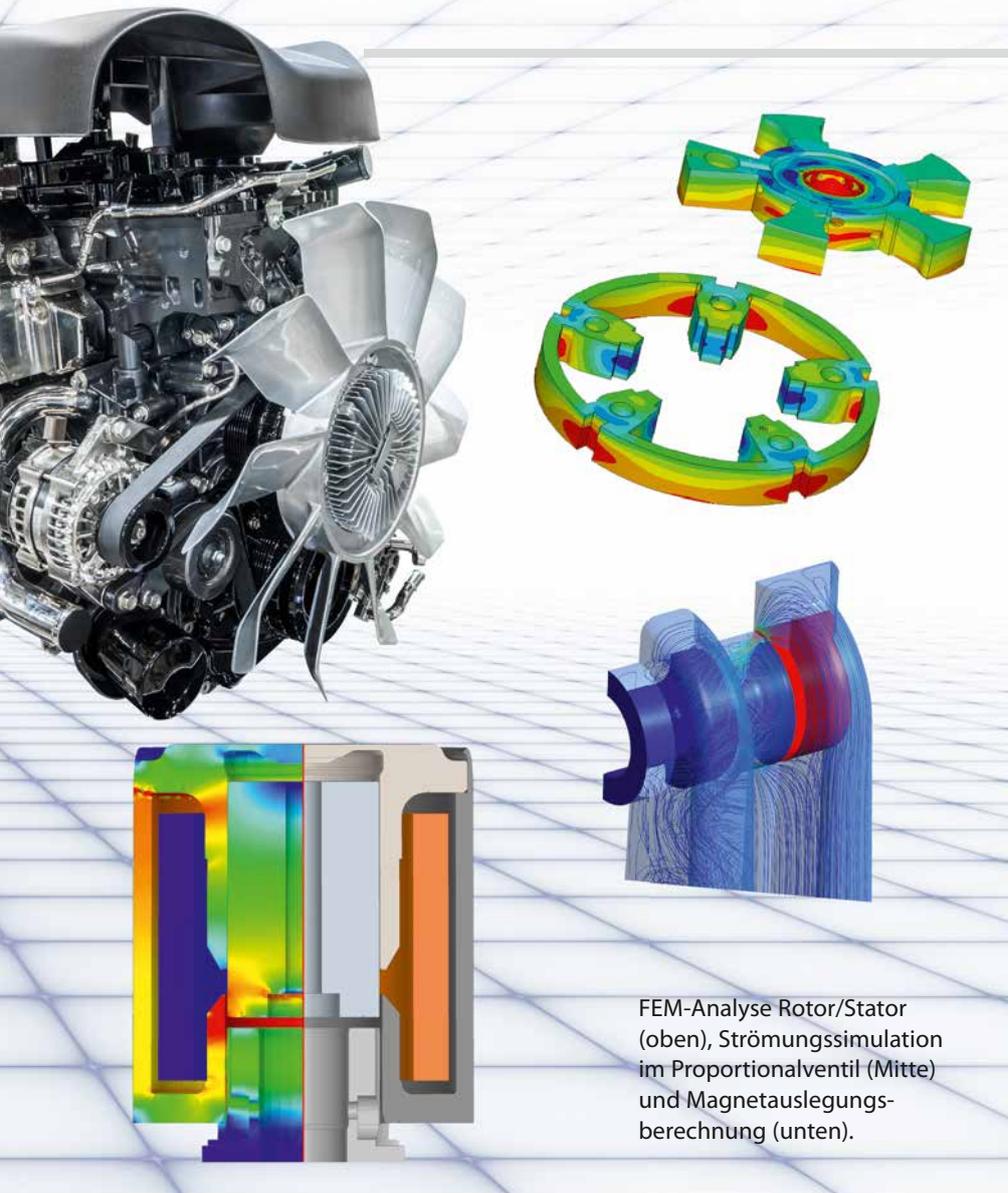
lich Verbrauch und Komfort gerecht zu werden.“ Dabei werden im Bereich der strukturmechanischen Simulation mit ANSYS hauptsächlich die Verformungen betrachtet. Diese Simulationen werden schon seit mehr als zehn Jahren durchgeführt und sind damit teilweise zu Standardberechnungen für die Komponentenauslegung geworden. Aber auch die ständig erhöhten Leckage-Anforderungen sind zu erfüllen und dabei ist die komplette Hüll- und Plechzylinderauswertung zu berücksichtigen. Unter anderem wurden für das Postprocessing Berechnungsroutinen entwickelt, die ANSYS ergänzen. Weitere Anwendungsbeispiele sind Verbünde, die durch Schrauben zusammengehalten werden, bei denen neben den Vorspannungen die Ketten- oder Riemenkräfte analysiert werden, die auf den Versteller wirken. Im Getriebebereich sind hauptsächlich Längspressverbände von Interesse, die in Zusammenarbeit mit der Versuchsabteilung von den Simulationsspezialisten optimiert werden.

Mittlerweile werden auch Lebensdauerberechnungen durchgeführt. Die Berech-

nungen dienen unter anderem der Prozessentwicklung, damit die Anlagen besser ausgelegt werden können, sodass beispielsweise die Laufbereiche von Buchsen oder Ventilen mit extrem engem Spiel trotz Bauteilverformungen langfristig abgesichert sind.

Elektromagnetische Berechnungen

Aber auch die elektromagnetischen Simulationen haben sich bei Hilite in den letzten Jahren von einer gelegentlichen Anwendung zu einem Kerngebiet entwickelt. Bernhard Schatz wechselte 2007 von der CAD-Konstruktion in den Simulationsbereich und ist seit 2011 für die elektromagnetischen Analysen zuständig. „Zunächst war dies für mich nur eine Teilzeitbeschäftigung, aber mittlerweile ist es nicht nur für mich ein Vollzeitjob, sondern ein weiterer Kollege unterstützt mich“, erklärt er. Sowohl im Motor als auch im Getriebe sind elektrohydraulische Ventile im Einsatz, die strömungstechnisch und elektromagnetisch ausgelegt werden. „Wir entwerfen



FEM-Analyse Rotor/Stator (oben), Strömungssimulation im Proportionalventil (Mitte) und Magnetauslegungsberechnung (unten).

und optimieren Magnetkreise, indem wir mit ANSYS Maxwell die Umsetzung des elektrischen Stroms in magnetische Kraft berechnen“, erläutert Bernhard Schatz. Zur Auslegung der Magnetventile wird das Verhalten im Arbeitsbereich analysiert und auch die Haltbarkeit solcher Ventile mithilfe von 3D-Simulationsmodellen untersucht. Dazu müssen die störenden Quer-

kräfte – die mehr oder weniger stark ausgeprägt sind – minimiert werden, um die Lebensdauer zu erhöhen.

Strömungsmechanik analysieren

Im Bereich der Strömungsmechanik analysieren die Berechnungsingenieure unter

anderem die Ventilströmungen mit ANSYS CFX. Würden in der Vergangenheit vorwiegend die Druckverluste für die Systemsimulation berechnet, so sind mit der Zeit und den wachsenden Möglichkeiten von Hardware, Software und vorhandener „Manpower“ die Strömungskräfte direkt in den Vordergrund getreten. Diese werden abhängig vom jeweiligen Betriebszustand analysiert, um die Auslegung der Systeme zu verbessern. Für die Systemsimulation sind die Kräfte, Volumenströme und Druckverluste an den kritischen Stellen entscheidend und müssen deshalb besonders genau beschrieben werden; und zwar nicht nur für einen Zeitpunkt, sondern jeweils für den kompletten Zeitverlauf.

Systemsimulation wird ausgebaut

Für die Generierung der Eingangsdaten der Systemsimulation sind alle Berechnungsbereiche gefordert, denn nur so kann ein ganzheitliches Verständnis für das Verhalten des Gesamtsystems entstehen. Dabei werden keine direkten Kopplungen zwischen den einzelnen Anwendungsbereichen vollzogen, sondern deren Ergebnisse zur Systemsimulation genutzt. „Durch dieses Herangehen können wir uns mit unserem Nockenwellenversteller-System weltweit sehr weit vorne positionieren“, erläutert Prof. Slezione. „Hier haben wir sehr viel Know-how aufgebaut, was uns von unseren Kunden auch bescheinigt wird.“ So werden bei der Systemsimulation für ein Nockenwellenversteller-System sowohl der Nockenwellenversteller selbst, das dazugehörige Ventil wie auch die Verhältnisse im Motor betrachtet. Folglich sind neben den Ölzufüssen zum System auch die äußeren Lasten, die vom Ventiltrieb her kommen, zu berücksichtigen. Diese werden zur dynamischen Analyse des Systemverhaltens miteinander verknüpft und die verschiedensten Betriebspunkte beachtet, zum Beispiel Heißleerlauf, Vollast sowie Start-Stop.

Die Betrachtung der unterschiedlichen Betriebszustände zeigt auf, wie hoch die Performance in den einzelnen Phasen ist. Mit der Systemsimulation wird untersucht, was noch verändert werden könnte, um das Gesamtsystem weiter zu optimieren. Da das System viele Komponenten umfasst, sind auch viele Variable zu berücksichtigen, was zu umfangreichen Berechnungen führt. Die Optimierung erfolgt heute noch manuell, indem die einzelnen Parameter variiert und die Auswirkungen

Einsatzbeispiele von Hilite-Produkten

Hilite wurde von einem großen nordamerikanischen OEM ausgewählt, das Auslasssystem einer variablen Ventilsteuerung für eine V6-Applikation zu liefern. Diese Applikation repräsentiert die neueste Nockenwellenversteller-Technologie, bei der die Verstellung mit geringstem Öldruck erfolgt. Damit werden steigende Anforderungen für neue Motorgenerationen bezüglich Leistung, Drehmoment, Kraftstoffverbrauch und Emissionsverhalten erfüllt.

Audi präsentierte kürzlich den ersten Getriebetyp des neuen S tronic-Baukastens mit dem Doppelkupplungsgetriebe DL382-7F. Hilite entwickelte und liefert dazu Flow-tronic-Getriebeventile. Bei dieser Ventifamilie ist die Ansteuerlektronik im Magnet integriert. Das Ventil kann somit direkt an den CAN-Bus des Fahrzeugs angeschlossen werden. Mit Flowtronic ist Hilite in der Lage, jedem Kunden ein ideal abgestimmtes Ventil mit Ansteuerlektronik anzubieten, sodass der Kunde die Qualität der Hilite-Ventile direkt erkennen kann.

analysiert werden. Zukünftig wird dies durch mathematisch-stochastische Methoden ergänzt, um die Produktentwicklung weiter voranzutreiben. Dazu wird zurzeit die Software optiSLang von Dynardo eingeführt, die in allen Anwendungsbereichen für Sensitivitätsanalysen und Robustheitsbewertungen zum Einsatz kommen soll.

Sensitivitätsanalysen und Robustheitsbewertungen

Ein erstes Projekt umfasst die Kalibrierung von Mess- und Simulationsdaten sein. Dabei wird der Volumenstrom des Ölflusses eines Ventils im Motorenbereich gemessen. Anschließend wird die sich daraus ergebende Kurve des Volumenstroms in einem

Simulationsmodell nachgebildet und so kalibriert, dass sie der Realität möglichst nahe kommt. Damit lässt sich die Diskrepanz zwischen Messung und Simulation, die bisher in manchen Bereichen auftrat, besser analysieren. Denn durch Analysen mit optiSLang können die Parameter ermittelt werden, die für die Diskrepanz verantwortlich sind. Ebenso lässt sich relativ einfach feststellen, welche Eingangsparameter großen Einfluss auf die Ausgangsgrößen haben und welche nur kleinen oder keinen Einfluss besitzen.

„Wir stehen in einem weltweit sehr harten Wettbewerb bezüglich Qualität, Kosten und schneller Lieferfähigkeit“, hebt Prof. Sleizona hervor. „Diesen Wettbewerb können wir aufseiten der Produktentwicklung

nur mithilfe der Simulation gewinnen, denn ohne sie wären die heutigen Anforderungen nicht mehr erfüllbar.“ Beispielsweise müssen die Entwickler bis an die Grenze des Kontaktfalls gehen und trotzdem muss zwischen den Bauteilen noch so viel Spiel sein, dass die gewünschte Bewegungsfreiheit jederzeit garantiert ist. Um dies zu erreichen, ist zu berücksichtigen, dass das Spiel mit unterschiedlichsten Toleranzen behaftet ist. Hierzu erklärt Prof. Sleizona: „Diese Toleranzen sind oft gemäß den Erfahrungen der jeweiligen Konstrukteure historisch gewachsen, aber entsprechen teilweise nicht mehr dem Stand der Technik. Zwar können wir mit größeren Toleranzen Geld einsparen, aber mit zu großen Toleranzen leidet die Qualität

Interview mit Prof. Dr.-Ing. Christian Sleizona, Leiter der Simulation bei Hilite

Neue Konzepte analysieren und bewerten

Prof. Dr.-Ing. Christian Sleizona leitet seit rund zehn Jahren die Simulation bei Hilite, wo vielfältige Berechnungen für Motor- und Getriebekomponenten im Bereich der Strukturmechanik, Elektromagnetik, Strömungsmechanik und Systemsimulation durchgeführt werden. Ziel ist es, die Qualität, Zuverlässigkeit, Langlebigkeit und natürlich die Wettbewerbsfähigkeit der Hilite-Produkte kontinuierlich zu verbessern.



Hilite hat sich eine Spitzenposition auf dem Weltmarkt erarbeitet. Worin sehen Sie die Hauptgründe für diesen Erfolg?

Neben einigen anderen Faktoren ist dafür viel Know-how über das Verhalten der eigenen Produkte notwendig. Zusätzlich zu den Erfahrungen aus realen Versuchen und Tests lässt sich dieses Know-how durch Simulationen sinnvoll erweitern. Mit Simulationsstudien unter dem Aspekt „Was wäre wenn?“ – die relativ einfach, schnell und kostengünstig durchführbar sind – kommen die enormen Vorteile gegenüber dem Bau von realen Prototypen deutlich zum Vorschein.

Mit unseren Verstellern für den Motorbereich liegen wir weltweit sehr weit vorne. Sie heben sich vom Wettbewerb dadurch ab, dass sie eine sehr geringe innere Leckage haben, was beispielsweise mehr Leistung ermöglicht, aber gleichzeitig auch zur

Reduzierung des Treibstoffverbrauchs dienen kann.

Welche Rolle spielt die Simulation in der Produktentwicklung?

Wir nutzen die Simulation schon seit mehr als zehn Jahren in unterschiedlichen Anwendungsbereichen. Aber erst seit einigen Jahren ist der Simulationsbereich stark ausgebaut worden, sodass sich die Mitarbeiterzahl hier innerhalb der letzten fünf Jahre mehr als verdoppelt hat. Dadurch haben wir jetzt die kritische Masse erreicht, um deutlich schneller voranzukommen und neue Felder abzudecken. Dies ist als weiterer Schritt in Richtung einer noch effizienteren Produktentwicklung dringend erforderlich.

Wir können nun gezielter herausfinden, wie die untersuchten Systeme verändert werden müssen, um die erzielbare Leis-

tung weiter zu steigern beziehungsweise die Funktionalität zu optimieren. In der Systemsimulation werden alle physikalischen Berechnungen miteinander verknüpft, um das dynamische Verhalten unter verschiedensten Randbedingungen zu betrachten, wie Temperatur, Drehzahl und Last.

Will man die Entwicklungskosten weiter senken sowie die Robustheit der Produkte steigern, muss man die Simulation noch stärker in der frühesten Entwicklungsphase einsetzen. Dies erfordert jedoch noch mehr Simulationskapazität hinsichtlich des Personals und vor allem eine massive Erweiterung von Hardware und Software. Daher werden wir zukünftig die bisher gesammelten individuellen Erfahrungen durch mathematisch-stochastische Methoden ergänzen, damit wir die Sensitivitäten detaillierter erkennen,

unserer Produkte und sinkt deren Leistung. Deshalb ist es für uns besonders wichtig, zu wissen, welche Toleranzen wo sinnvoll sind. Hier kann das Zusammenspiel von ANSYS und optiSLang seine Vorteile voll ausspielen.“

Zusammenarbeit schafft Vertrauen

Weiterhin setzt Prof. Sleziona auf eine enge Zusammenarbeit der Simulations- mit der Konstruktions- und der Versuchsabteilung, um das gesamte Nutzenpotenzial der Simulation für die Produktentwicklung auszuschöpfen. Eine intensive und kontinuierliche Zusammenarbeit schafft das notwendige Vertrauen und gegenseitige

Verständnis, das dann zu vielfältigen Synergieeffekten führt. Dafür ist aber auch viel Ausdauer und Energie notwendig. Diese Art der Zusammenarbeit ermöglicht einen sehr zielgerichteten Simulationseinsatz und eine tiefe Integration in den Gesamtprozess. „Auf unsere Tätigkeit bei Hilite bezogen, kann ich auf jeden Fall feststellen, dass sich die Simulation in den letzten zehn Jahren ein neues Image erarbeitet hat“, betont Prof. Sleziona abschließend. „Unser Ansehen ist erheblich gewachsen und wir bekommen viel Anerkennung bezüglich des Nutzens der Simulation. Hier haben wir in Teilbereichen mit der Versuchsabteilung gleichgezogen, deren hoher Nutzen schon traditionell anerkannt wurde.“



HILITE
INTERNATIONAL GERMANY

InfoUnternehmen

Hilite Germany GmbH
www.hilite.com

InfoAnsprechpartner | HILITE

Prof. Dr.-Ing. Christian Sleziona
christian.sleziona@hilite.com

InfoAnsprechpartner | CADFEM

Stefanie Gester
Tel. +49 (0) 711-99 07 45-21
sgester@cadfem.de

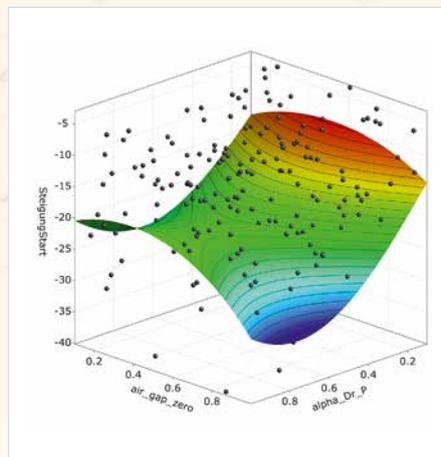
die Robustheit der Produkte besser garantieren und eine Optimierung schneller erreichen können.

Welche Voraussetzungen sind dafür erforderlich?

Dafür müssen wir ein möglichst realistisches Abbild der Produkte beziehungsweise ihrer physikalischen Eigenschaften erzeugen und dieses als Simulationsmodell benutzen. In diesem Zusammenhang ist aber auch zu berücksichtigen, dass sich die Berechnungszeit immer aus einem Kompromiss zwischen der Modellgenauigkeit und der Anzahl der zu berücksichtigenden modifizierbaren Parameter ergibt. Deshalb sind wir auch auf HPC-Plattformen (High Performance Computing) umgestiegen und nutzen entsprechende HPC-Lizenzen der ANSYS Software.

Wie haben sich in den letzten Jahren die Anforderungen an die Simulation verändert?

Bei der Auslegung der Magnetventile und der Erhöhung ihrer Lebensdauer kann Hilite überzeugende Erfolge vorweisen. Die Simulationen und deren realitätsnahe Ergebnisse sind eine Grundlage dafür. Das Entscheidende dabei ist, aus den Simulationsergebnissen das vorhandene Verbesserungspotenzial abzuleiten und frühzeitig in die Produktentwicklung zu integrieren. Beispielsweise werden Magnetventile anhand von Simulationen ausgelegt und danach erst konstruktiv definiert. Die anschließenden Tests und Messungen an ersten realen Prototypen dienen dann der Bestätigung der Simulationsergebnisse.



Antwortfläche für die Beeinflussung eines Signalparameters.

Durch den Simulationseinsatz in frühen Entwicklungsphasen können wir relativ schnell und mit geringem Aufwand neue Konzepte ausprobieren und detailliert analysieren. Auf diese Weise haben wir mit dazu beigetragen, das Gewicht der Magnetspulen in den Ventilen innerhalb von fünf Jahren in etwa zu halbieren und damit trotzdem die gleichen Kräfte zu erzeugen.

Welches sind die wichtigsten Faktoren beim Einsatz der Simulation?

Zwar ist eine leistungsfähige Software eine notwendige, aber keine hinreichende Bedingung. Denn das entscheidende Know-how steckt in den erfahrenen Mitarbeitern, die die Simulationen durchführen. Sie kennen die zu berücksichtigenden Details genau und verfügen über das Wissen, um in kurzer Zeit belastbare Ergebnisse zur Verfügung zu stellen, die als Entschei-

dungsgrundlage für die weitere Entwicklung dienen. Somit bewahrheitet sich hier der CADFEM Slogan „Simulation ist mehr als Software“.

In diesem Zusammenhang will ich auch auf die Unterstützung durch kompetente Partner wie CADFEM hinweisen, von dem wir neben der Software auch den notwendigen Support erhalten. Zusätzlich profitieren wir von den Schulungen, die teilweise speziell auf Hilite zugeschnitten sind, und auch von Consulting-Projekten, die CADFEM für uns durchführt. Beispielsweise ist auch das berufs begleitende Masterstudium, das von CADFEM esocael organisiert wird und bisher von zwei Hilite-Mitarbeitern absolviert wurde.

Welchen Stellenwert hat die Simulation heute erlangt und wie sieht die Zukunft aus?

Der Ausbau der Simulation konnte nur realisiert werden, weil das Vertrauen in unsere Berechnungen bei vielen Entscheidern in den letzten Jahren enorm gewachsen ist. Für Hilite sind heute viele Entwicklungen ohne Simulationen unter den gegebenen Bedingungen nicht mehr möglich. Auf die immer komplexeren Systeme und Abhängigkeiten antworten wir unter anderem mit umfassenden Systemsimulationen, ergänzt durch stochastische Verfahren zur Sensitivitätsanalyse. Damit können wir die Vorhersagen über das Verhalten des Gesamtsystems präzisieren. Zusätzlich ist nicht nur eine verstärkte interne Zusammenarbeit gefordert, sondern auch eine intensivere Kooperation mit dem Kunden, was bei uns in vielen Fällen schon passiert.