

# Simulation in der Fluidtechnik



## Unverzichtbares Werkzeug von der Vorentwicklung bis zum Vertrieb



**Die Simulation von Vorgängen aller Art, ob im gesellschaftlichen Leben, in der Evolution unserer Umwelt oder in technisch-funktionalen Abläufen, ist ein anerkanntes und in der Breite angewandtes Mittel zur Vorhersage des Ablaufs und des Ergebnisses einer geplanten oder nur gedanklich durchgespielten, manchmal aber auch unerwünschten Veränderung. Das Gespräch leitete Dr.-Ing. Wolfgang Hahmann, TW-Beirat von O+P.**

Die Sensibilität des menschlichen Zusammenlebens, der ökologischen Zusammenhänge, der Kostenstruktur volkswirtschaftlicher und betriebswirtschaftlicher Abläufe verlangen danach, dass man Entscheidungsprozesse nicht mehr nach der Methode „Trial and Error“ vorantreiben darf.

Die Güte der Vorhersage und der damit verbundenen Ergebnisse hängt in entscheidendem Maße davon ab, wie real die Wirkungsweise und der zeitliche Ablauf aller wesentlichen Einflussgrößen in dem der Vorhersage zugrunde liegenden Modell Berücksichtigung fanden.

Auch die Fluidtechnik nutzt in großem Stil die Simulation zur Analyse unterschiedlichster Vorgänge in Forschung und Entwicklung, in Projektierung und Konstruktion, bei Inbetriebnahme und Service. Die Informationstechnologien sowie die vielen bereits erforschten und mathematisch beschriebenen Zusammenhänge im Fluid und dem Zusammenwirken von Fluid, Mechanik und Elektrik erlauben heute sehr umfangreiche und zielführende Simulationen. Für die fallbezogene Simulation kommt es oftmals darauf an, in Zyklen aus einem breit angelegten

Simulationsmodell die relevanten Einflussfaktoren zu ermitteln, ihre Gewichtung innerhalb einer realen Anwendungsbreite zu bestimmen und daraus entsprechende Anweisungen für die Umsetzung in weiteren Simulationszyklen zu formulieren. Dazu bedarf es sicherlich der mit der Simulationstechnik wie auch der Fluidtechnik gut vertrauter Mitarbeiter.

Wo stehen wir heute? Die überwiegende Mehrzahl der in der Fluidtechnik eingesetzten Komponenten dürfte wohl in ihrem stationären und dynamischen Verhalten ausreichend und in differenzierter Schärfe mathematisch beschrieben sein, so dass einer Modellierung von hydraulischen Antrieben kaum Grenzen gesetzt sind.

Das Strömungsverhalten und die Analyse dreidimensionaler Strömungsfelder in den Komponenten ist zwar zurzeit noch auf dem Weg in die breitere Anwendung. Aber auch hier steht wie für die Modellierung von Systemen ausreichend Simulations-Software zur Auswahl.

Die Mechanik von eindimensionalen mechanischen Antrieben und Achsen ist bereits Bestandteil fluidtechnischer Simulati-

### Die Teilnehmer:

**Dipl.-Ing. (TU) Peter Antoszkiewicz,**  
Bosch Rexroth AG, 97816 Lohr am Main

**Dr.-Ing. Frank Bauer,** Hydac International  
GmbH, 66280 Sulzbach/Saar

**Dr. Heiko Baum,** FLUIDON GmbH, Aachen

**Dr. Roland Bublitz,** Parker Hannifin  
GmbH & Co. KG, 41564 Kaarst

**Dipl.-Ing. (FH) Matthias Finke,**  
MOOG GmbH, 71034 Böblingen

**Prof. Dr.-Ing. Marcus Geimer,**  
Universität Karlsruhe (TH), 76128 Karlsruhe

**Univ.-Prof. Dr.-Ing. Siefried Helduser,**  
TU Dresden, Institut für Fluidtechnik,  
01069 Dresden

**Dipl.-Ing. Richard Hofmann,**  
Linde Material Handling GmbH & Co. KG,  
63741 Aschaffenburg

**Dipl.-Ing. Uwe Klingler,** MOOG GmbH,  
71034 Böblingen

**Dr.-Ing. Torsten Lang,**  
TU Braunschweig, Institut für  
Landmaschinen und Fluidtechnik,  
38106 Braunschweig

**Dr.-Ing. Christian Stammen,**  
IFAS der RWTH Aachen, 52074 Aachen

**Dr.-Ing. Peter Post,** Festo AG & Co. KG,  
73734 Esslingen

**Dr.-Ing. Robert Rahmfeld,** Sauer-Danfoss  
GmbH & Co., 24539 Neumünster

**Dipl.-Ing. Peter-Michael Synek,**  
Fachverband Fluidtechnik im VDMA,  
60528 Frankfurt/Main

**Dr.-Ing. Torsten Verkoyen,** IFAS der RWTH  
Aachen, 52074 Aachen

**Dipl.-Ing. Dirk Wehner,** TU Dresden,  
Institut für Fluidtechnik, 01069 Dresden

**Bernd Zimmer,** IMAGINE Software GmbH,  
80687 München



Dr.-Ing. Christian Stammen: „Treten in der Praxis Phänomene auf, die wir analysieren sollen, ist es wichtig, dass man in der Simulation Zugriff auf schwer messbare Zustandsgrößen hat“

Univ.-Prof.-Ing. Siegfried Helduser (links) und Dr.-Ing. Wolfgang Hahmann (rechts)



ons-Software. Kräfte und Momente werden durch den Fluiddruck oder viskositätsbedingte Scherkräfte auf mechanische Bauelemente unmittelbar ausgeübt und von der Mechanik in gleicher Weise auf das Fluid weitergeleitet. Bei komplexeren Strukturen existieren für die Mechanik gleichfalls umfangreiche Programme und Bibliotheken mit Beschreibungen aller möglichen Facetten. Elastische Deformationen von Platten und Strukturen sind ebenso mit FEM beschreibbar wie ihr daraus resultierendes dynamisches Verhalten, das bei der Betrachtung von Schwingungen zur Optimierung von Gehäuseformen bei Verdrängermaschinen genutzt wird. Auch thermische Problemstellungen sind durch FEM-Ansätze abdeckbar.

Elektrik und Elektronik sind aus der Anwendung der Fluidtechnik nicht mehr wegzudenken. Daher ist es nur logisch, dass ihre Koppelpunkte zur Fluidtechnik, die Aktoren und Sensoren, wie auch die komplexen Strukturen von Steuerungen, Reglern und Antrieben simulationstechnisch mit eingebunden werden. Unter den Aktoren stellen die Magnete ein wichtiges Bindeglied dar.

Ihr Verhalten von der elektrischen Ansteuerung über den Magnetkreis bis hin zur Mechanik mit Feder und Dämpfung sind durch Simulationen erschlossen. Elektronische Regelungs- und Steuerungskomponenten können, wenn sie hardwaremäßig bereits vorhanden sind, auch dazu genutzt werden, direkt in der Echtzeit-Simulation mitzuwirken oder auch im umgekehrten Fall, innerhalb und mit Hilfe einer validierten Simulationssoftware getestet zu werden. Solche Tests, verbunden mit einer Parametrierung der Regler, können erheblich die Zeiten, Kosten und Risiken einer Inbetriebnahme reduzieren. Allerdings muss die Simulationssoftware auch für Echtzeitanwendung geeignet sein.

Die Simulation von Übergängen und Wechselwirkungen zwischen Mechanik, Elektrik und Fluidtechnik ist oftmals nicht durch ein einzelnes Software-Paket in der gewünschten Genauigkeit abzudecken, was das Verknüpfen von unterschiedlichen Programmen mit dem strukturierten Austausch von Datensätzen erfordert. Zweifellos hat jede Disziplin für sich exzellente Programmansätze zur simulatorischen Darstellung ih-

rer Fähigkeiten entwickelt, aber die schon vielfach diskutierten modernen mechatronisch-fluidischen Produkte werden in Zukunft mehr und mehr auch ganzheitliche interdisziplinäre Simulations-Software zu ihrer Entwicklung und Anwendungsoptimierung benötigen. Simulation bedarf der Interpretation durch den Fachmann, der qualitativ und quantitativ das Simulationsergebnis beurteilen kann. Sonst besteht die Gefahr von Fehlschlüssen. Gerade interdisziplinäre Simulationssoftware wird hier hohe Anforderungen stellen.

Insgesamt betrachtet hat die Simulation in vielen Unternehmen der Fluidbranche die Verkürzung von Entwicklungsprozessen bei gleichzeitiger Verbesserung des Entwicklungsergebnisses bewirkt. Aber auch die Planung und Projektierung komplexer Antriebsstrukturen sowie die Parametrierung von digitalen Reglerstrukturen sind durch Simulationsprozesse möglich geworden. Somit hat die Simulationstechnik nicht nur die Vorgänge in der Fluidtechnik anschaulicher und transparenter gemacht, sondern auch erheblich zur Attraktivität und Qualität ihrer Produkte beigetragen.

## Die Fragen:

1. Welche Bereiche eignen sich zum Einsatz der Simulation, und wie sehen Sie das Verhältnis von Aufwand zu Nutzen?
2. Liegen für alle Komponenten und Systeme der Fluidtechnik ausreichende Simulationstools vor?
3. Angenommen, eine mittelständische Firma möchte für ihre Anwendungen Simulationen selbst durchführen. Mit welchen Kosten müsste sie rechnen

für erstmaligen Softwarekauf, Lizenzgebühren und Einarbeitungszeit für einen erfahrenen Hydraulik-Ingenieur für

A - Simulation der Funktionen hydraulischer Antriebe?

B - Simulation von Strömungsverhältnissen in Ventilkörpern?

4. Welche Ausbildung, welchen Ausbildungsgang sollte ein mit der Durchführung von Simulationen beauftragter Mitarbeiter möglichst durchlaufen haben?

5. Stehen für die Kopplung von verschiedener Simulationssoftware bereits ausreichend Hilfsmittel zur Verfügung?

6. Welche Wünsche haben Sie zur Weiterentwicklung der Softwaretools, welche Möglichkeiten sehen die Softwareproduzenten?

7. Welche Zukunftsperspektiven sind für die Simulation und ableitbare Anwendungen (z. B. Animation) vorstellbar?



Dr.-Ing. Robert Rahmfeld: „Ein junger Ingenieur mit hoher Affinität zu Rechnern und Simulation, der sich in Numerik auskennt, hat Vorzüge als Simulationsmitarbeiter“



Dr.-Ing. Frank Bauer: „Heute sollte jeder Konstrukteur in der Lage sein, ein FEM-Tool anzuwenden. Das wünscht man sich auch für den Einsatz von Simulationswerkzeugen“

## Frage 1

### Dr. F. Bauer:

Wir setzen die Simulation zur Projektierung im Anlagenbau ein, um komplette hydraulische Systeme auszulegen. Hier sind Aufwand und Nutzen in erster Linie dadurch vorgegeben, dass die in der Simulation verwendeten Bauteile auch parametrierbar sind. Ferner setzen wir die Simulation zur Komponentenauslegung ein, wo wir Strömungswiderstände, Druckverluste, Durchflüsse, Stromlinienverläufe verschiedenster Komponenten berechnen.

### Dr. P. Post:

Simulationstechniken sind in allen Bereichen des Produktlebenszyklus zu finden, von der Vorentwicklung für erste Studien zur Bewertung möglicher Lösungsansätze über die Konstruktion zur Untersuchung detaillierter Auslegungen, im Testfeld um Versuchsparameter und relevante Bauteilbelastungen zu ermitteln bis hin zur Produktion, um verfahrenstypische Belastungen und Randbedingungen zu analysieren. Ganz wichtig ist die Anwendung der Simulationstechnik für spezifische Applikationen zur Überprüfung der Einsatzmöglichkeiten von entsprechenden Antrieben, so dass dort die gestellte Anforderung erfüllt wird. Hier stehen in großer Breite entsprechende Tools zur Verfügung.

### Dr. R. Bublitz:

Wir setzen die Simulation zur Komponentenentwicklung und zur Systemauslegung bei Kundenapplikationen ein. In der Komponentenentwicklung kann man sehr hohen Aufwand treiben und sehr genau modellieren. Innerhalb der Systementwicklung muss man das Verhältnis Aufwand zu Nutzen stärker berücksichtigen.

### R. Hofmann:

Bei uns wird die Systemsimulation in der Vorauslegung, während der Detailkonstruktion, der Versuchs- und Prototypenphase sowie zur Schadensanalyse eingesetzt.

### M. Finke:

Simulation hilft dabei, konkrete Prozesse im Detail zu beobachten und zu verstehen. Dieses Verständnis hilft wiederum, Produkte zielorientiert und wirtschaftlich zu optimieren. Komplexe Geometrien, die sich durch eine Handrechnung nicht mehr approximieren lassen, eignen sich besonders für 3D-Simulationen. Wir setzen Simulation in fast allen Abschnitten der Produktentwicklung ein, also von der Entwurfsphase bis zur Schadensanalyse. Aber das Wichtigste ist, dass dieses Know-how in zukünftige Entwicklungen einfließt.

### P. Antoszkiewicz:

Im Entwicklungsbereich wird der Aufwand immer sehr hoch bleiben und lohnt in der Regel nur, wenn jemand wirklich Vollzeit simuliert. Im Anwendungsbereich für Projektoren und Entwickler, die fertige Applikationsprogramme nutzen, bieten diese Tools große Vorteile und lösen zunehmend selbst geschriebene Anwendungen ab.

### Dr. R. Rahmfeld:

Sauer-Danfoss setzt die Simulation auch in nahezu allen Bereichen ein, vorwiegend in der Entwicklung, aber auch in der Auslegung und im Service. Es ergibt sich also die Notwendigkeit, Fachleute in Vollzeit an Simulationen arbeiten zu lassen – alles andere ist relativ ineffektiv. Ein weiterer wichtiger Punkt ist, dass ein Gesamtsystem wiederum ein sehr komplexes System ist, bei dem die Simulation ihre Vorzüge voll ausspielen

kann und erheblich zum Verständnis der Zusammenhänge beiträgt. Wir forcieren unsere Aktivität im Fahrzeug-Gesamtsystembereich weiter, um die Entwicklungszeiten zu reduzieren sowie die Erprobungs- und Testphase deutlich zu verringern.

### Prof. S. Helduser:

Eine Grundlage wissenschaftlichen Arbeitens ist die Entwicklung von Modellvorstellungen über Systeme und Prozesse. Sie sollen ermöglichen, die Größen innerhalb des Modells in Beziehung zu praktischen Beobachtungen und Abläufen sowie zu experimentellen Ergebnissen zu setzen. Modellvorstellungen helfen uns beim Verständnis und bei der Weiterentwicklung der Technik. Wir führen Simulationen in vielen technischen Bereichen durch, in der Fest- und Mehrkörpermechanik, der Strömungsmechanik und der Elektrotechnik. Dazu nutzen wir sowohl Simulatoren mit konzentrierten Parametern als auch Feldsimulatoren.

### Prof. M. Geimer:

Wir versuchen in Projekten und in praktischen Arbeiten am Prüfstand, Simulationsmodelle parallel aufzubauen. Es zeigt sich, dass mit Hilfe der Simulation Entwicklungen sehr schnell voran getrieben werden können, andererseits werden Erkenntnisse erlangt, die sonst nur schwer durch Messungen zu erreichen wären. Wir beschäftigen uns vorwiegend mit Systemsimulationen. In der Kopplung zwischen Mehrkörper- und FEM-Simulationen sehe ich eine weitere wichtige Aufgabe für uns.

### Dr. C. Stammen:

In der Forschung haben wir die Aufgabe, Problemstellungen abzubilden, für die es noch keine passenden Modelle gibt oder die bestehenden Modelle sehr schwer zu



Dipl.-Ing. Dirk Wehner: „Der Ingenieur benötigt eine gesunde Skepsis gegenüber den Simulationsergebnissen“



Dipl.-Ing. Torsten Verkoyen: „Bei der Einarbeitung in ein Simulationswerkzeug ist es wichtig, die simulierten Ergebnisse stets zu hinterfragen“

parametrieren sind. Zum anderen ist Simulation ein Werkzeug, um technische Systeme besser verstehen zu können. Treten in der Praxis Phänomene auf, die wir analysieren sollen, ist es wichtig, dass man in der Simulation Zugriff auf schwer messbare Zustandsgrößen hat. So lässt sich beispielsweise der dynamische Volumenstrom, den man nur sehr schwer messen kann, anhand der Simulationsergebnisse interpretieren. Ein weiterer Punkt betrifft die Visualisierung mittels der Simulation: Man kann sehr gut Funktionsweise und Leistungsfähigkeit einer Lösung deutlich machen.

### Dr. T. Lang:

CFD- und FEM-Simulation spielen bei uns eine untergeordnete Rolle; wichtig ist, das Gesamtsystemverhalten zu simulieren, also Mehrkörper in Kopplung mit hydrostatischen Gesamtsystemen und Regelkreisen. Neben der Verbesserung des Systemverständnisses ist die Abschätzung von unbekannten Parametern zu verbessern, was mit wachsender Systemgröße zunehmend schwieriger wird. Wir versuchen hierfür, in eingeschränkten Bereichen, eine Echtzeitsimulation hin zu bekommen.

### D. Wehner:

Leistungsfähige Simulationssoftware ist für Vorüberlegungen, überschlägige Berechnungen, Grobauslegungen sowie Funktionsanalysen nicht erforderlich, oft reichen Stift und Zettel. Bei Aufwand und Nutzen muss man die Alternativen zur Simulation betrachten. Häufig sind Aufbau und Betrieb von Prüfständen genau so aufwendig wie die Erstellung eines Simulationsmodells. Existiert einmal ein nutzbares Modell, sind Studien zur Bestimmung der optimalen Parameter wesentlich schneller und effektiver durchführbar. Die Simulation hilft ein besseres Systemverständnis zu entwickeln.

### Dr. H. Baum:

Auch die Firmengröße ist ein gewisser Faktor, der eine Rolle spielt. Wir haben auch viele Firmen in der Fluidtechnik, die relativ einfache Komponenten herstellen und zunehmend den Bedarf an Simulation sehen.

### B. Zimmer:

Wir liefern Technologie und offerieren Software-Werkzeuge und Know-how. Wir bieten Tools an, die leicht bedienbar sind und mit denen man schnell gute Resultate erzielen kann. Die Werkzeuge müssen natürlich auch erweiterbar sein. Man sollte natürlich den Anwender selber nicht außer Acht lassen. Rein von den Kosten her betrachtet ist der Anwender über ein Jahr betrachtet teurer als die Software.

### P.-M. Synek:

Simulation hat für die im Forschungsfonds Fluidtechnik im VDMA laufenden Vorhaben einen sehr hohen Stellenwert: Es gibt derzeit kaum ein Forschungsvorhaben, in dem nicht eine Simulationssoftware verwendet wird. Modellbildung, Simulation und Verifikation der Ergebnisse sind heute die Grundvoraussetzungen zur Durchführung von Forschungsaufgaben. Für den Forschungsfonds Fluidtechnik haben Ergebnistransfer und Umsetzbarkeit der erzielten Ergebnisse eine primäre Bedeutung – dazu zählt, dass die entwickelte Software eingesetzt und genutzt werden kann. Um die Technologieführerschaft der deutschen Fluidbranche weltweit auf dem hohen Niveau zu halten, ist es notwendig, alle Möglichkeiten der Simulationstechnik zu nutzen.

### Dr. P. Post:

Die exzellente Durchdringung fluidtechnischer Probleme hat eine der Voraussetzun-

gen für den Markterfolg der Fluidtechnik in der Breite geschaffen. Deshalb arbeiten wir an der weiteren Durchdringung noch offener Fragestellungen. Hieraus entsteht das Rüstzeug zur Generierung von anspruchsvollen Lösungen in der Fluidtechnik, die dann wieder Kundennutzen generieren.

## Frage 2

### Dr. A. Uhlig:

Die Anzahl der Tools für System- und Anlagensimulation ist überschaubar. Was heute in der Fluidtechnik an Werkzeugen verwendet wird, ist hinsichtlich Modellierungsmethodologie und der gelieferten Unterstützung angemessen. Eine andere Frage ist, ob man für den Zweck der Anlagensimulation mit den Komponentenmodellen, die dazu benötigt werden, zufrieden sein kann.

### Dr. H. Baum:

Das Gros der Anwender möchte Bauteile anwenden, die schon seit Jahren in irgendwelchen Dissertationen veröffentlicht sind und über Katalogdaten parametrisiert werden. Viele möchten mit modernen Tools wie Sensitivitätsanalyse oder Robustheitsuntersuchung automatisiert Reihensimulationen machen, um die Toleranzen ihrer einzelnen Parameter abzugreifen. Diese Möglichkeit der gekoppelten Variationen fehlt zum Teil bei den Tools noch und muss dann durch den Anwender von Hand gemacht werden.

### P. Antoszkiewicz:

Es gibt Tools, die im Prinzip alles können (wie beispielsweise DSHplus, Simulation-x, Matlab-Simulink, AMESim, MOSIHS), und es gibt einfach gehaltene Projektierungstools. Einen Mangel sehe ich bei speziellen



**Dr.-Ing. Torsten Lang:** „Neben der Verbesserung des Systemverständnisses ist die Abschätzung von unbekanntem Parametern zu verbessern, was mit wachsender Systemgröße zunehmend schwieriger wird“



**Dr. Roland Bublitz:** „Wir setzen die Simulation zur Komponentenentwicklung und zur Systemauslegung bei Kundenapplikationen ein“

Auslegungstools, einfach gehaltene Programme, die auch ein mittelständisches Unternehmen recht einfach, ohne große Vorkenntnisse einsetzen kann.

### Prof. M. Geimer:

Simulationsprogramme sollten in Bezug auf ihre Berechnungsgrundlage offen sein. Diese Anforderung sehe ich besonders in der Hochschullandschaft: Dort werden immer wieder unterschiedliche Problemstellungen simuliert. Die Offenheit ist insbesondere für das Verständnis der Ergebnisse wichtig. Eine Berechnung lässt sich einfach nachvollziehen und das Verständnis für das Gesamtsystem wird erhöht.

### Frage 3

### Dr. P. Post:

Man muss für einen qualifizierten Arbeitsplatz in der Produktentwicklung, an dem Simulation betrieben wird, etwa das Eineinhalbfache eines 3D-CAD-Arbeitsplatzes an laufenden Kosten rechnen. Hierin sind die Lizenzgebühren und die Hardware-Kosten enthalten. Natürlich muss diesen Platz ein Mitarbeiter besetzen, der schwerpunktmäßig Simulationen durchführt, um diese dann auch kompetent in den Entwicklungsalltag einzubringen. Die Einarbeitung eines neuen Mitarbeiters dauert etwa eineinhalb Jahre, bis das handwerkliche Können und das Erfahrungswissen aufgebaut sind, um aus den Simulationen sichere Ableitungen und Interpretationen treffen zu können.

### B. Zimmer:

Die Software sollte auf die Aufgabenstellung hin konfiguriert werden. Dazu kommt die Basis-Simulationsumgebung: die Integrierten als Kernstück, das Pre- und Post-

Processing, die grafische Benutzerschnittstelle. Die Kosten für die Software liegen abhängig vom Bedarf bei etwa 10 000 Euro. Schulungen, wofür ebenfalls Kosten zu veranschlagen sind, verkürzen die Lernphase und verbessern das Verhältnis von Aufwand zu Nutzen. Neben den reinen Investitionskosten sollte man nicht außer Acht lassen, dass über den Nutzungszeitraum von drei oder fünf Jahren auch ein großes Investment in Modelle und Know-how erfolgt. Gerade firmenspezifische Anpassungen oder Kenntnisse (z. B. bestimmte Fluideigenschaften!) können hierbei einen signifikanten Wettbewerbsvorteil darstellen.

### Dr. A. Uhlig:

In der Softwarebasis für Modellierung und Simulation mit einer brauchbaren Auswertungsumgebung sollte man mit 10 000 Euro rechnen. Nach meiner Erfahrung kommt ein erfahrener Ingenieur, der nicht identisch mit einem erfahrenen Simulanten sein muss, nach einem Vierteljahr zu brauchbaren Ergebnissen.

### Dr. R. Rahmfeld:

Ein junger Ingenieur mit hoher Affinität zu Rechnern und Simulation, der sich in Numerik auskennt, hat Vorzüge als Simulationsmitarbeiter. Bis er zuverlässig Simulationsergebnisse produzieren kann, rechne ich mit anderthalb Jahren Einarbeitungszeit. Geht es um hydraulisch erfahrene Leute mit wenig Affinität zur Simulation, ist der Zeitraum ähnlich lang, bis man sich in die Beschreibung eingearbeitet hat und mit den Tools auskennt. Gerade die Co-Simulation hat ihre rechnerischen Tücken. Wenn wir noch tiefer gehende Spaltsimulationen oder Kavitationsvorhersagen betrachten, wo meiner Meinung nach noch nicht genug Simulations-Tools zur Verfügung stehen, braucht man sehr viel Erfahrung.

### Prof. S. Helduser:

Will die Fluidtechnik ihre technologisch führende Position halten, müssen sich die Firmen mit der Systemsimulation beschäftigen. Führende Maschinenbauer nutzen heute FEM-Programme. Für Fluidtechniker wird zukünftig die Simulation ein Muss, um technisch gute Lösungen anzubieten.

### Frage 4

### Prof. M. Geimer:

Meiner Ansicht nach sollte eine Person nicht fünf Tage die Woche am Rechner sitzen und ständig simulieren. Sie sollte mathematisches Verständnis mitbringen, sich einen großen Zeitanteil im Versuch aufhalten und nach Möglichkeit auch in engem Kontakt zum Kunden oder dem Service stehen. So kann sie ein Gesamtverständnis für das System entwickeln. Aus diesen Anforderungen können Qualifikation und Ausbildungsschwerpunkte abgeleitet werden.

### M. Finke:

Enorm wichtig ist, dass man weiß, was rauskommen muss. Hat man keine praktische Erfahrung, kann man die schönsten Sachen simulieren, weiß aber nicht, was man da eigentlich tut. Deshalb ist ergänzend zum technischen Studium natürlich Berufserfahrung im Versuchsfeld nötig, um die ermittelten Größen richtig einzuschätzen.

### Dr. R. Bublitz:

Man braucht nicht nur Hydraulik- oder Pneumatikwissen, sondern muss sich auch mit Numerik beschäftigen. Leider muss man heute noch einen Simulanten Vollzeit beschäftigen. Es wäre doch bei CFD ein Vorteil, wenn es ein Werkzeug für den Kons-



**Bernd Zimmer:** „Man sollte die teilweise immer noch bestehende Skepsis, die man dem Ergebnis des Simulationsmodells entgegenbringt, genauso auch beim Versuch haben“

**Dr. Heiko Baum:** „Viele möchten mit modernen Tools wie Sensitivitätsanalyse oder Robustheitsuntersuchung automatisiert Reihensimulationen machen, um die Toleranzen ihrer einzelnen Parameter abzugreifen“



trakteur werden würde. Er könnte beim Festlegen der Ventilgeometrie direkt die Strömung optimieren.

#### **D. Wehner:**

In der Fluidtechnik setzen wir uns mit sehr komplexen physikalischen Zusammenhängen auseinander. Daher sollte ein mit Simulationsaufgaben betrauter Mitarbeiter einen Hochschulabschluss haben. Man sollte aber auch in kleinen und mittleren Unternehmen Simulationswerkzeuge etablieren. Das setzt allerdings einen benutzerfreundlichen Programmaufbau voraus, was bei den meisten System simulatoren bereits der Fall ist. Die Hersteller von Feldberechnungsprogrammen haben dort noch etwas mehr Entwicklungsbedarf.

#### **Dr. C. Stammen:**

Damit ein Mitarbeiter die digitale Simulation sinnvoll und sicher nutzen kann, muss er sehr sattelfest in den Grundlagen seines Fachgebiets sein. Er muss Erfahrung haben, darf aber gleichzeitig nicht zu sehr in einer Vorstellung über das Systemverhalten festgefahren sein. Beim Anwender muss sich ein Blick für die unterschiedlichen Einflüsse auf die Simulationsergebnisse entwickeln, um neben dem erwarteten dynamischen Verhalten unbekannte Effekte oder numerische Probleme zu erkennen.

#### **T. Verkoyen:**

Bei der Einarbeitung in ein Simulationswerkzeug ist es wichtig, die simulierten Ergebnisse stets zu hinterfragen. Im Institutsalltag geht das gut, weil man simulierte Ergebnisse oft mit realen Ergebnissen aus der Praxis abgleichen kann. Eine solche Vorgehensweise ist jedem zu empfehlen, damit er ein Gefühl dafür bekommt, ob die berechneten Ergebnisse richtig sein können. Bei

der CFD-Simulation stelle ich mir das aber nicht so einfach vor. Hier ist eine Einarbeitung sehr viel schwieriger und aufwendiger.

#### **D. Wehner:**

Der Ingenieur – sei es ein junger oder ein älterer, erfahrener Versuchsingenieur – benötigt eine gesunde Skepsis gegenüber den Simulationsergebnissen. Er sollte immer hinterfragen, ob sein Ergebnis plausibel ist.

#### **Dr. P. Post:**

Grundlagenwissen ist unbedingt erforderlich wie mathematisch-naturwissenschaftliches Verständnis als Bestandteil einer fundierten ingenieurwissenschaftlichen Ausbildung. Gleichzeitig sollte jemand auch einmal einen Schraubenschlüssel in der Hand gehabt haben. Ebenso wichtig wie alle fachlichen Fähigkeiten ist die Kompetenz, die der Berechnungsingenieur in einem interdisziplinären Team entwickelt. Denn der Erfolg der Simulationstechnik in der praktischen Anwendung ist entscheidend davon abhängig, wie stark die Akzeptanz im Umfeld ist. Man muss in der Lage sein, seine Ergebnisse so zu vermitteln, dass der andere sie verstehen kann. Wenn das nicht gelingt, verliert die Simulationstechnik ihre Wirkung. Teamfähigkeit, Kommunikationsfähigkeit und der Wille, gemeinsam mit anderen Lösungen zu entwickeln, ist ganz entscheidend als Grundvoraussetzung.

#### **B. Zimmer:**

Bei der Simulation wird das Verhalten einer Komponente oder eines Systems virtuell überprüft. Man sollte die teilweise immer noch bestehende Skepsis, die man dem Ergebnis des Simulationsmodells entgegenbringt, genauso auch beim Versuch haben.

#### **Prof. S. Helduser:**

Bei System- und Feldsimulatoren gibt es Unterschiede. In die Handhabung von System simulatoren kann man sich zügig einarbeiten. Wesentlich komplexer ist dies bei Feldsimulatoren (z. B. bei der numerischen Strömungssimulation oder der Magnetsimulation). Besonders schwierig wird es bei Fluid-Struktur-Kopplungen oder der akustischen Strukturoptimierung, der Berechnung der Geräuschabstrahlung von Gehäusen. Handhabung und Parametrierung solcher Simulationssysteme sind sehr komplex. Dies erfordert hochqualifiziertes Personal und lange Einarbeitungszeiten.

#### **Dr. F. Bauer:**

Heute sollte jeder Konstrukteur in der Lage sein, ein FEM-Tool anzuwenden. Das wünscht man sich auch für den Einsatz von Simulationswerkzeugen. Wir sind in der Systemsimulation in dieser Richtung schon ein ganzes Stück weiter gekommen. Ziel muss es sein, dass die Handhabung der Simulationswerkzeuge in der Fluidtechnik wie z. B. DSHplus, ITI-SIM oder AMESim einen ebenso selbstverständlichen Stellenwert einnehmen wie beispielsweise ein Tool wie Matlab-Simulink.

#### **Frage 5**

#### **Prof. S. Helduser:**

Wir beginnen in Kürze ein Vorhaben, das vom Forschungsfond Fluidtechnik gefördert wird. Im Rahmen dieses Projekts beschäftigen wir uns mit der Simulatorenkopplung, der Co-Simulation. Bei einem Proportional-Druckbegrenzungsventil haben wir beispielsweise einen Proportionalmagneten, die Ölströmung, die Mechanik und die Elektronik, und es gibt für jeden



Prof. Dr.-Ing. Marcus Geimer (links) und Dipl.-Ing. (FH) Matthias Finke (rechts)



Dr.-Ing. Peter Post: „Teamfähigkeit, Kommunikationsfähigkeit und der Wille, gemeinsam mit anderen Lösungen zu entwickeln, ist ganz entscheidend als Grundvoraussetzung“

dieser Bereiche leistungsfähige Simulationsprogramme, z. B. Ansys für den Magneten, Fluent für die Strömung und SimulationX für die Mechanik und Elektronik. Aber es gibt kein Simulationsprogramm, das alle Bereiche in ausreichender Weise abbildet.

### P.-M. Synek:

Eine projektbezogene Zusammenarbeit mit den Softwarehäusern ist seitens des Forschungsfonds Fluidtechnik erwünscht, um das notwendige Know-how der Software-Spezialisten in das Projekt integrieren zu können. Dadurch entsteht für alle Beteiligten eine Win-win-Situation. Abhängig von der Interessenslage wird ferner durch die Zusammenarbeit eine Integration der speziell für die Belange der Fluidtechnik erarbeitenden Softwaremodule in bestehende kommerzielle Simulationssoftware-Programme gefördert.

### Dr. P. Post:

Das angesprochene Projekt zeigt die gesamte Problematik der Simulatorkopplung. Haben die Softwarehersteller wirklich ein Interesse, dass die Softwarepakete über die verschiedenen Schnittstellen so miteinander reden können, dass es zu leistungsfähigen Simulatorkopplungen kommen kann, in denen man verschiedene Tools flexibel austauschen und adaptieren kann? An dieser Stelle muss noch einiges getan werden.

### Dr. H. Baum:

Es sind sehr oft spezielle Kopplungen, die gewünscht sind, für die die Kunden aber nicht viel zahlen wollen. Sie müssen den Entwicklungsaufwand für solche Schnittstellen sehen. Wenn ich ein ITI-Modell oder ein AMESim-Modell mit irgendetwas anderem kombinieren möchte, kann ich das machen, falls der Kunde den Aufwand honoriert.

### B. Zimmer:

Wir fokussieren uns natürlich auf die Weiterentwicklung unserer eigenen Produkte. Und wir verfolgen strategische Ansätze für eine ganzheitliche Plattform. Wenn Kopplungen anstehen, wird das in den meisten Fällen durch Kundenwünsche getrieben. Es existieren Schnittstellen von der Systemsimulation zu vielen Bereichen wie z. B. Regelung, Echtzeit, Design-Exploration und Mehrkörpersimulation.

### Dr. A. Uhlig:

Grundsätzlich hätte man natürlich immer lieber eine Lösung, in der das gesamte heterogene System unter einer Oberfläche, auf einer Plattform mit einer identischen Bedienungsumgebung funktioniert. Toolanbieter reagieren darauf, indem sie ihre Funktionalität in verschiedene Richtungen erweitern. Es bleiben genügend Anwendungsfälle übrig, bei denen man mehrere Tools miteinander verheiraten muss. Kopplung ist etwas anderes als Produktverkauf, das ist eine Engineeringleistung. In der Regel ist eine Anpassung zu machen, das kostet Zeit und damit Geld.

### P. Antoszkiewicz:

Alle gängigen Programme bieten Schnittstellen, um Software zu koppeln, beispielsweise Antriebssimulator mit einem Mehrkörper-Simulationsprogramm. Diese Verfahren sind zwar handhabbar, aber rechenzeitlich nicht optimal. Das Thema Echtzeitfähigkeit ist natürlich um so komplexer, je mehr Solver und Gleichungslöser beteiligt sind. Im Moment muss ich mein Modell so weit abspecken, dass ich mit einem sehr einfachen Verfahren zur Rande komme und sicherstellen kann, dass das immer in Echtzeit gelöst wird. Für den Bereich CFD- und Fluid-Strukturkopplung ist

nach wie vor sehr viel Handarbeit notwendig, da gibt es keine fertigen Schnittstellen.

### Dr. T. Lang:

Es gibt eine wichtige Wunschforderung der Anwender an Tools: weniger, bessere und präzisere Fehlermeldungen. Das gilt natürlich umso mehr, wenn man Programme miteinander koppelt. Wenn man C-Code bevorzugt, ist das sicherlich richtig für die Modelle und Solver. Aber es ist auch richtig für die Fehlerlokalisierung, die Identifikation einer Fehlerquelle und die Bearbeitung von Meldungen? Das wäre mal zu überlegen.

### Dr. R. Bublitz:

Ein Wunsch wäre, eine standardisierte Schnittstelle zu haben, die vielleicht nicht alle Anforderungen, aber doch 70 bis 80 % erledigen könnte. Die Automatisierungstechnik hat das geschafft und die OPC-Schnittstelle geschaffen, wodurch Datenströme in der PC-Welt transparent werden.

### Prof. S. Helduser:

Der Schwerpunkt für die Universität ist bei dem kürzlich begonnenen Projekt keinesfalls die Entwicklung von Software oder Softwareschnittstellen. Es geht um die methodische Weiterentwicklung der Konstruktion fluidtechnischer Geräte durch den Einsatz leistungsfähiger Simulationsprogramme. Es geht um die Unterstützung der Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme durch die ganzheitliche Simulation. Wir nutzen ein Softwaremodul, welches den Austausch von Daten und Steuersignalen zwischen dem Systemsimulator SimulationX und dem CFD-Programm Fluent durchführt. Uns geht es darum, dass man die Leistungsfähigkeit eines solchen ganzheitlichen Programmsystems für die Komponentenentwicklung



**Dipl.-Ing. (TU) Peter Antoszkiewicz:**  
„Als Zukunftsperspektive sehe ich  
3D-Simulation und -Animation, auch  
für die Promotion neuer Lösungen“

**Dipl.-Ing. Peter-Michael Synek:** „Es  
gibt derzeit kaum ein Forschungsvor-  
haben, in dem nicht eine Simulations-  
software verwendet wird“



in der Fluidtechnik an einem Beispiel demonstriert.

### **Dr. R. Rahmfeld:**

Was die Co-Simulation verschiedener Softwareplattformen betrifft, stellen wir noch großen Nachholbedarf bei der Tool-Entwicklung fest. Man kann auch einmal den einfachen Test machen und in den Plattformen einfache Systeme beschreiben und diese dann in einer Co-Simulation zusammenrechnen lassen. Berechnet man das gleiche einfache System dann nur über eine Plattform, so wird man große Rechenzeitunterschiede feststellen.

### **R. Hofmann:**

Die Co-Simulation sollte momentan nur die Ausnahme sein. Der Weg sollte eher dahin gehen, dass die vorhandenen Systemsimulationen um die physikalischen Domänen, die hier noch mit reinspielen, erweitert werden und dass man damit schon einen großen Teil abdecken kann. Man kann Erkenntnisse wie die Strömungskräfte der Feldsimulation entnehmen und vereinfacht in der Systemsimulation berücksichtigen. Das reicht ja oft auch aus.

### **Dr. C. Stammen:**

Ich möchte als Beispiel die Kombination der Finite-Elemente-Methode mit Mehrkörper-Simulationsprogrammen anführen. Dabei gibt es die Möglichkeit in der FEM eine Steifigkeitsmatrix zu berechnen und damit kompakt das Verformungsverhalten eines gegebenen Körpers in der Mehrkörpersimulation berücksichtigen zu können. Das hat gegenüber einer vollständigen Kopplung große Rechenzeitvorteile und bietet die Möglichkeit, in der Mehrkörpersimulation schneller unterschiedliche Varianten durchzuspielen.

## **Frage 6**

### **Dr. T. Lang:**

Die Weiterentwicklung von 3D-Simulatoren wäre aus der Sicht eines Systementwicklers wünschenswert. Gesamtdarstellung eines komplexen Systems, dafür werden Kopplungsmöglichkeiten notwendig. Ferner: gesteigerte Rechenleistung, weil im 3D-Bereich Modelle nicht einfach abgespeckt werden können. 3D-Simulatoren werden einen hohen Gewinn an Entwicklungsgeschwindigkeit neuer, komplexer Systeme bringen können, insbesondere im mobilen Maschinenbereich, z. B. bei der Mensch-Maschine-Schnittstelle.

### **Dr. P. Post:**

Die Idealvorstellung einer zukünftigen Produktentwicklung ist, möglichst lange am virtuellen Modell zu entwickeln. Alle Schritte, die helfen, diesem Ziel näher zu kommen, müssen angegangen werden. Die Kopplung unterschiedlicher Tools heißt ja nichts anderes, als gleichzeitig verschiedene physikalische Bereiche behandeln zu können, um das komplexere Gesamtverhalten von einer Komponente oder von einem System tatsächlich im Rechner abbilden zu können. Was ergänzend unbedingt mit dazu gehört, aber heute eigentlich überhaupt nicht angewendet wird, sind allgemeinere Entwurfsmethoden wie Sensitivitätsanalysen und Werkzeuge zur systematischen Optimierung.

### **Dr. F. Bauer:**

Wir sollten die Simulationstools im Auslegungsprozess breiter anlegen, um im Entwicklungsprozess länger simulieren zu können. Andererseits gibt es aber auch Baustellen, wo wir noch in die Tiefe gehen müssen, z. B. bei Ölalterungsmodellen und Partikel-

simulation. Weiteres Potenzial sehe ich in der Strömungssimulation, hier versagen die Modelle immer noch, wenn Kavitation auftritt.

### **Dr. R. Bublitz:**

Neben der offenen Datenschnittstelle wünsche ich mir, dass die Systeme von der Numerik her so robust sind, dass man sich als Anwender weniger Gedanken drüber machen muss. Gerade im Bezug auf CFD wünsche ich mir Programme, die schneller und verlässlicher rechnen, so dass dieses Werkzeug auch für den Konstrukteur anwendbar wird.

### **Dr. R. Rahmfeld:**

Als Wünsche zur Weiterentwicklung von Simulationstools sind unter anderem die Punkte Geräusch, Kavitation, Mehrphasenströmung und Spaltsimulation zu nennen. In der Hydraulik sind die Pumpen und Motoren immer noch das Wichtigste.

### **P. Antoszkiewicz:**

Größter Wunsch ist natürlich der Austausch aller Modelle untereinander, dass man verschiedene Hersteller mit einer Simulationsplattform hat, in der die Modelle zur Verfügung gestellt werden. Der Anwender dieser Produkte würde damit seine Applikationen durchrechnen. Ich denke das wird sich bei der derzeitigen Struktur der Softwarefirmen nicht durchsetzen.

### **R. Hofmann:**

Bei uns sind Geräusche, Kavitation, Qualität der Umsteuerungen in Pumpen und Motoren vordringliche Aufgaben; das spielt alles in dem CFD-Bereich. Ich denke da brauchen wir doch noch wesentlich mehr Kenntnisse und verlässlichere Software, um diese Gebiete abdecken zu können.



**Dr. Andreas Uhlig:** „Eine Animation ist, verglichen mit der Anforderung Effekte wie Kavitation oder Mehrphasenströmungen besser und schneller behandelbar zu machen, eher eine einfache Aufgabe“

**Dipl.-Ing. Richard Hofmann:** „Bei uns wird die Systemsimulation in der Vorauslegung, während der Detailkonstruktion, der Versuch- und Prototypenphase sowie zur Schadensanalyse eingesetzt“



### Prof. S. Helduser:

Die CFD-Programme brauchen gute Kavitations- und Turbulenzmodelle; dort gibt es noch Entwicklungsbedarf. Bei den System-simulatoren macht uns immer wieder eine Sache etwas Probleme: Wir können zwar ein System, das wir modelliert haben, dynamisch berechnen. Wenn wir jedoch statische Kennlinien daraus ableiten wollen, dann brauchen wir auch das statische Verhalten. Dies muss man heute Punkt für Punkt dynamisch simulieren, und das ist zeitaufwendig. Es wäre schön, wenn man mit den dynamischen Modellen das statische Verhalten unmittelbar berechnen könnte.

### Dr. C. Stammen:

Auch in der Systemsimulation würden wir gerne die Kavitation berücksichtigen. Dazu wünschen wir uns für das zugrunde liegende Fluidmodell dahingehend eine Erweiterung, dass es z. B. möglich ist, auch eine Saugdrosselung zu simulieren. Dabei stoßen wir häufig auf das Problem, dass uns alleine für die Abbildung des Ölverhaltens die nötigen Werte fehlen.

### Prof. M. Geimer:

Bezogen auf die Systemsimulation möchte ich ergänzen, dass es oft schwierig ist, Modelle zu parametrisieren. Es wären Datenbanken wünschenswert, die an verschiedene Modellierungstiefen angepasst sind. Der Entwurf von Schaltungen könnte so einfach mit Hilfe der Simulation überprüft werden, indem auf verifizierte Modelle zurückgegriffen wird.

### Dr. A. Uhlig:

Vieles von den Wünschen existiert schon als Baustellen, vieles ist im Allgemeinen schon vorhanden; z. B. Variantenrechnung

für Parameterstudien sowie Optimierung; das wird von den Tools schon unterstützt, entweder direkt oder über durchaus brauchbare Kopplungen zu dedizierten anderen Werkzeugen. Es gibt Datenbankanbindungen zur effizienten Parameterübernahme, zur Bedatung von Modellen aus Komponentendatenbanken. Was möglicherweise getan werden muss, ist eine Konfektionierung. Man muss die Sachen so anpassen, dass sie in den Simulationsablauf besser integriert werden können. Mit diesen ergänzenden Tools, Robustheitsanalyse, Sensitivitätsanalyse usw., ist es gegenwärtig vielleicht noch so wie vor mehreren Jahren mit der Simulation: Es ist noch viel mehr Know-how nötig.

### B. Zimmer:

Wir haben integrierte Optimierungs-Tools eingeführt, wobei bisher nur ein Teil unserer Kunden diese Methode nutzen. Das kann natürlich an der Komplexität der Materie liegen, zumal dies einen gewissen Reifegrad in der Modellbildung und in der Anwendung der Simulation voraussetzt. Aber warum sollte die Optimierung nicht irgendwann einmal von jedem Simulationsingenieur oder jedem Konstrukteur angewendet werden können? Es gibt schöne Beispiele für erfolgreiche Anwendungen.

### Frage 7

### Dr. H. Baum:

Meiner Meinung nach wird die statistische Versuchsplanung DOE ein kommender Entwicklungstrend werden, um schneller zu verlässlichen, robusten Produkten zu kommen. Das ist für die Anwendung der Simulation eine ganz neue Dimension. Eine weitere Vision ist: In Firmen ist unheimlich viel Erfahrungswissen gesammelt, wie man

Systeme auslegt. Bevor man Aufgabenstellungen über mathematische Modelle angeht, sollte man zunächst Datenbankabfragen durchführen: Hat jemand schon einmal eine Achse so und so projektiert? Welche Probleme gab es? Was war damals die Lösung? Das Datendanksystem gibt dann Hilfestellungen.

### Dr. F. Bauer:

Ich könnte mir vorstellen, dass der Simulation zukünftig auch bei Serviceaufgaben wie z. B. dem Condition Monitoring eine immer größere Bedeutung zukommt. Je besser ich ein System abbilden kann, desto eher kann ich dieses verwenden, um nach der Auslieferung des Produktes, die entsprechende Anwendung zu überwachen. Durch den kontinuierlichen Abgleich zwischen Soll- und Istzustand kann eine viel engere Beziehung zum Kunden geknüpft werden. Ebenso kann ich das Simulationsmodell für Marketingzwecke oder aber auch für das Wissensmanagement innerhalb der Firma einsetzen.

### Dr. R. Bublitz:

Die Integration von Expertenwissen in Simulationen und das damit verbundene Management von diesem Wissen wird ein großer Punkt sein. Heute hängt das Ergebnis einer Simulation davon ab, wie gut derjenige ist, der das Modell aufbaut. Er bekommt keinerlei Unterstützung von den Programmen, da diese es heute nicht leisten können.

### Dr. A. Uhlig:

Eine Animation ist, verglichen mit der Anforderung Effekte wie Kavitation oder Mehrphasenströmungen besser und schneller behandelbar zu machen, eher eine einfache Aufgabe. Es ist etwas, was man im Nachgang, wenn die Simulation schon gelaufen

ist, noch mal dazu spendieren muss. Für Mehrkörpersysteme ist die Animation mehr oder weniger Stand der Technik, in der Fluidtechnik ist es gut vorstellbar, dass Drücke, Temperaturen, Strömung und so weiter veranschaulicht werden. Zu den Expertensystemen kann ich mir vorstellen, dass das gewünscht wird, aber es fehlt eigentlich an der Grundlage dafür. Simulation ist ja nicht ein Vorgang, den man einmal macht, dann hat man ein Modell und ist fertig. Es gilt Produkte zu entwickeln und irgendwann gibt es mal eine neue Produktlinie, aber das alte muss vielleicht noch verfügbar sein. Müsste es nicht auch ein qualifiziertes Simulationsdatenmanagement geben, idealer Weise sogar in Verbindung mit den Produktdaten? Besteht ein Bedarf oder kommt man ganz gut so damit zurecht?

### Dr. P. Post:

Das ist sicherlich ein ganz wichtiger Punkt: Neben dem Simulieren darf man nicht vergessen, dass die Daten wiederauffindbar sind und weiterverwendet werden können. Das hat aber umfangreiche Auswirkungen auf die gesamte Datenstruktur im Produktentstehungsprozess. Wobei man hier mit modernen Produktdaten-Managementsystemen bereits einen wesentlichen Schritt weiter kommt und auch praktikable Lösungen bereits existieren.

### Dr. R. Bublitz:

Dem Problem begegnen wir häufig, nämlich überall dort, wo Rechner eingesetzt werden. Messdaten müssen genauso wie Simulationsergebnisse sinnvoll archiviert werden.

### P. Antoszkiewicz:

Als Zukunftsperspektive sehe ich 3D-Simulation und -Animation, auch für die Promotion neuer Lösungen. Ein Hersteller kann sich eine neue hydraulische Lösung überlegen und mittels Animation testen, wie die Akzeptanz beim Endkunden ist. Ein anderer Punkt ist die Inbetriebnahmeunterstützung von komplexen Regelungen; man kann eine Steuerung unter Echtzeitbedingungen testen, SPS-Programme debuggen und hat für die reale Inbetriebnahme schon einen riesigen Fundus an Fehlern eliminiert. Man könnte sich statt eines klassi-

# Resümee

1. Die Simulation physikalischer Vorgänge ist in der Fluidtechnik zu einem unverzichtbaren Werkzeug herangereift.
2. Die optimale Handhabung dieses Werkzeugs bedarf des gut ausgebildeten Fluidtechnikern mit Kommunikationsfähigkeit.
3. Die Investitionskosten für den Einstieg sind nicht zu hoch, aber der Job kann nicht nebenher betrieben werden.
4. Die Entwicklung geht weiter.

Das ergab die Diskussion mit den Experten aus Industrie und Hochschule, als den Simulationsanwendern, und den Simulationssoftware-Herstellern.

Zu den 4 Punkten im Einzelnen:

1. Fluidtechnik-Simulation findet in nahezu allen Bereichen statt, von der Vorentwicklung über die Konstruktion, im Prüffeld, in der Produktion, im Vertrieb für kundenspezifische Applikationen und in der Vermarktung neuer Produkte, so die Vertreter der Industrie. Insbesondere die Hochschulen benutzen dieses Werkzeug zur Entwicklung neuer Modelle für Systeme und Prozesse, was auch bei den vom VDMA unterstützten Forschungsvorhaben der Fall ist, denn zum Erhalt der Technologieführerschaft muss die deutsche Fluidbranche alle Möglichkeiten der Simulationstechnik nutzen.

2. Während der Einstieg in bewusst einfach gehaltene Projektierungstools relativ geringe Vorkenntnisse des Benutzers voraussetzt, verlangen CFD-Simulationen schon erhöhte Mathematik-Kenntnisse und bei der Kopplung von Berechnungs-Programmen unterschiedlicher Hersteller müssen oft die Software-Lieferanten selbst mit Hand anlegen. Natürlich sollte der Benutzer solcher Programme die Ergebnisse kritisch hinterfragen, richtig interpretieren und weitervermitteln können an seine Kunden, innerhalb oder außerhalb seiner Firma, und zwar so, dass der Empfänger die Simulationsergebnisse richtig nutzen kann.

3. Einstiegs-Investitionskosten für die Software von 10 000 Euro wurden genannt, allerdings kann man auch mehr ausgeben. Auch kann der Einstieg durch ein Consulting des Software-Lieferanten bei einem konkreten Projekt gewählt werden, was sicherlich in manchen Fällen erleichternd wirkt, und die ersten Ergebnisse besser absichert. Wichtig aber ist die Erkenntnis, dass ein solcher Job nicht nebenbei mitgemacht werden kann. Will man z. B. mit Hilfe der Simulation Entwicklungszeiten reduzieren und die Erprobungs- und Testphase deutlich verringern, dann ist der Vollzeit-Job unerlässlich.

4. Vielleicht erleben wir in nächster Zeit die Entwicklung von Standard-Schnittstellen für einen simultanen Datenaustausch zwischen gekoppelten Software-Paketen unterschiedlicher Hersteller. Aber es sieht eher nach vielen Individual-Lösungen aus, was nicht nur durch die Software-Lieferanten bedingt ist. Auch gibt es an der Basis der Fluidtechnik noch Baustellen: Für gute Kavitations- und Turbulenzmodelle, für Ölalterung sowie Datenbibliotheken der Fluide, aber auch Datenbanken für unterschiedliche Simulationstiefen. Und wir werden weitere Werkzeuge für den Entwickler, den Konstrukteur und auch den Fertigungsingenieur bekommen zur Robustheits- und Sensitivitätsanalyse, denn nicht alles lässt sich optimal herstellen, auch die notwendigen Fertigungstoleranzen gilt es zu berücksichtigen.

Insgesamt betrachtet erwuchs in dieser Expertenrunde eine interessante Diskussion unterschiedlicher Aspekte zu den Möglichkeiten der Simulation in der Fluidtechnik.

Dr. Wolfgang Hahmann

schen Schulungssystem ein virtuelles Ausbildungs- und Schulungssystem vorstellen, das bei Hochschulen und berufsbildenden Schulen benutzt wird. Es ist auch ein Vorteil, wenn man aus den Simulationen relativ schnell Animationen erzeugen kann, beispielsweise bei mobilhydraulischen Systemen den gesamten fahrdynamischen Prozess.

### B. Zimmer:

Irgendwann hat jeder Ingenieur sein Simulationswerkzeug auf dem Desktop zur Ver-

fügung, es erlaubt die individuelle Aufgabenstellung zu bearbeiten – und das gleichzeitig bei einfacher Bedienbarkeit. Als Beispiel könnte hier CAD gelten.

## Downloaden

Dieser Beitrag stellt die komprimierte Fassung des O+P-Gesprächs mit den wichtigsten Aussagen dar. Das komplette Gespräch können Interessenten von der O+P-Homepage unter [www.industrieservice.de](http://www.industrieservice.de) als pdf-Datei downloaden