

SimTech

Cluster of Excellence



Universität Stuttgart
Germany

Titelfoto:

Standbild aus einer Simulation, die die Bewegung eines Schadstoffpulses in einem heterogenen porösen Medium zeigt. © Christian Engwer, IPVS, Institut für Parallele und Verteilte Systeme, Universität Stuttgart.

Cover:

Freeze-frame from a simulation showing the motion of a pollutant pulse in a heterogeneous medium.
© Christian Engwer, IPVS, Institute of Parallel and Distributed Systems, University of Stuttgart.

INHALT

Editorial	4
Standort Stuttgart	5
Visionen und Schwerpunkte	6
Research Area A	8
Research Area B	10
Research Area C	12
Research Area D	14
Research Area E	16
Research Area F	18
Research Area G	20
Übersicht Professoren	22
Transfer Unit	24
Die Industriekooperation	25
Lehre	26
Team/Impressum	27

CONTENTS

Editorial	4
Stuttgart	5
Visions and Emphases	7
Research Area A	9
Research Area B	11
Research Area C	13
Research Area D	15
Research Area E	17
Research Area F	19
Research Area G	21
Principal Investigators	22
Transfer Unit	24
Industrial Consortium	25
Education	26
Team/Imprint	27





■ Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Ehlers
Koordinator SimTech-Cluster/
Geschäftsführender Direktor SRC SimTech

■ Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Ehlers
Coordinator SimTech-Cluster/
Executive Director SRC SimTech

/ EDITORIAL:

SimTech steht für eine neue Art von Wissenschaft. Die Akteure des Exzellenzclusters brechen althergebrachte Fächerstrukturen auf und arbeiten in offenen, kooperativen Netzwerken. Die Forschung an Simulationstechnologien ist dafür prädestiniert, denn computergestützte Simulationen und Modellierungen durchdringen die gesamte Wissenschaft und zunehmend auch Anwendungen in der Industrie und im alltäglichen Leben.

Das SimTech-Team hat klare Visionen für seine Forschungsziele entwickelt, wohl wissend, dass diese nicht von heute auf morgen und manche vielleicht nicht einmal auf übermorgen realisierbar sind. Es zeichnet die SimTech-Wissenschaftler aus, dass sie den Mut und die Exzellenz haben, die großen Visionen anzupacken und im Rahmen der Exzellenzinitiative Meilensteine dafür zu erarbeiten.

Es ist an der Universität Stuttgart ein SimTech-Geist entstanden, der neben der Forschung auch die Aus- und Weiterbildung beflügelt. Mit den Elitestudiengängen und der eigens eingerichteten Graduiertenschule werden Knowhow und Erfahrung an die nächsten Generationen weitergegeben. Damit stellen wir sicher, dass wir unsere weit gesteckten Ziele langfristig tatsächlich erreichen.

SimTech ist der Zukunft und dem Elitegedanken verpflichtet und gut gerüstet für den Aufbruch in die Wissens- und Wissenschaftswelt von morgen.

/ EDITORIAL:

SimTech stands for a new type of science. Those active in the Cluster of Excellence have discarded traditional structures which limited participants to individual sectors now branching out to cooperate closely with others in open networks. Research in simulation technologies is ideal for such an approach as computer-based simulations and modelling continue to take over most fields of research while strongly influencing industrial applications and even everyday life on an ever-increasing scale.

The SimTech team has really strong visions as regards its research goals while acknowledging that Rome wasn't built in a day and that it could take more than a few years to achieve some of their ambitious aims. However, the SimTech team of experts remains undaunted and works steadily and keenly towards their realisation setting new standards within the framework of the Excellence Initiative.

A veritable SimTech spirit has evolved at the University of Stuttgart encouraging not only research but also inspiring training and further education. Elite study programmes and the especially established Graduate School both guarantee that know-how and knowledge from hands-on experience are passed on to coming generations. This ensures that SimTech's long-term goals will ultimately be achieved in due course.

In short, SimTech is pledged to the future and an elite way of thinking, and is well equipped to face the new horizons emerging in tomorrow's world of knowledge and science.



/ STANDORT STUTTGART

Die Metropolregion Stuttgart belegt regelmäßig erste Plätze in Innovationsrankings. Die Universität Stuttgart ist ebenso Teil dieser Erfolge wie die hightech-orientierte Firmenslandschaft in ihrem Umfeld.

Die Mischung stimmt: Global Player wie Daimler, Bosch, Porsche, Festo und HP Deutschland sind in der Stuttgarter Region ebenso beheimatet wie zahlreiche kleine und mittlere Unternehmen (KMU) der unterschiedlichsten Branchen. Sie alle sind wichtige Kooperationspartner für die Universität Stuttgart, einer seit jeher technisch orientierten Universität mit besonderen Stärken in den Simulationstechnologien und Materialwissenschaften.

Neben den hervorragenden Arbeits- und Forschungsbedingungen punktet die Region auch mit einem erstklassigen Kulturangebot, ungewöhnlich viel Grünflächen, Natur- und Landschaftsschutzgebieten. Außerdem liegt Stuttgart äußerst verkehrsgünstig mitten in Europa mit kurzen Wegen in andere Metropolen wie Paris, Wien, Prag und Brüssel, mit deren Wirtschafts- und Forschungsräumen die Stuttgarter gut vernetzt sind.

/ STUTT GART

The Metropolitan Region of Stuttgart features regularly at the top of most rankings rating innovations. This is thanks not only to the University of Stuttgart but also to the numerous high-tech companies in the near surroundings.

The blend is just right. Global Players such as Daimler, Bosch, Porsche, Festo and HP Deutschland are all at home in the Stuttgart Region together with many small- and medium-sized companies belonging to various branches. All of these are important partners cooperating closely with the University of Stuttgart which over the years has built a name for itself by concentrating on technology with special emphasis on simulation technologies and materials science.

In addition to its excellent work and research conditions, the Region is also rated highly for its excellent arts and culture scene, green parks and protected nature reserves. Another advantage is Stuttgart's more than convenient location in the middle of Europe with Paris, Vienna, Prague and Brussels just a short trip away. Indeed, Stuttgart is proud of its strong networks connecting industrial and research partners in all major European cities.

SIMTECH-VISIONEN

Verlässlich vorhersagen statt aufwändig probieren!
SimTech schafft die Basis für Simulationen und Modellierungen der Welt von morgen:

- Simulationsbasiertes Design neuer Werkstoffe mit maßgeschneiderten Hightech-Eigenschaften
- Virtualisierte Entwicklung von Prototypen und Fabrikanlagen
- Darstellung komplexer und umfassender Methoden für die Umwelttechnik
- Systembiologische Betrachtung von technischen und natürlichen Systemen
- Zusammenführung von Einzellösungen in der Biomechanik zur umfassenden Allgemein-Beschreibung des menschlichen Körpers (Menschmodell)



Simulationen sollen in Zukunft die Diagnose und die Auswahl der individuell am besten passenden Therapie erleichtern - etwa zur Behandlung von Bandscheibenschäden.
Simulations will one day simplify diagnoses and help find the most suitable therapy for each individual e.g. on being treated for damage to spinal discs.

SIMTECH-SCHWERPUNKTE

SimTech entwickelt aus sieben einzelnen Forschungsfeldern (Research Areas A bis G) eine integrative Systemwissenschaft:

- A** / Molekular- und Partikelsimulationen liefern Mikrostruktur-Informationen, die in großskalige Ansätze eingebettet werden.
- B** / Die moderne Mechanik von Mehrskalen- und Mehrfeldproblemen beschreibt komplexe Strukturen und Prozesse von der Mikro- über die Makroskala bis hin zu größten Skalen, die zur Beschreibung geologischer Formationen erforderlich sind.
- C** / Die Systemanalyse und die Lösung inverser Problemstellungen dienen der optimalen Datenerfassung und -verarbeitung, der Modellvalidierung und -reduktion sowie der Regelung dynamischer Systeme.
- D** / Die Numerische Mathematik und das Wissenschaftliche Rechnen werden optimiert für das Supercomputing und die Visualisierung, außerdem machen sie Unsicherheiten in Simulationen handhabbar.
- E** / Das integrierte Datenmanagement und die interaktive Visualisierung sind unverzichtbar, um optimale Mensch-Maschine-Benutzeroberflächen zu gestalten.
- F** / Hybride Höchstleistungsrechnersysteme und Softwaretechnik stellen die Software-Infrastruktur bereit zur effizienten Nutzung neuer Simulationstechnologien.
- G** / Die integrative Plattform der Reflexion und Bewertung dient dazu, die neuen Technologien wissenschaftstheoretisch, philosophisch und soziologisch zu beurteilen.

SIMTECH VISIONS

Reliable predictions instead of elaborate trials!
SimTech creates the foundations for tomorrow's modelling and simulations.

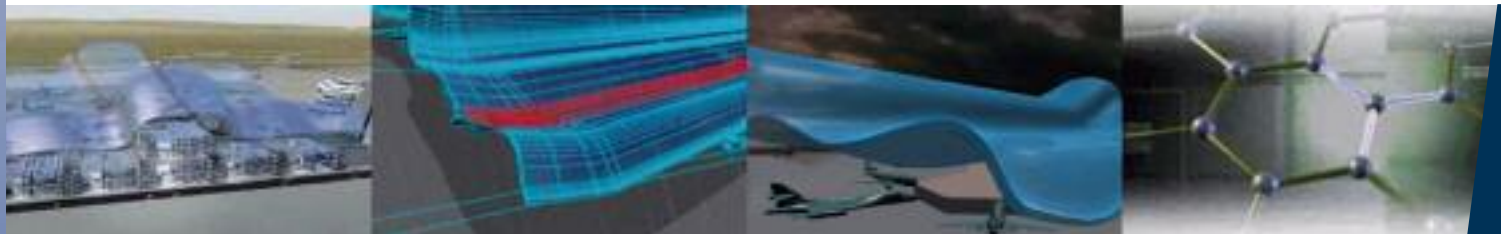
Simulation-based design of new materials with tailored high-end properties

Completely virtualised development of prototypes and factories

Use of complex and integrative methods in environmental engineering

Systems-biologically dominated view on technical and natural systems

Summing-up of isolated solutions in the field of biomechanics to an integrative description of the human body (overall human model)



Leichtbau ist ökologisch und ökonomisch sinnvoll. Simulationen und Modellierungen helfen, neue belastbare Materialien und Konstruktionen dafür zu finden.
Lightweight constructing makes sense – both in ecological and economical terms. Simulation and modelling help scientists create new materials and construction forms.

SIMTECH EMPHASES

SimTech is developing an integrative systems science from seven individual Research Areas (A to G):

A/ Molecular and Particle Simulations provide microstructure information, which can be incorporated in large-scale approaches.

B/ The advanced mechanics of multi-scale and multi-field problems describes complex structures and processes bridging scales from micro to macro right up to the largest scales needed to describe, e.g., geological formations.

C/ Systems analysis and the solution of inverse problems support optimum data collection and processing, model validation and reduction as well as the regulation of dynamic systems.

D/ Numerical and computational mathematics is being optimised for supercomputing and visualisation. It also makes uncertainties in simulations manageable.

E/ Integrated data management and interactive visualisation are indispensable for designing optimum human-system interfaces.

F/ Hybrid high-performance computing systems and software engineering provide the software infrastructure needed for the efficient use of new simulation technologies.

G/ The integrative platform of reflexion and evaluation assesses the new technologies in terms of scientific theory, philosophy and sociology.

MOLEKULAR- UND PARTIKELSIMULATION

Wer eine Sache im Großen und Ganzen verstehen will, muss seinen Blick auch auf das Kleine und Kleinste richten. SimTech simuliert Systeme und Prozesse in allen Größenordnungen und bringt die Skalen in Bezug zueinander. Außerdem werden physikalische, chemische und biologische Prozesse nicht isoliert betrachtet, sondern in gemeinsamen Ansätzen. Das ist das Besondere am



Prof. Dr. rer. nat. Hans-Rainer Trebin, Coordinator RA A
Institute for Theoretical and Applied Physics

„In der Molekulardynamik berechnen wir die Bewegung jedes Atoms unter Berücksichtigung der Kräfte, die es von seinen Nachbaratomen erfährt. Im Rahmen von SimTech wollen wir die Ausdehnung des Systems verbessern, Raum- und Zeitschranken überwinden, um durchgehend vom Atom bis zum Werkstück alles in einem Zug zu simulieren.“

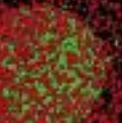
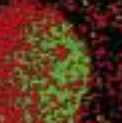
“Molecular Dynamics allows us to compute the trajectories of each atom under the forces of its neighbour atoms. Within SimTech we intend to increase the extension of the system, both in space and time, so that finally simulations become possible from the atom to the workpiece.”

SimTech-Cluster: Die Forscher schlagen Brücken zwischen den Disziplinen ebenso wie zwischen dem Makro- und Mikrokosmos, wobei sich die Projekte der Research Area A bis in die Nano- und Quantenwelt erstrecken.

In der Quantenmechanik haben die Wissenschaftler zum Teil mit ganz anderen physikalischen

Gesetzmäßigkeiten und Problemen zu tun als Forscher, die sich mit Molekülen oder makroskopischen Partikeln befassen. Noch komplexer wird die Teilchenwelt bei Betrachten der vielfältigen Wechselwirkungen. Jedes Teilchen steht in Beziehung zu seinen Nachbarteilchen, wird von ihnen beeinflusst und nimmt selbst Einfluss.

Im SimTech-Cluster werden für dieses Geschehen Simulationsmethoden entwickelt und erweitert. Eine davon ist die Molekulardynamik, mit der die dynamischen und mechanischen Eigenschaften von Molekülen und Festkörpern auf atomarem Niveau untersucht werden. Um die Methoden aller Skalen in Einklang zu bringen, suchen die SimTech-Forscher gemeinsam nach hybriden Techniken. Sie wollen Methoden der Quanten- und Molekülmechanik sowie der Partikel- und Kontinuumsmechanik miteinander koppeln. Mit der Verbindung zur Kontinuumsmechanik und damit zur Research Area B soll der Schritt in den Makrokosmos getan werden. Eine wichtige Aufgabe von SimTech ist es, mathematische Ansätze zu finden, die unter Berücksichtigung der Ergebnisse aus der Molekular- und Partikelsimulation zu realistischen Modellierungen und Simulationen auf makroskopischer Ebene führen. Das geht nicht ohne Höchstleistungsrechnen. Die passende Hard- und Software für die zunehmende, enorme Rechenleistung wird ebenfalls bei SimTech entwickelt.



MOLECULAR AND PARTICLE SIMULATION

To grasp something as a whole, one must focus on its parts, no matter how small. To this end, SimTech simulates all dimensions of systems and processes and relates scales to one another. It does not take a separate view of physical, chemical and biological processes but works with integrated approaches. That is what makes the SimTech cluster so special. SimTech's researchers bridge gaps not only between different disciplines but also between macrocosm and microcosm with projects from Research Area A already delving into the nano- and quantum worlds.

Scientists in the field of quantum mechanics often have to deal with completely different physical laws



Prof. Dr. rer. nat. Hans-Joachim Werner, Coordinator RAA
Institute for Theoretical Chemistry

„In der Theoretischen Chemie berechnen wir die elektronische Struktur sowie viele chemische und physikalische Eigenschaften von Molekülen mithilfe der Quantenmechanik. Im Rahmen von SimTech werden neue Methoden und Programme zur Simulation komplexer Reaktionen entwickelt, die in chemischen und biologischen Prozessen eine Rolle spielen.“

"In theoretical Chemistry we compute the electronic structure as well as many chemical and physical properties of molecules on the basis of quantum mechanics. In our SimTech projects we develop new methods and programs for the simulation of complex reactions that are relevant in chemical and biological processes."

and problems compared with scientists working on molecules or macroscopic particles. The world of particles becomes even more complicated when one considers the numerous feasible interactions. Each particle is related to its neighbour and each influences the other while being influenced itself.

The SimTech cluster develops and improves methods for simulating such processes. One field is molecular



Jun.-Prof. Dr. rer. nat. Johannes Kästner
Applied Quantum Mechanics

„Mit Methoden der Ab-Initio-Molekulardynamik und der Quantenmechanik/Molekülmechanik arbeiten wir an der Simulation komplexer molekularer Systeme.“

"By using ab initio molecular dynamics and quantum mechanics/ molecular mechanics we simulate complex molecular systems."

dynamics, used to study the dynamics and mechanical properties of molecules and solids on an atomic level. Together, the SimTech scientists are looking for hybrid techniques which are suitable for all scales. Their aim is to combine methods for quantum and molecular mechanics as well as particle and continuum mechanics. Bridging the gap to continuum mechanics and thus to Research Area B will open the door to the world of macrocosm. One of SimTech's most important goals is to use results from molecular and particle simulations to find mathematical approaches for realistic modelling and simulations on a macroscopic level. This can only be achieved with the aid of high-performance computing. SimTech is already busy developing the hard- and software necessary for the enormous and ever-increasing computing work-load involved.

MODERNE MECHANIK VON MEHRSKALEN- UND MEHRFELDPROBLEMEN

Ob fest, flüssig oder gasförmig – SimTech untersucht Materialien in jedem Aggregatzustand. Die Forscher benutzen Verfahren aus der numerischen Mathematik wie die Finite-Elemente-Methode (FEM) und die Diskrete-Elemente-Methode (DEM), um Materialien umfassend zu beschreiben. Sie werden mit ihren physikalischen, chemischen und ggf. auch biologischen Eigenschaften simuliert – so genau wie nötig und so schnell wie möglich. Das ingenieurwissenschaftliche Ziel bei SimTech ist es, machbare Lösungen vorzuschlagen. Das heißt, es wird nur dort in kleinsten Skalen gerechnet, wo es für die jeweilige Fragestellung wichtig ist. Um Prozesse von der Mikroskala (Molekular- und Partikelsimulation) in makroskopische Skalen zu übertragen, setzen die Forscher mathematische Homogenisierungstechniken ein. Das SimTech-Team erarbeitet neue Formeln und vereinfacht und optimiert bereits vorhandene. Großskalige Werkstücke wie eine Brücke oder Prozesse wie eine

Rissbildung darin können dadurch besser und schneller als je zuvor beschrieben werden.

Es geht aber nicht nur darum, bestehende Materialien zu beschreiben und ihre Belastungsgrenzen kennen zu lernen. Mithilfe von Simulationen werden am Computer auch neuartige Hightech-Materialien für zukünftige Anwendungen entworfen. Diese reichen von der Geo- und Biomechanik über



Prof. Dr.-Ing. Christian Mieke, Coordinator RA B
Institute of Applied Mechanics

„Die moderne Mechanik spielt die Schlüsselrolle beim Entwurf neuer Mehrskalen- und Mehrfeldmodelle für Materialien, die Unsicherheit und Empirie in der Simulation komplexer Ingenieursysteme reduzieren.“

“Advanced Mechanics plays the key role in the design of new multiscale and multifield models of materials, which reduce uncertainty and empiricism in the simulation of complex engineering systems.”

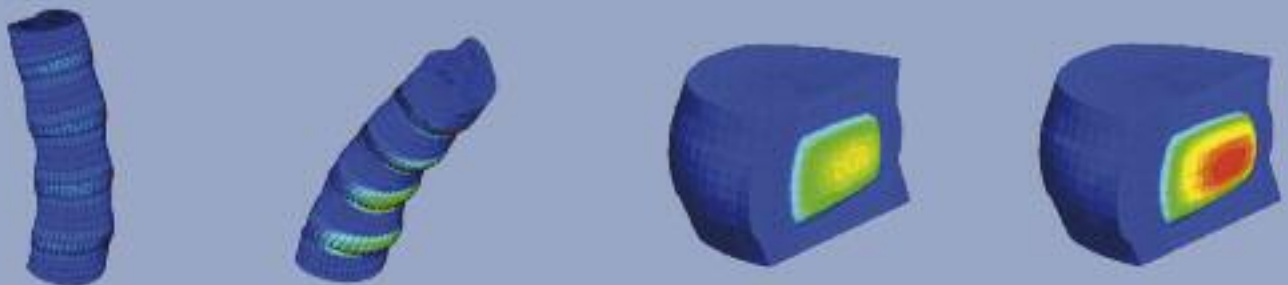


Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Ehlers, Coordinator RA B
Institute of Applied Mechanics

„Feststoffe, Fluide, Gele – in der Bio- und Geomechanik liegen Substanzen unterschiedlicher Aggregatzustände eng beieinander und haben einen direkten funktionalen Bezug zueinander. Wir entwickeln Simulationen, die dieser Komplexität gerecht werden.“

“Solids, fluids, gels – in bio- and geomechanics, materials of different physical conditions are close together and have a direct interaction to each other. We develop simulations coping with this complexity.”

die Medizin- und Umweltschutztechnik sowie das Bauingenieurwesen und den Maschinenbau bis zur Luft- und Raumfahrt. Prominente Beispiele sind extrem belastbare Brücken oder Leichtbaudächer für Flughäfen und andere Großanlagen. Machbarkeitsstudien für das Einleiten klimaschädlicher Gase in tiefe Erdschichten profitieren ebenso von SimTech-Simulationen wie die Medizin. SimTech-Forscher simulieren zum Beispiel die Wirbelsäule mitsamt den umgebenden Muskeln, Sehnen und Bändern. Solche Arbeiten eröffnen neue Diagnose- und Therapieoptionen.



In der Biomechanik wird auch die Belastung der Wirbelsäule untersucht. Dabei helfen Simulationen der hydraulischen und osmotischen Druckverhältnisse in den Bandscheiben
Experts in biomechanics study e.g. how spine problems develop, aided by complex simulations of the hydraulic and osmotic pressure ratios in the intervertebral discs.

ADVANCED MECHANICS OF MULTI-SCALE AND MULTI-FIELD PROBLEMS

No matter whether solid, liquid or gaseous, SimTech studies materials in all their aggregate states. Scientists use methods of numerical mathematics such as the finite element method (FEM) and the discrete element method (DEM) to describe materials comprehensively. They are simulated with their physical, chemical and – where appropriate – together with their biological properties – as accurately as necessary and as fast as possible. The aim of SimTech's engineering scientists is to propose really practicable solutions. This means that computing only takes place on the smallest scales when this is important for the topic under investigation. Mathematical homogenisation



Jun.-Prof. Oliver Röhrle, Ph. D.
Continuum Biomechanics and Mechanobiology

„Die Numerik ist ein wichtiges Werkzeug in der Biomechanik. Sie führt uns zu realistischen Simulationen von biologischen Weichgeweben wie Muskeln und Hartgeweben wie Knochen.“

"Numerical analysis is a powerful tool in the field of biomechanics. It leads to realistic simulations of biological soft tissue i.e., muscles, or hard tissue i.e., bone."

techniques are used to transfer processes from microscale (molecular and particle simulations) to macroscopic scales. The SimTech team develops new formula and simplifies and optimises already existing ones. Large-scale work pieces, such as a bridge, or processes, such as the formation of a crack therein, can then be described better and faster than ever before.

However, our aim is not only to describe existing materials and to learn their load limits. With the aid of simulations, innovative high-tech materials will



Jun.-Prof. Christian Linder, Ph. D.
Micromechanics of Materials

"Bei der Modellierung von Materialversagen treffen komplexe physikalische Vorgänge aufeinander. Diese numerisch mithilfe von Mehrskalenansätzen effizient zu erfassen, ist eines unserer Ziele."

"When it comes to the modelling of solids at failure, complex physical phenomena arise. Capturing those with computational multiscale techniques in an efficient way is one of our goals."

be designed by computer scientists for future use in fields ranging from geo- and biomechanics, over medicine and environmental protection techniques as well as construction and mechanical engineering right up to the field of aviation and aerospace. Prominent examples are heavy duty bridges or light-weight roofs for airports and other large-scale plants. Feasibility studies on how to pump environmentally unfriendly gases into deep layers of earth benefit from SimTech's simulations just as much as does the medical profession as a whole. For example, SimTech researchers are simulating the human spine together with the surrounding muscles, sinews and ligaments. Such work opens up new perspectives on diagnosis and therapy options.

SYSTEMANALYSE UND INVERSE PROBLEME

SimTech simuliert Materialien und Prozesse, die nahezu beliebig komplex sein können. Ein Beispiel sind biochemische Reaktionsketten in einer Zelle, die hoch vernetzt sind und zum Teil vielschichtige Hierarchien bilden. Je nach Fragestellung müssen aber nicht in jede Simulation oder Modellierung auch immer alle Systemdaten und -eigenschaften eingehen. Da ohnehin enorme Datenmengen anfallen, ist es umso wichtiger, Simulationen so zu konzipieren, dass sie bei möglichst geringem Datenumsatz und Zeitaufwand möglichst viel Erkenntnisgewinn liefern. Deshalb entwickeln SimTech-Wissenschaftler ausgehend von der Systemanalyse Methoden zur Modellvalidierung und Modellreduktion.



Prof. Dr.-Ing. Frank Allgöwer, Coordinator RA C
Institute for Systems Theory and Automatic Control

„Wir entwickeln neue systemtheoretische Methoden, um das Verhalten hochkomplexer dynamischer Vorgänge effizient untersuchen zu können. Eine große Herausforderung sind dabei Modellreduktionsverfahren.“

„We are developing new methods of systems theories in order to be able to study highly complex dynamic processes efficiently. Here, methods of model reduction pose a major challenge.“

Bei dynamischen Systemen, zu denen die genannten Reaktionsketten in einer Zelle, aber zum Beispiel auch hochautomatisierte Produktionsabläufe zählen, müssen zusätzlich regelungstechnische Aspekte berücksichtigt werden. Die

Forscher wollen selbst-korrigierende Rückkopplungsmechanismen entwerfen, die optimale Abläufe gewährleisten. Damit ist der Weg zu Echtzeit-Simulationen geebnet, mit denen SimTech bessere Produkte und Verfahren ermöglichen will. Dies alles geht nur auf der Basis von umfassenden Systemanalysen und wenn von vornherein die richtigen Parameter berücksichtigt werden. Diese



Prof. Dr. rer. nat. Guido Schneider, Coordinator RA C
Institute for Analysis, Dynamics und Modelling

„Die mathematische Vorausberechnung von Multiskalenmodellen beruht häufig auf asymptotischen Modellen. Wir rechtfertigen diese, entwickeln neue und optimieren vorhandene Gleichungen, um exaktere Näherungen zu ermöglichen.“

„The mathematical forecast of multi-scale models is often based on asymptotic models. We justify these, develop new ones and optimise already existing equations to obtain more exact approximations.“

können aber nicht immer über direkte Messungen identifiziert werden. Die Wissenschaftler greifen dann tief in die mathematische Trickkiste und formulieren inverse mathematische Probleme. Das macht es möglich, die gewünschten Größen von indirekten Messungen aus zu berechnen. Es wird quasi von einer bestimmten Wirkung auf ihre Ursache rückgeschlossen. Inverse Probleme werden zum Beispiel eingesetzt, wenn anhand der Ausschläge eines Erdbebensensors und Daten zu den geologischen Gegebenheiten die Koordinaten eines Erdbebenherdes berechnet werden.



Verdunstung eines Wassertropfens an der Luft (Vaporisation): Der Phasenübergang von flüssig zu gasförmig kann mithilfe einer 3D-Simulation sichtbar gemacht werden.
A drop of water evaporates in the air (vaporisation). The transition from liquid to gas can be made visible with 3D simulation.

SYSTEMS ANALYSIS AND INVERSE PROBLEMS

SimTech simulates materials and processes which can be almost as complex as is feasibly possible. A good example is given by the biochemical reaction chains in a cell which are highly linked and partly build multi-layer hierarchies. However, depending on the matter under study, not all system data and characteristics must be included in every simulation or modelling. As enormous amounts of data mount up, it is all the more important to design simulations in such a way that they produce as many results as possible with a minimum of data and in the shortest of times. This is why SimTech researchers are using systems analysis to develop methods for model validation and model reduction.



Jun.-Prof. Dr. rer. nat. Nicole Radde
Systems Theory in Systems Biology

„Wir rekonstruieren biologische Systeme in silico, also am Computer. Für die nichtlinearen, dynamischen Prozesse werden spezielle mathematische Modelle auf der Basis von Differenzialgleichungen entwickelt.“

"We reconstruct biological systems in silico, i.e. on computer. We develop special mathematical models for non-linear dynamic processes based on differential equations."

Technical control aspects must also be considered in dynamic systems which include not only the afore-mentioned reaction chains in a cell but also e.g. highly automated production flows. Researchers are seeking to design self-correcting feedback mechanisms which guarantee optimum operations. This will pave the way for real-time simulations with which SimTech will make better products and techniques possible.

All this is only possible when based on comprehensive systems analyses and when the correct parameters are considered from the very start. However, the latter cannot always be identified in



Jun.-Prof. Dr.-Ing. Robert Seifried
Multibody System Dynamics

„Viele Industriemaschinen erzeugen unerwünschte Schwingungen wenn sie in Aktion sind. Wir simulieren diese Mehrkörpersysteme mit allen wesentlichen Komponenten, um beispielsweise Konzepte zu finden, die solche ‚Nebenwirkungen‘ minimieren.“

"Many industrial machines cause unwanted vibrations when operating. We simulate these multi-body systems with all their major components to find e.g. concepts which can minimize such side 'effects'."

direct measurements. This means that scientists need to come up with a mathematical trick by formulating inverse mathematical problems. They can then calculate the desired parameters from indirect measurements, virtually by using a certain effect to deduce its cause. Inverse problems are applied when e.g. the amplitude of signals from an earth quake sensor and data on geologic conditions are combined to calculate the coordinates of an earth quake centre.

NUMERISCHE MATHEMATIK UND WISSENSCHAFTLICHES RECHNEN

Die meisten Simulationen beruhen auf mathematischen Modellen, die zunächst aus Differenzialgleichungen bestehen. Diese in computertaugliche Formen zu übertragen, ist das Metier der SimTech-Forscher in Research Area D. Dafür werden die Differenzialgleichungen in algebraische Gleichungssysteme überführt, die numerisch, also zahlenmäßig, lösbar sind.

Dieser Prozess, Diskretisierung genannt, ist naturgemäß mit gewissen Fehlern verbunden. Es ist das ehrgeizige Ziel der SimTech-Forscher, solche Fehler ebenso wie Unsicherheiten in der Systembeschreibung möglichst genau zu quantifizieren und handhabbar zu machen.



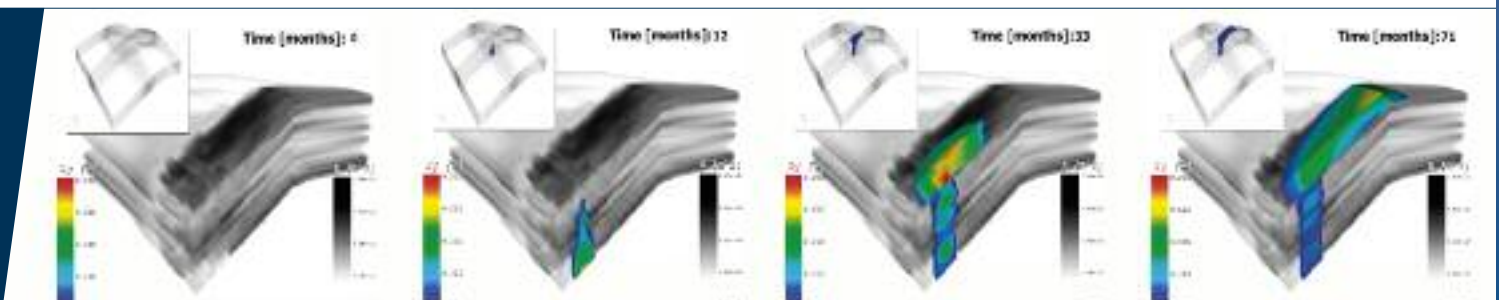
Prof. Dr.-Ing. Rainer Helmig, Coordinator RA D
Institute of Hydraulic Engineering

„Viele unserer Fragestellungen verlangen mehrskalige und multiphysikalische Ansätze - Fluss- und Transportprozesse durch heterogene Medien wie geologische Schichten zum Beispiel. Wir entwickeln neue mathematische Modelle, die den multiplen Ansprüchen gerecht werden.“

"Many of our study topics call for multi-scale and multi-physics approaches e.g. flow and transport processes through heterogenic media such as geologic layers. This is why we are developing new mathematical models to cope with multiple demands."

ten Ziel, selbstadaptive Computersysteme zu entwickeln, die virtuos das Spiel auf den Multiskalen beherrschen und dabei auch noch unterschiedliche physikalische Prozesse miteinander koppeln. Unterschiedliche Skalen und physikalische Prozesse verlangen auch unterschiedliche mathematische Lösungsstrategien - eine Material-Verformung wird auf Molekularniveau anders berechnet als zum Beispiel ein Strömungsphänomen auf makroskopischer Ebene. Diese „babylonischen“ Verhältnisse will SimTech aufräumen und eine gemeinsame mathematische Sprache entwickeln. SimTech-Simulationen sollen dann mithilfe von Fehlerindikatoren selbst steuern, wo und wann sie auf welcher Skala agieren und physikalische Prozesse zu- oder abschalten, um den gesamten Vorgang optimal zu simulieren. Zudem werden die einzelnen Lösungsstrategien auch noch wesentlich beschleunigt. Selbstadaptive Systeme tragen wie die zusammen mit Research Area C erarbeiteten Methoden der Modellvalidierung und Modellreduktion dazu bei, effiziente, zukunftsfähige Simulationen zu entwickeln.

Das hilft dem Team dabei, bessere und exaktere Lösungsmethoden für die Gleichungssysteme zu entwickeln. Sie dienen dem großen übergeordne-



In der Umwelttechnik wird diskutiert, klimaschädliche Gase in tiefen Erdschichten zu speichern. SimTech liefert mit Simulationen Entscheidungshilfen.
Environment engineers are discussing storing climate-damaging gases in deep layers of earth. SimTech is helping decision-makers with simulations.

NUMERICAL MATHEMATICS AND COMPUTATIONAL SCIENCE

Most simulations are based on mathematic models which are initially composed of differential equations. The SimTech scientists in Research Area D are there to make these fit for implementation on computers. To this end, they convert the differential equations into algebraic equations systems which can then be solved numerically, i.e. by numbers. This process is called discretisation and some errors are incorporated by nature. The SimTech scientists' ambitious aim is to quantify these errors, as well as uncertainties in the system description, as exactly as possible and to make them manageable. This helps the team to develop better and exacter solution methods for the systems of equations. In



Prof. Dr. rer. nat. Barbara Wohlmuth, Coordinator RAD
Institute for Applied Analysis and Numerical Simulation

„Zunehmend komplexere mathematische und anwendungsorientierte Modelle stellen ganz neue Herausforderungen an die numerischen Simulationswerkzeuge. Bei der Entwicklung robuster und effizienter Algorithmen für hochdimensionale Probleme stehen wir erst am Anfang.“

"Mathematical and application-oriented models which are becoming more and more complex are posing really new challenges for numerical simulation tools. We are just starting to develop robust, efficient algorithms for high-dimensional problems."

doing so, they advance the topmost goal i.e. to develop self-adaptive computer systems which can play expertly with multi-scales while also coupling various physical processes with each other. Different scales and physical processes call for different mathematical solution strategies e.g. a deformation in a material is calculated on a molecular level in a different fashion compared to a flow phenomenon on a macroscopic level. SimTech intends to clear up these "Babylonian" circumstances and to develop a common mathematical language. SimTech simulations are then to be run with the aid of error indicators, self-adaptive in their choice of

where and when to operate on which scales and on when to switch on or cut off physical processes



Jun.-Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Nowak
Stochastic Modelling of Hydrosystems

„Wir wollen den Computersystemen die Entscheidungsfähigkeit dafür geben, in welchen Problembereichen welche Denkart am meisten angebracht ist – das System soll dann automatisch die richtigen Modellgleichungen verwenden.“

"We want to give computer systems the ability to decide which "way of thinking" is best in which part of the problem. The system should then automatically use the proper model equations."

in order to simulate the entire process in an optimum fashion. In addition, the individual solution strategies will be speeded up considerably. Together with the methods for model validation and model reduction jointly developed with researchers from Research Area C, self-adaptive systems will help develop simulations which are highly efficient and fit for the future.



Jun.-Prof. Dr. rer. nat. Bernard Haasdonk
Hierarchical Solution Strategies for Non-linear Problems

„Eine besondere Herausforderung ist die Entwicklung von Modellhierarchien zur Simulation nichtlinearer Differentialgleichungssystemen, die zum Beispiel bei der Simulation von Brennstoffzellen eine Rolle spielen.“

"A particular challenge is the development of model hierarchies for simulation of nonlinear differential equation systems, as they appear for instance in the simulation of fuel cells."

INTEGRIERTES DATENMANAGEMENT UND INTERAKTIVE VISUALISIERUNG

Daten aus Messungen und Berechnungen sowie in Form von Erfahrungswissen sind der Rohstoff für Simulationen. Es reicht jedoch nicht, die Daten zu speichern - sie müssen auch so verwaltet und aufbereitet werden, dass sie für unterschiedliche Simulationswerkzeuge zugänglich sind und der Benutzer etwas damit anfangen kann. Diese Form von integriertem Datenmanagement ist daher ein Schlüssel zur effektiven Simulationstechnik. Die SimTech-Informatiker entwickeln dafür innovative



Prof. Dr. rer. nat. Thomas Ertl, Coordinator RA E
Institute for Visualization and Interactive Systems

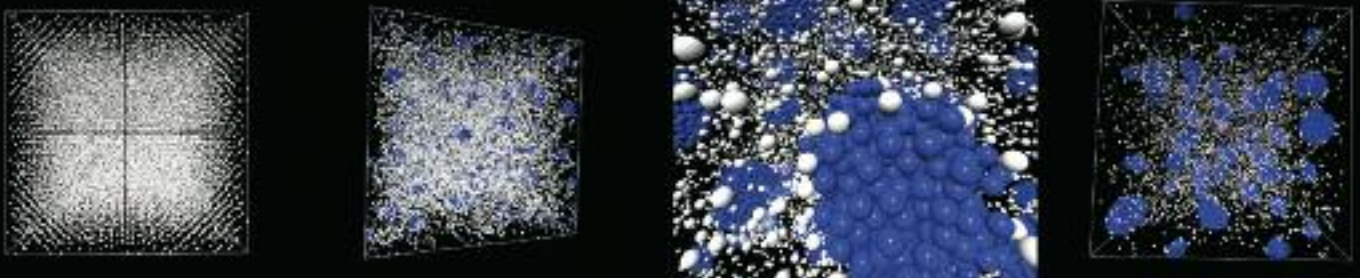
„Mit rund 20 Jahren ist die Visualisierung noch eine sehr junge Disziplin der Informatik. Sie macht abstrakte Daten begreifbar und ist damit eine der wichtigsten Schnittstellen zwischen Mensch und Maschine.“

"Modern visualization is a rather young computer science discipline which began around 20 years ago. It maps abstract data into a comprehensible visual representation and provides one of the most important human-computer interfaces."

Lösungen, die auch mit zukünftigen technologischen Weiterentwicklungen in der Simulationswelt Schritt halten können. Dabei setzt der Exzellenzcluster auf die Workflow-Technologie, entwickelt sie weiter und passt sie den speziellen Anforderungen von Simulationen an. Mit neuartigen Simulations-Workflows à la SimTech lassen sich die

einzelnen Arbeitsschritte so effektiv verwalten, dass der gesamte Simulationsprozess beschleunigt wird. In Zukunft sollen Simulationsforscher ihre Simulationen nicht mehr programmieren müssen, sondern aus einfachen Komponenten graphisch modellieren.

Für den Menschen ergeben Simulationen oft erst dann einen Sinn, wenn die abstrakten Daten bildlich dargestellt werden. Es ist hohe Informatik-Kunst, die Methoden der Computergrafik so zu verfeinern, dass am Bildschirm aussagekräftige Präsentationen entstehen – von schlichten grafischen Darstellungen bis hin zu faszinierenden 3D-Visualisierungen, die ein interaktives Spiel mit den Möglichkeiten erlauben. Das Besondere an SimTech-Visualisierungen: Hier werden nicht nur die Rechenkapazitäten der Computerprozessoren (CPUs) genutzt, sondern auch die der Grafikkarten (GPUs). Damit bringt SimTech das Höchstleistungsrechnen (High Performance Computing) auf hybriden Architekturen gemeinsam mit den Teams der Research Area F einen großen Schritt voran.



INTEGRATED DATA MANAGEMENT AND INTERACTIVE VISUALISATION

Data from measurements and calculations as well as in the form of practical know-how are the raw materials needed for carrying out simulations. However, it is not enough to simply record data. It must also be managed and processed to make it accessible for various simulation tools and practical for users. This form of integrated data management is therefore the key to effective simulation technology.



Prof. Dr. rer. nat. Frank Leymann, Coordinator RAE
Institute of Architecture of Application Systems

"Unternehmen nutzen seit geraumer Zeit bereits Workflow-Technologien, um Geschäftsprozesse in IT-Umgebungen ablaufen zu lassen. Wir setzen dieselben Technologien ein, um Simulationen zu beschreiben und unmittelbar auszuführen. Dadurch können Unternehmen dasselbe Paradigma nutzen, um sowohl „traditionelle“ Geschäftsprozesse als auch Simulationen uniform zu behandeln. Das reflektiert die zunehmende Bedeutung von Simulationen in der Wirtschaft angemessen."

"Companies have been using workflow technologies for some time now to run their business processes in an IT environment. We use the same technologies to describe simulations and run them immediately. As a result, companies can use the same paradigm to treat both 'traditional' processes as well as simulations in a uniform way. This aptly reflects the increasing importance of simulations for the economy."

For this reason, SimTech's computer scientists are developing innovative solutions, which can also keep up with future developments in technology in the world of simulations. In this process, the Cluster of Excellence focuses on the workflow technology, refining and adapting it to the special requirements of simulations. With SimTech's innovative simulation workflows, operations can be managed so effectively that the entire simulation process is speeded up. In the future, simulation researchers should no longer have to programme

simulations but will be able to draw up graphic models from single components.



Jun.-Prof. Dr.-Ing. Dimka Karastoyanova
Simulation Workflows

"Wir wollen die Workflow-Technologie so weiterentwickeln, dass sie das Modellieren und Ausführen von Simulationsabläufen anhand von sinnvollen und effizienten Orchestrierungen ermöglicht und bei jedem Arbeitsschritt Eingriffe erlaubt."

"We aim at enhancing the workflow technology with support for modelling and execution of scientific simulations using meaningful and efficient orchestrations in which even individual tasks can be managed and modified to suit the purposes of the scientific experiments."

Most people can only make sense of simulations when abstract data are depicted as illustrations. Superior information technology is needed to refine methods of computer graphics in such a way that meaningful presentations can be put on a screen – ranging from simple graphic illustrations up to fascinating 3D visualisations which permit interactions with feasible options. The really special feature about SimTech visualisations is that they not only exploit the calculating capabilities of computer processors but also of their graphic cards. In this way, SimTech advances high-performance computing on hybrid architectures in giant steps together with the teams of Research Area F.

HYBRIDE HÖCHSTLEISTUNGSRECHNERSYSTEME UND SOFTWARETECHNIK

Schnell, schneller, am schnellsten – in den letzten Jahrzehnten wurde die Rechenleistung von Computern vor allem dadurch gesteigert, dass ihre Prozessoren immer schneller wurden. Diese Entwicklung stößt heute an ihre physikalischen Grenzen. Während die Miniaturisierung weiter voran schreitet, ergeben sich Probleme bei der Taktrate der Prozessoren. Einfach ausgedrückt: Je schneller ein Prozessor schaltet, umso heißer wird er. In manchen Geräten gibt ein Quadratzentimeter des Chips bereits mehr Wärme ab als eine heiße Herdplatte. Die SimTech-Informatiker gehen deshalb neue Wege und entwickeln hybride Systeme für das Höchstleistungsrechnen (High Performance Computing). Ein einfaches Beispiel ist die Kombination von zwei Prozessoren auf einem Chip, wobei ein Prozessor besonders viel Speicherkapazität aufweist und der andere besonders schnell ist. Hybride SimTech-Systeme sollen mehrere Zehntausend verschiedene Prozessoren umfassen, die alle parallel an der gleichen Aufgabe arbeiten. Außerdem werden Koprozessoren entwickelt, die noch speziellere Aufgaben, etwa im Grafikbereich, erfüllen und bei Bedarf mit dem System kombiniert werden. Zentrales Problem solcher Systeme ist die Programmierbarkeit. Die Programmierung einer derart großen Anzahl von unterschiedlichen Prozessoren ist deshalb ein wesentliches Ziel. Kompatible und wiederverwendbare Software-Komponenten sowie rekonfigurierbare Hardware-Komponenten sind weitere wichtige Entwicklungsziele.

Um alle Komponenten so unter Dach und Fach zu bekommen, dass sie optimal zusammenarbeiten, müssen neue Computerarchitekturen und -infrastrukturen entworfen werden. Die neue Dimension des Supercomputing ist nicht von heute auf

morgen zu realisieren. Zum Teil müssen auch Hardware-Komponenten erst noch weiterentwickelt und so angepasst werden, dass sie die künftigen



Prof. Dr. rer. nat. Thomas Ertl, Coordinator RA F
Institute for Visualization and Interactive Systems

„Ob am Arbeitsplatz oder auf dem Supercomputer, zukünftige Simulationssoftware muss die Parallelität aktueller Rechnerarchitekturen ausnutzen. Wir unterstützen dies durch effiziente Bibliotheken und modernes Software-Engineering.“

“Ranging from laptops to supercomputers, future simulation software will have to exploit the parallelism of current computer architectures. We support this by providing efficient libraries and modern software-engineering.”

Höchstleistungen mittragen. So muss den Prozessoren ihre Sensibilität ausgetrieben werden: Hitze-stabil sollen sie sein, möglichst unempfindlich gegen Erschütterungen, Luftfeuchtigkeit und elektromagnetische Strahlung. Außerdem arbeitet das SimTech-Team daran, den Energieverbrauch der Prozessoren zu senken und die hardware-sowie die software-basierte Fehlertoleranz zu vergrößern. Die robusten und gleichzeitig flexiblen neuen Systeme werden die Leistungsträger der Anwendungen aller Research Areas sein und ein wesentlicher Meilenstein auf dem Weg, die SimTech-Visionen zu realisieren.

HYBRID HIGH-PERFORMANCE COMPUTING SYSTEMS AND SIMULATION SOFTWARE ENGINEERING

Fast, faster, fastest – the computing power of computers was improved in the last decades by making their processors faster and faster. This development is now coming to a natural end. While the process of miniaturisation continues, the speed of processors is beginning to pose a problem. Put simply: the faster a processor operates, the hotter it gets. In some equipment, a square centimetre of chip already gives off more heat than a hotplate. This is why SimTech's computer scientists are branching out on new paths to develop hybrid systems for high performance computing. A simple example is a combination of two processors on one chip. One of the processors has a great deal of storage capacity and the other is especially fast. SimTech's hybrid systems are to have tens of thousands of different processors all working on the same task at the same time. Co-processors are also being developed to carry out even more specialised tasks e.g. in the field of graphics. If necessary, these are to be combined with the system. Programmability is a major problem so that the programmability of such a large number of different processors is also a major goal. Other important development objectives are compatible and re-usable software components as well as re-configurable hardware components. New computer architectures and infrastructures must be designed to fit all components together so that they function in an optimum fashion. This new dimension in supercomputing will take time as some hardware components still have to be refined and adapted to support future high performances. For example, processors need to become less sensitive. They have to be heat-resistant and

tolerant to vibrations, humidity and electromagnetic waves. The SimTech team is also working on improving the energy consumption of processors

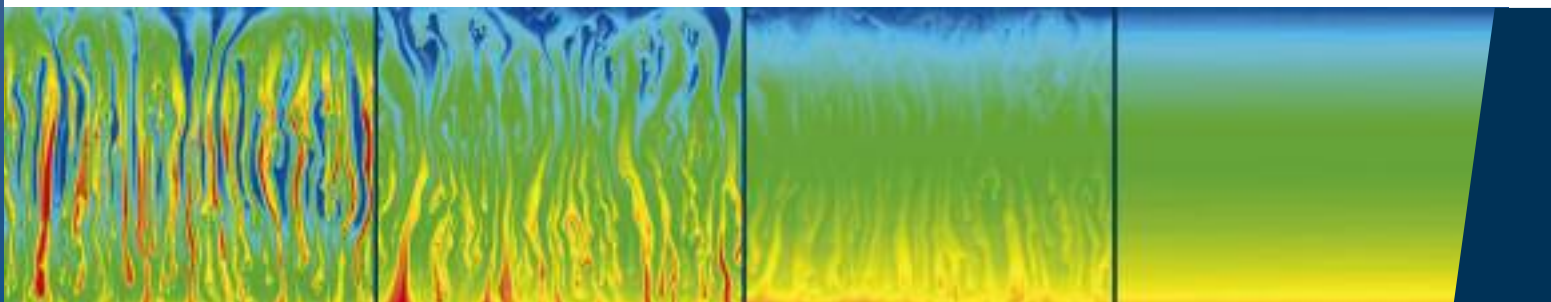


Prof. Dr.-Ing. Michael Resch, Coordinator RA F
High Performance Computing Center Stuttgart (HLRS)

"Die Computerarchitektur muss einerseits mit den Algorithmen der zugrunde liegenden Rechenmodelle harmonisieren und andererseits mit der Hardware, die bei SimTech parallel zur Software optimiert wird. Dann sind wir für zukünftige Computerleistungen im Petaflop-Bereich gerüstet."

"Computer architecture must harmonise, on the one hand, with the algorithms of the underlying calculation models and, on the other hand, with the hardware that SimTech is optimising simultaneously with the software. Then we will be well-equipped with the computing performance needed for work in the range of petaflops."

and increasing their tolerance to faults based on hard- and software. These robust yet flexible new systems will service all operations in all Research Areas and will be of major importance in realising SimTech's visions.



INTEGRATIVE PLATTFORM DER REFLEXION UND BEWERTUNG

Die neuen Simulationstechnologien werden die gesamte Wissenschaft beflügeln. Aber wie werden sie in der breiten Öffentlichkeit aufgenommen? In welchem Ausmaß können sie das alltägliche Leben beeinflussen, werden sie als nützliche Bereicherung gesehen oder abgelehnt? Solche Akzeptanzfragen sind ein wichtiger Aspekt, den die Philosophen und Sozialwissenschaftler der Research Area G erforschen.



Prof. Dr. phil. Christoph Hubig, Coordinator RA G
Institute of Philosophy

„Die Simulation als Erkenntnisinstrument wirft Fragen nach der Zuverlässigkeit, Unsicherheit und Mehrdeutigkeit virtueller Realitäten auf. Unter diesen Gesichtspunkten analysieren wir die neuen Technologien.“

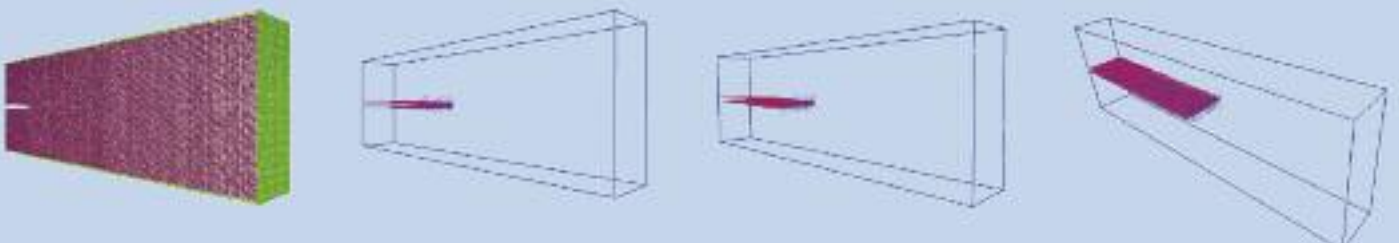
“Simulation as a tool for knowledge raises issues on the reliability, uncertainty and ambiguity of virtual realities. We analyse new technologies from these angles.”

Im Sinne einer Technikfolgenabschätzung werden alle Clusteraktivitäten ethisch und soziologisch reflektiert. Eine spannende Frage ist zum Beispiel, inwieweit Simulationsergebnisse die Basis für politische Entscheidungen sein können. Das wird am Beispiel der CO₂-Sequestrierung untersucht. Wenn Simulationen zu dem Schluss führen, dass CO₂

sicher in tiefen Erdschichten eingelagert werden kann, werden entsprechende Pläne womöglich politisch forciert und schließlich umgesetzt. Aber wie sicher ist sicher? Was ist wirklich, was wird wirklich und welche Unsicherheiten gibt es dabei? SimTech bietet ein erstklassiges Team ausgewiesener Experten in Sachen Technikphilosophie und Wissenschaftstheorie auf, um solchen Fragen nachzugehen. Die Forscher machen den Kollegen der anderen Research Areas unter anderem Begriffs- und Modellierungsangebote, etwa zur Typisierung von Unsicherheit und Unschärfe. Dadurch entsteht quer durch den Cluster eine differenzierte Betrachtung, die den Projekten sowohl in der Konzeptphase als auch bei der Durchführung zugute kommt.

Auch die fünf großen SimTech-Visionen stehen im Fokus der Reflexion. Die Wissenschaftler wollen zum Beispiel ergründen, ob der vollständig simulierbare Mensch auch ein vollständig vorhersagbares Wesen ist und wie zuverlässigeres prognostisches Wissen über menschliches Verhalten unser Selbstverständnis als autonome und Verantwortung tragende Personen verändert.

Alle Fragestellungen der Research Area G werden auch im Kontext der geschichtlichen Entwicklung betrachtet. Die Geschichte der Simulation ist eng mit der Erfolgsgeschichte des Computers verbunden, die um 1940 begann. Von den damaligen technologischen Anfängen bis zur Jahrtausendwende wird die Simulationstechnologie in allen Facetten beleuchtet - auch, um daraus Rückschlüsse für weitere Entwicklungen zu ziehen.



Auch eine philosophische Frage: Welche Auswirkungen haben immer genauere Simulationen – hier die Rissbildung in einem Quasikristall aus 5 Mio. Atomen – auf die Realität? Philosophy is not neglected: What effects do increasingly accurate simulations – here the formation of a crack in a quasicrystal with 5 million atoms – have on reality?

INTEGRATIVE PLATFORM OF REFLEXION AND EVALUATION

New simulation technologies will bring inspiration to all areas of science. But will the general public react kindly? To what extent can simulations have an impact on everyday life? Will they be accepted as helpful or met with hostility? Consumer acceptance is an important factor which is studied by the philosophers and social scientists working together in Research Area G.

All Cluster activities will be reflected on from ethical and sociological points of view as a type of technological impact assessment. One interesting question is, for example, to what extent simulation results can provide a basis for political decisions. This is being studied as far as CO₂ sequestration goes. If simulations lead to the conclusion that CO₂ can be stored safely in deeper layers of earth, it is possible that such plans would be pushed by politicians and eventually put into action. But how safe is safe? What is real, what becomes real and what collateral uncertainties can be expected? SimTech has a top team of renowned experts in technical philosophy and scientific theory to deal with such topics. These researchers make suggestions for – amongst others – terms and models to their colleagues from the other Research Areas e.g. for typifying uncertainties and impreciseness. This means that the partners take a differentiated view throughout the entire Cluster, which benefits projects both in the conception phase and during running.

SimTech's five great visions are also at the centre of reflection. Scientists would like to find out, for example, if a fully simulated person really is a fully

predictable being and how more reliable prognosis on human conduct can change our self-image as autonomous, responsible people.



Jun.-Prof. Dr. Gregor Betz
Philosophy of Simulation

„Wir reflektieren, wie mit Computersimulationen Systeme modelliert werden, die sich einer wissenschaftlichen Untersuchung vormals entzogen, und an welche neuen Grenzen des Wissens man dabei stößt.“

“We reflect on how computers can simulate systems which previously eluded scientific investigation and study the new knowledge boundaries arising.”

All questions dealt with in Research Area G will also be considered in a historical context. The history of simulation is connected closely to the success story of the computer which started around 1940. All facets of simulation technology will be studied – from its start as a new technology right up to the turn of the millennium – to gain important insights for further developments.



Prof. Dr.-Ing. Frank Allgöwer
Institute for Systems Theory and
Automatic Control



Prof. Dr.-Ing. Manfred Bischoff
Institute of Structural Mechanics



Prof. Dr.-Ing. Peter Eberhard
Institute of Engineering and
Computational Mechanics



Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Ehlers
Institute of Applied Mechanics



Prof. Dr. rer. nat. Thomas Ertl
Institute for Visualisation and
Interactive Systems



Prof. Dr.-Ing. Rainer Helmig
Institute of Hydraulic Engineering



Prof. Dr. phil. Christoph Hubig
Institute of Philosophy



Prof. Dr. rer. nat. Frank Leymann
Institute of Architecture of
Application Systems



Prof. Dr.-Ing. Christian Mieke
Institute of Applied Mechanics

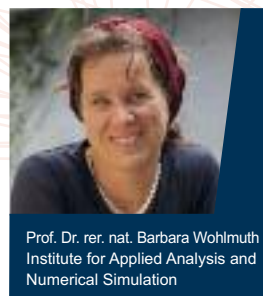
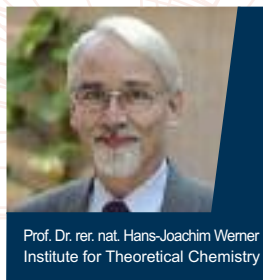
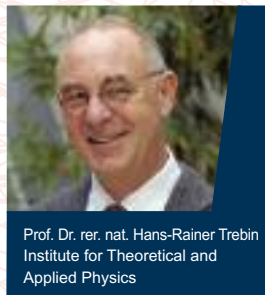
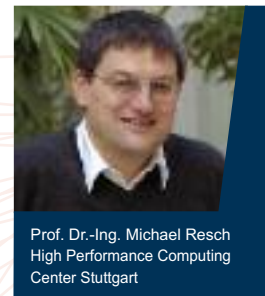


Prof. Dr.-Ing. Bernhard Mitschang
Institute of Parallel and
Distributed Systems



Prof. Dr. ir. Eric Jan Mittemeijer
Institute for Material Science

/ PRINCIPAL INVESTIGATORS



SIMTECH - DAS TRANSFER-KONZEPT

Forschungstransfer hat viele Zielrichtungen, SimTech bedient sie alle. Der Transfer von Ergebnissen in die Wissenschaftliche Gemeinschaft ist ebenso wichtig wie der Transfer von Ideen und Konzepten zur Industrie und der Wissenstransfer in die allgemeine Öffentlichkeit.

Es geht um Forschungsergebnisse, um Ideen und innovative Konzepte, Anregungen und neue Perspektiven. Dies alles sind Produkte des Exzellenzclusters, die von SimTech nach außen transferiert werden. So entsteht ein gesellschaftlicher Mehrwert, der letztendlich das Ziel aller Forschungsanstrengungen ist.

Kernstücke des wissenschaftlichen Transfers sind Tagungen, Workshops und Seminare sowie Veröffentlichungen und ein Gästeprogramm: SimTech lädt kontinuierlich Top-Wissenschaftler nach Stuttgart ein, um sich mit ihnen auszutauschen.

Großen Stellenwert hat der Transfer zur Industrie, die eigens eingerichtete Transfer Unit bündelt alle Aktivitäten in Richtung Unternehmen und Institu-



Prof. Dr.-Ing. Alexander Verl
Institute for Control Engineering
of Machine Tools and
Manufacturing Units

tionen der angewandten Forschung. Dabei arbeitet SimTech mit starken Partnern wie den Fraunhofer-Instituten und Instituten des DLR zusammen und hat mit dem IC SimTech e. V. ein wirkungsvolles Instrument geschaffen.

Auch der Transfer in die Aus- und Weiterbildung wird direkt von SimTech gesteuert: durch die Graduiertenschule GS SimTech und die Elitestudiengänge (siehe S. 26).

SIMTECH'S TRANSFER CONCEPT

SimTech caters for all target groups and considers it just as important to convey results to the scientific community as it is to provide innovative ideas and concepts for industrial partners or inform the general public.

Research results are all about original ideas and innovative concepts, new impulses and creative outlooks. The Excellence Cluster is full of these and SimTech speedily transfers them off-site. This ensures that society in general profits from these achievements which is, after all, the primary aim of any form of research.

The main instruments for transferring scientific knowledge are meetings, workshops and seminars combined with publications and a visitors programme in which SimTech regularly invites top scientists to discuss topics of interest in Stuttgart.

The transfer of research results to industry is rated highly and catered for by the especially established Transfer Unit which coordinates all activities related to companies and institutions dealing with applied



Jun.-Prof. Dr.-Ing. Sascha Röck
Application of Simulation Technology in Manufacturing Engineering (TUnit)

research. In this sector, SimTech has strong partners at its side such as the Fraunhofer Institutes and DLR (German Aerospace Center). The Industrial Consortium (IC SimTech e. V.) is proving to be an especially effective

instrument for such purposes. SimTech also steers the direct transfer of research results into training and further education by means of its Graduate School (GS SimTech) and elite study programmes (see p. 26).

/ DIE INDUSTRIEKOOPERATION

Die Grundlagenforschung hat bei SimTech oberste Priorität, das Clusterteam befasst sich aber auch mit möglichen Anwendungen. Dabei arbeitet der Cluster eng mit der Industrie zusammen. Gebündelt wird die Zusammenarbeit im Industrial Consortium SimTech e. V., kurz IC SimTech.

Die akademische und die industrielle Forschung inspirieren sich gegenseitig – so will es SimTech und so wollen es die Akteure des gemeinnützigen Vereins IC SimTech. Die Mitglieder sind Wissenschaftler der Uni Stuttgart und Firmen, die in die Forschung und Entwicklung von Simulationstechnologien investieren. Damit wollen sie langfristig nicht nur wettbewerbsfähig bleiben, sondern möglichst auch die entscheidende Nasenlänge voraus sein. Mitgliedsfirmen werden zu wissenschaftlichen Veranstaltungen eingeladen, sie können sich mit Seminarbeiträgen in der akademischen Welt präsentieren und mit den Wissenschaftlern Mehrwert aus gemeinsamen Diskussionen schöpfen. Die Anforderungen aus der Praxis bringen andererseits die Forscher auf neue Themen und Ideen.

Konkret wird die Zusammenarbeit in „Working Committees“, die einzelnen Bereichen wie der Produktionstechnik und der Simulationstechnik gewidmet sind. Hier werden Erfahrungen ausgetauscht und Entwicklungstrends definiert. Damit wird der Verein auch zu einer Keimzelle für bi- und multilaterale Verbundprojekte mit der Industrie, in deren Rahmen dann vereinsunabhängig fortschrittliche Technologien umgesetzt werden können. Die Mitgliedschaft steht grundsätzlich allen Interessierten aus Unternehmen, Institutionen und Verbänden offen.

Kontakt: Dr. Dr. Dietmar Wechsler
Telefon 0711 685-60110
wechsler@simtech.uni-stuttgart.de

/ INDUSTRIAL CONSORTIUM

Basic research is top priority for SimTech but the Cluster team of experts also concentrates on possible methods of application. To this end, the Cluster team cooperates closely with partners from industry. These joint activities are coordinated by the Industrial Consortium SimTech e. V., called IC SimTech for short.

Academic research inspires industrial studies and vice versa. This is exactly what SimTech and those active in the IC SimTech non-profit association want. The members are scientists at the University of Stuttgart and companies which invest in the research and development of simulation technologies. With this strategy, the latter not only aim at staying competitive in their respective fields but also intend to be that one decisive step ahead of their competitors. Partner companies are regularly invited to scientific events where they can present contributions to the academic community in joint seminars and profit from intensive discussions with scientists from the University of Stuttgart. At the same time, practical problems from everyday industrial life can provide researchers at University with new ideas and topics. The most

tangible benefit from this form of cooperation is clearly evident in the various Working Committees, which have been set up to cover such sectors as Manufacturing Engineering, and Simulation Methods. Here, participants exchange information and define trends for the future. This means that the association acts as a breeding ground for bilateral and multidisciplinary projects with industrial partners which are then carried out independently incorporating progressive technologies. Membership is basically open to interested companies, institutions and associations.

Contact: Dr. Dr. Dietmar Wechsler
Telephone 0711 685-60110
wechsler@simtech.uni-stuttgart.de

SIMTECH-STUDIENGÄNGE UND DIE GRADUIERTENSCHULE

Von den Besten lernen: SimTech-Studierende und Mitglieder der SimTech-Graduiertenschule profitieren von der Nähe zu Spitzenwissenschaftlern. Neue Theorien und Erkenntnisse halten direkt Einzug in die Lehre, die sich durch strukturierte Mentor-Konzepte auszeichnet.

Die Studierenden des sechssemestrigen Bachelor- und des darauf aufbauenden viersemestrigen Masterstudiengangs Simulationstechnologie werden dafür ausgebildet, die Wissenschaft der Zukunft zu gestalten. Jedem Studierenden steht ein SimTech-Professor als Mentor zur Seite, der ihn fachlich berät und bei der Organisation des Studiums unterstützt. Ein großzügiger Wahlbereich ermöglicht eine individuelle Orientierung, die Pflichtbereiche haben eine ingenieurwissenschaftliche bzw. eine informatikgeprägte Ausrichtung. Auch die nichtfachliche Qualifikation wird bei SimTech ernst genommen, Softskill-Angebote ergänzen die Lehr-

Inhalte und bereiten auf Führungsaufgaben vor. Das gilt auch für die Graduiertenschule GS SimTech. Die SimTech-Doktoranden bekommen hier eine strukturierte Unterstützung auf Ihrem Weg zur Promotion. Dabei dreht sich alles um Kooperation und Kommunikation, ohne die Forschung in Zukunft nicht mehr denkbar ist und die unverzichtbare Erfolgsfaktoren sind. Angeboten werden Seminare, Workshops, Vorlesungen und Meetings, die den fachlichen und persönlichen Horizont erweitern. Dazu dienen auch Auslandsaufenthalte, die der Cluster aktiv fördert und unterstützt.



SIMTECH STUDY PROGRAMMES AND GRADUATE SCHOOL

Learn from the very best – SimTech students and members of SimTech Graduate School undeniably profit from their close vicinity to top scientists. New theories and results find their way into teaching courses without delay. A well-structured mentoring concept further characterises and optimises the teaching system.

Students undertaking the six semester Bachelor course of studies or the subsequent four semester Master in Simulation Technology are taught to design the sciences of the future. Each student has a SimTech professor as a mentor advising on which subjects to take and the best way to organise studies. There are two lines of compulsory studies: either engineering science or computer science. A wide range of elective courses permits students to cater for their personal wishes. Non-technical subjects are also provided for by offering students

additional courses on how to improve softskills and acquire management potential.

This also holds true for SimTech's Graduate School (GS SimTech). Cooperation and communication are the key words here, both indispensable for future success and innovative research. Doctoral candidates can choose between seminars, workshops, lectures and meetings to broaden their professional and private horizons. A term abroad is obligatory and has the added benefit of actively promoting and strengthening the Cluster itself.



Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Ehlers, Coordinator SimTech-Cluster/ Executive Director SRC SimTech – Prof. Dr. Barbara Wohlmuth – Prof. Dr.-Ing. Rainer Helmig – Prof. Dr. Thomas Ertl, Vice Coordinator SimTech-Cluster/ Vice Executive Director SRC SimTech – Prof. Dr.-Ing. Frank Allgöwer (von links/from left)

DIREKTORIUM UND MANAGEMENT-TEAM

25 Professoren aus acht Fakultäten der Universität Stuttgart nahmen 2007 mit dem SimTech-Konzept erfolgreich an der Ausschreibung zur Exzellenzinitiative des Bundes und der Länder teil. Fünf von ihnen steuern heute als Direktorium im Namen aller SimTech-Kollegen den Cluster.

Das sechsköpfige Management-Team setzt die strategischen Konzepte um, verwaltet die Projekte und Finanzen, kümmert sich um die Öffentlichkeitsarbeit und koordiniert die Aktivitäten in den Bereichen Lehre und Forschung.

Das Management-Team steht Ihnen als Ansprechpartner gerne zur Verfügung, beantwortet Ihre Fragen und leitet sie an die passenden Adressaten im Cluster weiter.

EXECUTIVE BOARD OF DIRECTORS AND MANAGEMENT TEAM

In 2007, the SimTech concept developed by 25 professors from eight different faculties of the University of Stuttgart was successful in the excellence initiative competition run by the German state and federal governments. Five of the original team now make up the Board of Directors which steers the SimTech cluster on behalf of all their participating colleagues.

The Management Team consists of six experts, responsible for putting strategies into action, administering and managing projects and funds, running the public relations department and coordinating all activities in the fields of research and teaching.

You are welcome to contact the Management Team which will be pleased to answer your questions and/ or pass these on to the relevant partners in the cluster.



Dr. Dr. Dietmar Wechsler
Manager
wechsler@simtech.uni-stuttgart.de



Regina Strammer
Administrative Office
strammer@simtech.uni-stuttgart.de



Dr. Heike Lehmann
Public Relations
lehmann@simtech.uni-stuttgart.de



Dr. Annette Hurst
Coordinator Research
hurst@simtech.uni-stuttgart.de



Dr.-Ing. Maren Paul
Coordinator Study Programmes
paul@simtech.uni-stuttgart.de

IMPRESSUM IMPRINT

Herausgeber/Publisher

Universität Stuttgart
Stuttgart Research Centre
for Simulation Technology
(SRC SimTech)
Exzellenzcluster SimTech
Pfaffenwaldring 7a
70569 Stuttgart
Telefon 0711 685-60111

V.i.S.d.P:

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Ehlers,
SRC SimTech

Übersetzung / Translation

Maureen Meyer, Stuttgart

Konzept und Texte/

Concept and Text

Dr. Heike Lehmann,
SRC SimTech

Gestaltung/Design

blick-7, Mathias Haerberlein

Druck/Print

e. kurz + co, druck und
medientechnik GmbH

Fotos/Pictures

Personenfotos/People:
SimTech/Riegels-Winsauer,
Reutlingen
Standbilder/Freeze frames
S./p. 5 li, 6, 7, 10 : SimTech/
Storz Medienfabrik, Esslingen
Alle weiteren/Others: SimTech



Reiner Dietz
IT Manager
dietz@simtech.uni-stuttgart.de

Cluster of Excellence in Simulation Technology

SRC SimTech
(Stuttgart Research Centre for Simulation Technology)

SimTech – Cluster of Excellence
Pfaffenwaldring 7a
70569 Stuttgart, Germany

Phone +49 (0) 711 685-601 11
info@simtech.uni-stuttgart.de
www.simtech.uni-stuttgart.de



Universität Stuttgart
Germany