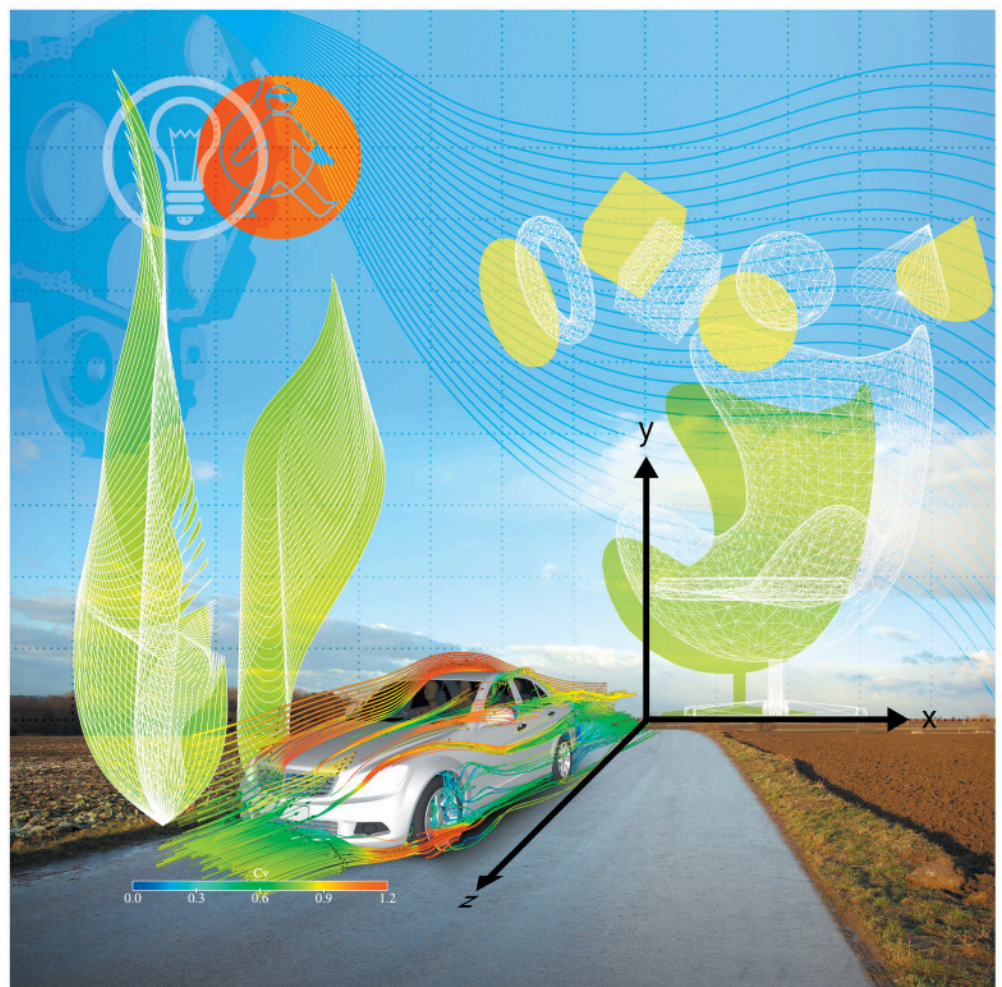


Thomas Döbler

Simulation und Visualisierung in der Produktentwicklung



Thomas Döbler

Simulation und Visualisierung in der Produktentwicklung

Impressum

Herausgeber der FAZIT-Schriftenreihe:

MFG Stiftung Baden-Württemberg
Breitscheidstr. 4, D-70174 Stuttgart
Tel. +49 (0)711/90715-300, Fax +49 (0)711/90715-350

Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH (ZEW)
L 7,1, D-68161 Mannheim
Tel. +49 (0)621/1235-01, Fax +49 (0)621/1235-224

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (Fraunhofer ISI)
Breslauer Straße 48, D-76139 Karlsruhe
Tel. +49 (0)721/6809-0, Fax +49 (0)721/689152

Schutzgebühr € 5,-

ISSN 1861-5066

© MFG Stiftung Baden-Württemberg, Mai 2008 – www.fazit-forschung.de

Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS	3
TABELLEN- UND ABBILDUNGSVERZEICHNIS	4
ABSTRACT	5
1. VIRTUELLE PRODUKTENTWICKLUNG	7
1.1. SIMULATION- UND VISUALISIERUNG.....	9
1.2. EINSATZ VON SIMULATIONS- UND VISUALISIERUNGSTECHNIKEN	13
1.3. BEWERTUNG DER SIMULATIONS- UND VISUALISIERUNGSTECHNIKEN UND BEDEUTUNG FÜR BADEN- WÜRTTEMBERG.....	16
2. VISUALISIERUNGS- UND SIMULATIONSTECHNOLOGIEN IN BADEN-WÜRTTEMBERG ...	19
2.1. BEKANNTHEIT UND EINSATZ VON VISUALISIERUNGS- UND SIMULATIONSTECHNOLOGIEN	20
2.2. EINSATZBEREICHE UND NUTZEN VON VISUALISIERUNGS- UND SIMULATIONSTECHNOLOGIEN	23
2.3. KOOPERATIONSPARTNER BEI DER VERBESSERUNG VON VISUALISIERUNGS- UND SIMULATIONSTECHNOLOGIEN UND STRATEGISCHE BEDEUTUNG DER TECHNOLOGIE.....	26
3. ZUSAMMENFASSUNG	28
LITERATUR UND WEITERFÜHRENDE INFORMATIONEN	30
AUTOREN-, PROJEKT- UND PARTNERINFORMATION	33

Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

Tabelle 1: VORTEILE DURCH DEN EINSATZ VON VISUALISIERUNGS- UND SIMULATIONSTECHNOLOGIEN NACH BRANCHEN UND UNTERNEHMENSGRÖßENKLASSEN ..	25
Abbildung 1: EVOLUTIONSSTUFEN IN DER PRODUKTENTWICKLUNG	8
Abbildung 2: BEISPIEL EINER VISUALISIERUNG MIT 3D-CAD	13
Abbildung 3: VIRTUELLE HILFE FÜR DIE REALE WELT - MODELL DER PRODUKTENTSTEHUNG.....	17
Abbildung 4: BEKANNTHEIT UND EINSATZ VON VISUALISIERUNGS- UND SIMULATIONSTECHNOLOGIEN	22
Abbildung 5: GRÜNDE FÜR DEN NICHEINSATZ VON VISUALISIERUNGS- UND SIMULATIONSTECHNOLOGIEN	23
Abbildung 6: EINSATZBEREICHE VON VISUALISIERUNGS- UND SIMULATIONSTECHNOLOGIEN	24
Abbildung 7: VORTEILE DURCH DEN EINSATZ VON VISUALISIERUNGS- UND SIMULATIONSTECHNOLOGIEN	24
Abbildung 8: KOOPERATIONSPARTNER BEI DER WEITERENTWICKLUNG VON VISUALISIERUNGS- UND SIMULATIONSTECHNOLOGIEN.....	26
Abbildung 9: STRATEGISCHE BEDEUTUNG VON VISUALISIERUNGS- UND SIMULATIONSTECHNOLOGIEN	27

Abstract

Wenn man als Werkzeug nur einen Hammer hat,
sieht jedes Problem wie ein Nagel aus.

Abraham H. Maslow

Piloten trainieren am Simulator, Chirurgen planen an 3D-Grafiken einen Eingriff, Chemiker designen neue Moleküle, Klimaforscher simulieren die Folgen des Klimawandels und Architekten testen die Veränderungen von Luftströmungen durch große Gebäude: Die Möglichkeiten physikalische Zustände am Computer zu simulieren und dann auch noch „begreifbar“ abzubilden, zu visualisieren hat die Formen des Erkennens wie auch des Arbeitens in vielen Bereichen auf eine neue Grundlage gestellt. Auch in die Produktion und in die Entwicklung von Produkten haben die Simulations- und Visualisierungstechnologien Einzug gehalten. Konstrukteure testen das Crashverhalten von Fahrzeugen, Oberflächenformen und Materialstrukturen werden hinsichtlich Funktionalität, Haltbarkeit, Stabilität oder Verformbarkeit geprüft. Prozesse und Abläufe, die in der Realität nicht sichtbar und versteckt oder zu schnell ablaufen, werden „sichtbar“ und verständlich gemacht. Die traditionellen Vorgehensweisen von Versuch und Irrtum werden damit durch realitätsnahe Computersimulationen und -visualisierungen ersetzt.

Die Vorzüge der Nutzung dieser Technologien sind Kosteneinsparungen, vor allem aber eine Beschleunigung des Entwicklungsprozesses sowie die Verbesserungen der Qualität von Produkten – dies ist Ergebnis der hier vorgestellten FAZIT-Unternehmensbefragung. Allerdings belegt die FAZIT-Unternehmensbefragung von mehr als 800 Unternehmen verschiedener Branchen in Baden-Württemberg auch, dass den zahlreichen Einsatzmöglichkeiten von Visualisierungs- und Simulationstechnologien eine vergleichsweise geringe Anzahl tatsächlicher Implementierungen entgegensteht. Sowohl mangelnde Information als auch teilweise noch unzureichende Akzeptanz bremsen in den untersuchten Branchen des IT und Mediensektors, des verarbeitenden Gewerbes und der technischen Dienstleister eine noch breitere Nutzung von Simulationen der Realität und Visualisierung von Simulationsdaten. Vor allem kleinere Unternehmen weisen hier noch Nachholbedarf auf.

Die Unternehmen, die bereits Simulations- und Visualisierungstechnologien einsetzen, zeigen sich dagegen rundum überzeugt hiervon, und gehen mehrheitlich von einer noch weiter wachsenden Bedeutung dieser Technologien in ihren Unternehmen aus. Die häufigsten Einsatzgebiete der Simulations- und Visualisierungstechnologien liegen dabei in den Bereichen der Konstruktion und des Designs, gefolgt vom Einsatz in der Forschung und Entwicklung und dann der Produktion; aber auch in der Planung, für die Optimierung von Prozessen oder im Marketing finden sich die Technologien bei den befragten Unternehmen eingesetzt.

Die nachweisbaren Vorteile sowie auch die Möglichkeiten der unternehmensübergreifenden Kooperation, was nicht nur, aber in besonderem Maße für kleinere Unternehmen den Zugang zu diesen Technologien erleichtern dürfte, können als Treiber einer weiteren Diffusion von Visualisierungs- und Simulationstechnologien gesehen werden. Eine schnelle Diffusion und eine konsequente Nutzung dieser Technologien ist für eine Region wie Baden-Württemberg besonders wichtig und zukunftsweisend, um

die stark industriell geprägten Wirtschaft als Innovations- und Qualitätsführer im weltweiten Standortwettbewerb weiterhin gut zu behaupten und damit Wachstum und Beschäftigung für das Land zu sichern.

1. Virtuelle Produktentwicklung

Um im globalen Wettbewerb bestehen zu können, müssen Unternehmen immer schneller neue innovative Produkte entwickeln. Gefordert sind kürzere Zeiten von der Entwicklung bis zur Vermarktung.¹ Hinzu tritt, dass die zunehmende informationstechnische Durchdringung aller industriellen und privaten Bereiche eine immer größer werdende Markttransparenz für private Kunden und Unternehmen bewirkt – und dies unabhängig von regionalen Grenzen. Neben dem hierdurch bedingten Kosten- und Zeitdruck auf die Hersteller führt dies auch zu einem wachsenden Qualitätsbewusstsein der Kunden.² In Verbindung mit steigenden Produkthanforderungen des Gesetzgebers werden die Unternehmen daher mit immer höheren Erwartungen an die Qualität ihrer Produkte konfrontiert.³ In einer solchen Wettbewerbssituation sind die Unternehmen nur dann in der Lage, auf Dauer erfolgreich zu agieren, wenn sie Waren oder Dienstleistungen für Kunden und Konsumenten anbieten können, die durch Beschaffenheit, Lieferzeit und Preis genügend Kaufanreiz auslösen.⁴ Vor diesem Hintergrund wachsen vor allem die Anforderungen an die Produktentwicklung sowie die bereits dort einzusetzenden Qualitätstechniken erheblich⁵:

„Die Zeiten, als dem begnadeten Konstrukteur plötzlich die zündende Idee kam, er sie spätabends im Wirtshaus auf dem Bierdeckel skizzierte und daraus ein Welterfolg wurde, scheinen endgültig vorbei zu sein. Man mag dies bedauern, aber spätestens vor dem Hintergrund der immer teurer werdenden Produkteinführungskosten verbunden mit den Risiken millionenschwerer Produkthaftungsklagen wird klar, dass nicht mehr nur das Ergebnis zählt, sondern vor allem auch, wie man dorthin gelangt ist. Oder anders ausgedrückt, der Produktentstehungsprozess als solcher wird zunehmend zum Unterscheidungsmerkmal und damit zum Wettbewerbsvorteil.“⁶

Die Produktentwicklung umfasst innerhalb des Produktentstehungsprozesses im Wesentlichen die Phasen Produktplanung, Produktkonstruktion und Produktionsvorbereitung und bezeichnet alle Vorgänge zur Erarbeitung einer Lösung für ein neues oder verbessertes Produkt. Für eine erfolgreiche Produktentwicklung ist die Verfügbarkeit sämtlicher entwicklungsrelevanter Informationen und Erfahrungen des Produktlebenszyklusses von entscheidender Bedeutung. In der frühen Phase der Produktentstehung, der Produktentwicklung, werden viele der für die spätere Qualitätsbewertung des Produktes durch den Kunden relevanten Faktoren, wie Funktion, Design und Kosten, in hohem Umfang festgelegt. Lösungsansätze zur Verbesserung von Effek-

¹ Vgl. Düchting 2005, S. 1; Niesing 2001, S. 19.

² Krause 1998, <http://www.uni-protokolle.de/nachrichten/id/42677> [22.02.08]

³ Vgl. Meyer-Bachmann 2008, S. 1

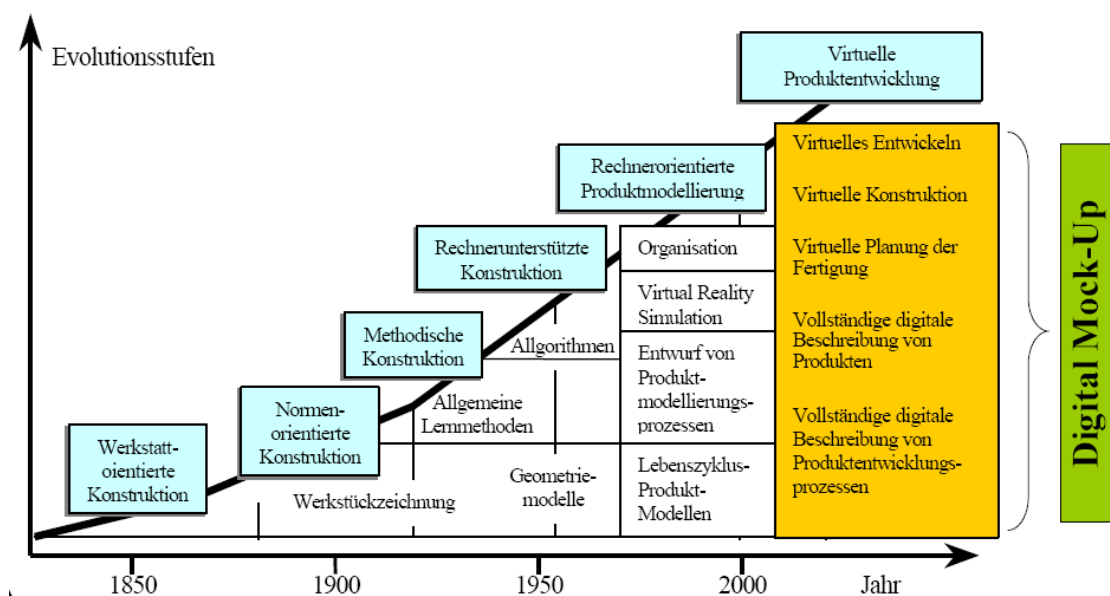
⁴ Vgl. Edler 2001, S. 1

⁵ Vgl. Niesing 2001, S. 19.

⁶ Stahuber 2004, S. 32.

tivität und Effizienz der Produktentwicklung bietet die Einführung und der Einsatz neuer Strategien und Methoden der modernen Produktentwicklung.⁷ Der allgemeine Trend zur Digitalisierung erfordert die Entwicklung neuer Werkzeuge für die Produktentwicklung, um beispielsweise entwicklungsrelevante Informationen aus der Produktion verfügbar zu machen, und damit der Vision einer digitalen Fabrik näher zu kommen.⁸ Das Ziel von der ersten Planung über die Konstruktion bis hin zum Fertigungsanlauf sämtliche Daten des Produkts durchgehend digital abzubilden – und das am besten noch über Unternehmensstandorte und -grenzen hinweg – konnte bislang jedoch erst ansatzweise realisiert werden. Doch auch wenn die Produktdaten meist noch nicht von der ersten Planung bis zum Prototyp durchgängig und „fließend“ digital weitergereicht werden, so haben die Fortschritte in den Simulations- und Visualisierungstechnologien dazu beigetragen, dass in den letzten Jahren mehr und mehr Firmen diese Technologien vor allem in der Phase der Produktkonzeption und -modellierung einsetzen, um damit die Produktentwicklung sowohl zeitlich zu beschleunigen als auch qualitativ zu verbessern.⁹

Abbildung 1: Evolutionsstufen in der Produktentwicklung



Quelle: Krause 2003

Im Maschinenbau etwa stützt sich der traditionelle Konstruktionsprozess üblicherweise auf die Erfahrungen von vorhergehenden Maschinengenerationen. Zunächst wird mit Hilfe dieser Erfahrungen ein Prototyp erstellt und anschließend getestet. Weitere Verbesserungen sind in der Folge nur noch auf der Basis des Prototyps möglich und werden unter dem Druck kurzer Entwicklungszeiten oftmals erst in der Serienproduktion bzw. beim Kunden vor Ort vorgenommen. So führt dieser Konstruktionsprozess häufig nur zu geringen Verbesserungen, letztendlich

⁷ Weißenberger 2007, S. 1.

⁸ Forschungszentrum Karlsruhe, http://www.produktionsforschung.de/fzk/idcplg?IdcService=PFT&node=2292&T=TF_DESC&ID=49 [22.02.08].

⁹ Vgl. CAD-Lexikon 2007.

aber zu einer sehr teureren und zeitaufwändigen Produktentwicklung. Will man die Qualität und Funktionalität der Maschinen erhöhen und gleichzeitig den Entwicklungsprozess effizienter und kostengünstiger zu gestalten, liegt die mögliche Lösung in der Ergänzung des traditionellen Konstruktionsprozesses durch den Einsatz moderner rechnergestützter Entwicklungsinstrumente. Hierunter versteht man CAE-Werkzeuge, wie 3D-CAD-Systeme, Simulationsprogramme und spezielle Programme zur Erzeugung und zur Auswertung der numerischen Modelle. Die Kombination aus numerischer Simulation und Validierung der Ergebnisse anhand der Messung am Prototypen geben den Konstrukteuren und Entwicklern die notwendige Sicherheit und lassen Variationsrechnungen und Verbesserungen zu einer sehr frühen Projektphase am digitalen Prototypen möglich und schnell realisierbar werden. Zur Verbesserung der Produktqualität und zur Geschwindigkeitssteigerung im Konstruktionsprozess ist der Einsatz von numerischen Optimierungsverfahren außerordentlich hilfreich. Hierbei werden auf der Basis der numerischen Simulation vom Rechner automatisch „systematische und geordnete“ Lösungsvarianten simuliert und die besten Ergebnisse validiert – und die Konstrukteure erhalten neue, noch nicht diskutierte Lösungsvorschläge.¹⁰

1.1. Simulation- und Visualisierung

Diskutiert werden rechnergestützte bzw. -unterstützte Konstruktionen und Entwicklungen unter Schlagworten wie „virtuelle Produktentwicklungen“ oder „digitaler Produktentstehungsprozess“. Die virtuelle Produktentwicklung umfasst die Simulation und Animation aller Phasen des Produktlebens unter weitgehendem Verzicht auf physikalische Objekte sowie die Einbeziehung neuer Verfahren und Werkzeuge der Visualisierung.¹¹ Der Einsatz erfolgt dabei idealerweise nicht nur im eigenen Unternehmen, sondern integriert auch Kunden und Zulieferanten. Indem Anwender mittels innovativer Werkzeuge zur Produktgestaltung und -optimierung sowohl beim konzeptionellen Entwurf als auch bei der Detailverbesserung durchgehend in die Entwicklungskette integriert werden, gelingt es den Unternehmen, ihre Produktpalette den individuellen Wünschen der Kunden anzupassen und dennoch die Teilevielfalt zu reduzieren.¹² Werden zudem Dienste und Werkzeuge externer Anbieter und Partner in Anspruch genommen, begünstigt dies die Bildung und den Betrieb virtueller Unternehmen, was insbesondere kleineren und mittleren Unternehmen verhilft, neue Märkte zu erschließen, denn durch die Bündelung der Einzelkompetenzen können sie sich auch um große und komplexe Aufträge weltweit bewerben.

In dem schon 1998 vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) aufgelegten Leitprojekt „Integrierte Virtuelle Produktentwicklung“ (IVIP) wurden die zu entwickelnden Werkzeuge in der verteilten Produktentwicklung sehr breit gesehen: Neben der expliziten Unterstützung der frühen Phasen im Entwurfsprozess decken sie auch Rapid Prototyping / Rapid Tooling-Hilfsmittel, also Verfahren zur schnellen Herstellung von Musterbauteilen, ab sowie Werkzeuge zur Optimierung. Ergänzt werden diese durch computergestützte Versuchsmodelle,

¹⁰ Vgl. Sauter, Mulfinger 1998, S. 4.

¹¹ Vgl. Endres, Oberschelp 1998, S. 17.

¹² Vgl. Sauter, Mulfinger, 1998, S. 26.

sogenannte Digital Mock-Ups (DMU), und spezielle Simulationsprogramme, die sich u.a. fortgeschrittener VR-Methoden (VR = Virtual Reality) bedienen.¹³ Auch wenn der Grundgedanke, dass während des ganzen Produktionsprozesses ein Digitaler Master existiert, d.h. das Produkt digital geplant, konstruiert und getestet und auch die Fertigung komplett virtuell simuliert wird, bislang noch nicht realisiert werden konnte, sind doch vor allem in den Prozessen der Produktionsentwicklung und -entstehung digitale Methoden heute in vielen Bereichen Standard. So werden etwa in der Automobilindustrie schon seit einiger Zeit Anwendungen verwendet, um dem Designer einen realistischen Eindruck seines Entwurfs zu ermöglichen. Im Gegensatz zu physikalischen Prototypen lassen sich Änderungen hier schnell durchführen und sofort sichtbar machen. Das Modell wird dabei in einem CAVE¹⁴ dargestellt und dadurch für den Designer real vorstellbar;¹⁵ die Virtuelle Realität in der CAVE bietet Entwicklern die Chance, schnell und effektiv zu arbeiten.¹⁶

1.1.1. Simulation

Unter Simulation wird die Nachbildung, die Imitation von Vorgängen und Abläufen in einem experimentierfähigen Modell verstanden: Ziel ist es dabei, zu Erkenntnissen zu gelangen, die auf die Wirklichkeit übertragbar sind. Grundlage jeder Simulation ist ein Simulationsmodell, wobei hier unterschieden wird zwischen deterministischen, auf exakten Werten basierenden Modellen und stochastischen Modellen, die auch zufallsunabhängige Größen berücksichtigen. Simulation meint also die Nachbildung eines realen Objekts oder Vorgangs als Modell und die Nutzung dieses Modells an Stelle des Originals.¹⁷

Ausgangspunkt einer Simulation ist die Beschreibung eines physikalischen Problems, wie beispielsweise eines Verbrennungsvorgangs in einem Gasbrenner, durch ein mathematisches Modell, durch das dieses, je nach Komplexität der Modellierung, mehr oder weniger exakt charakterisiert ist. Das mathematische Modell, das sich durch ein System linearer oder häufiger nicht-linearer partieller Differentialgleichungen darstellt, ist meist nur in wenigen einfachen Fällen analytisch lösbar. Man behilft sich deshalb numerisch durch eine sogenannte Diskretisierung¹⁸, wobei die wichtigsten Diskretisierungsverfahren

- die Finite Differenzen Methode,
- die Finite Element Methode und
- die Finite Volumen Methode

sind. Während die Finite Differenzen Methode bis Ende der 1980er Jahre die größte Verbreitung hatte, wird seitdem mehr und mehr den beiden anderen Methoden der Vorzug gegeben, nicht zuletzt dadurch, dass komplexere Geometrien wesentlich flexibler gehandhabt werden

¹³ Vgl. Sauter et al. 2000, S. 3.

¹⁴ Der Begriff CAVE steht als Kurzform für ‚Cave Automatic Virtual Environment‘ und bezeichnet einen Raum zur Projektion einer dreidimensionalen Illusionswelt der virtuellen Realität.

¹⁵ Metz 2004, S. 3.

¹⁶ Vgl. zu CAVE-Abbildungen etwa <http://www.vdc-fellbach.de>.

¹⁷ Vgl. IT Wissen 2008.

¹⁸ Schlageter 2000, S. 27; vgl. ausführlicher zu Diskretisierung ebenfalls Schlageter 2000, S. 27 f.

können.¹⁹

Die Gründe für den Einsatz von Simulationen sind vielfältig und können folgendermaßen zusammengefasst werden:²⁰

- Eine Untersuchung am realen System ist aufwändig und teuer, u.U. ethisch bedenklich oder auch zu gefährlich. Beispiele hierfür sind u.a.
 - Fahr Simulator
 - Flugsimulator zur Pilotenausbildung, Nachstellung kritischer Szenarien
 - Crashtest
 - Simulation von Fertigungsanlagen vor einem Umbau
- Das reale System existiert (noch) nicht, also beispielsweise Windkanalexperimente mit Flugzeugmodellen, bevor das Flugzeug gefertigt wird.²¹
- Simulation in der medizinischen, insbesondere der chirurgischen Ausbildung, da ein „Training“ am Patienten ethisch nur sehr eingeschränkt vertretbar ist.
- Das reale System lässt sich nicht direkt beobachten,
 - z.B. einzelne Moleküle in einer Flüssigkeit oder auch astrophysikalische Prozesse oder
 - das reale System arbeitet zu schnell und wird deshalb simuliert (z.B. die Simulation von Schaltkreisen).
 - Schließlich kann das reale System auch zu langsam arbeiten, wie etwa geologischer Prozesse.
- Für Experimente kann ein Simulationsmodell wesentlich leichter modifiziert werden als das reale System (z.B. Modellbau in der Stadtplanung).
- Die Experimente lassen sich exakt reproduzieren.
- Das reale System ist unverstanden oder sehr komplex; so können etwa bei der Auswertung wissenschaftlicher Experimente die Ergebnisse mittels Simulation oftmals erst interpretierbar gemacht werden.

1.1.2. Visualisierung

„Was nützt die beste Simulation, wenn die Ergebnisse nicht so präsentiert werden können, dass sie der Kunde versteht.“²² Erst die Möglichkeiten einer realitätsnahen, einer einfachen und verständlichen Visualisierung werden auch kleinere Unternehmen dazu bringen, verstärkt Simulationstechniken zu nutzen.²³ Bei der Visualisierung geht es im Grunde also um die Schaffung eines „informationellen Mehrwerts“, um eine Veredelung von Wissen etwa durch eine adäquate Form der Wissenspräsentation. Denn Daten werden erst dann zur Information, wenn sie helfen ein Problem zu lösen oder eine Entscheidung zu treffen. Aus den vorhandenen Datenmengen müssen daher die gewünschten Daten extrahiert und adäquat aufbereitet werden.²⁴

Unter Visualisierung versteht man die bildliche Darstellung komplexer Datenbestände. Durch

¹⁹ Schlageter 2000, S. 27

²⁰ Vgl. hierzu Wikipedia 2008, Simulation [31.03.08]; Hartmann 1996, S. 78 ff.

²¹ Vgl. hierzu auch Fraunhofer Magazin 1, 2001, S. 6 ff.

²² Fraunhofer Magazin 1, 2001, S. 9.

²³ Vgl. Fraunhofer Magazin 1, 2001, S. 9 f.

²⁴ Vgl. Kuhlen 1991, S. 62.

die Veranschaulichung von Messungen oder Simulationen werden abstrakte Daten für den Menschen erfahrbar und können interpretiert werden.²⁵ Visualisierung bezeichnet also die bildliche Aufbereitung, Darstellung und Kommunikation von Information sowie die visuelle Wahrnehmung (Sehen) und Vorstellung (Imagination).²⁶ Umfasst der Begriff grundsätzlich alle Arten bildlicher Repräsentation und Sichtbarmachung, meint er im hier verwendeten Kontext die zielgerichtete Transformation von Daten in ein sichtbares Bild zur Unterstützung der Exploration, Kognition und Erklärung von Strukturen und Prozessen. Visualisierung ist damit eine wichtige Methode für den wissenschaftlichen Erkenntnisprozess und zugleich ein Verfahren zur raschen Übermittlung komplexer Informationen von Fachanwendern an Interessenbeteiligte.²⁷ Schlagworte wie „visuelles Denken“, „visuelle Kommunikation“, Kreativität durch „visuelles Brainstorming“ oder „Virtuelle Realität“ sind Indiz für die in den letzten Jahren gestiegene Bedeutung der Visualisierung.²⁸

Die computergestützte Generierung bildhafter Darstellungen aus (alpha-)numerischen Daten kann grundsätzlich für beliebige Objekte (z.B. Gebäude, Maschinen-Bauteile, statistische Daten, Landschaften etc.) eingesetzt werden und so finden sich computergraphische Methoden heute schon z.B. in den Bereichen Architektur, Design, Medizin, Maschinenbau, Wirtschaftswesen, in den verschiedenen Geowissenschaften oder der Planung im Einsatz. Die Grundaufgabe der Computer-Graphik besteht in der Transformation computerbasierter Repräsentationen realer oder imaginärer Objekte in eine bildhafte Darstellung. Die graphische Darstellung muss dabei so konzipiert werden, dass die hinter den (alpha-) numerischen Daten stehende Information in der Graphik spontan wahrgenommen und im gewünschten (richtigen) Sinne verstanden wird (visuelle Perzeption, Erfassung des relevanten Sachverhaltes mit einem Blick).²⁹

In der Anfangszeit des CAD-Einsatzes dachte man bei der Ausgabe des Konstruktionsergebnisses ausschließlich an die technische Zeichnung. Heute spielt die Visualisierung des CAD-Modells eine immer größere Rolle. Deshalb werden CAD-Programme mit leistungsfähigen Funktionen zur graphischen Aufbereitung von CAD-Daten ausgestattet. Mit diesen können neben technischen Graphiken für Spezialisten, auch fotorealistische Darstellungen von der Konstruktion ausgegeben werden. Visualisierungen von CAD-Graphiken werden für unternehmensinterne Prozesse (z.B. technische Dokumentation, Informationen für den Vertrieb) sowie für externe Informationsflüsse in der Kunden-Lieferanten-Beziehung (z.B. Kataloge, Montageanweisungen, Produktinformationen) benötigt.³⁰

²⁵ Vgl. Schlageter 2000, S. 25.

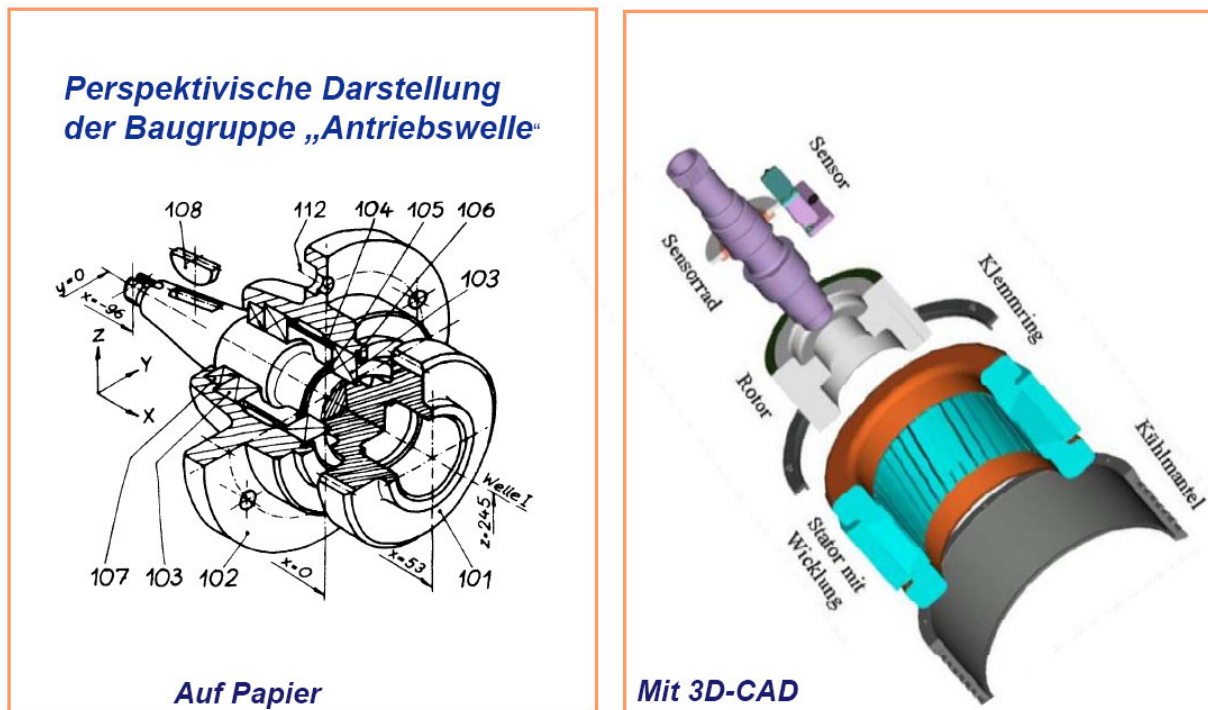
²⁶ Vgl. Youn-Ju Ko Hoang 2000, S. 56

²⁷ Vgl. Plank 2003, 7 ff.

²⁸ Als Basiswerke der Informationsvisualisierung, die maßgeblich zur Etablierung als wissenschaftliche Disziplin beigetragen haben, zählen vor allem Bertin (1982) ‚Grafische Verarbeitung von Informationen‘ sowie Tufte (1983) ‚The visual Display of Quantitative Information‘.

²⁹ Vgl. <http://ifgivor.uni-muenster.de/vorlesungen/Geoinformatik/kap/> [03.04.08].

³⁰ Vgl. CAD Lexikon, Visualisierung [29.02.08]

Abbildung 2: Beispiel einer Visualisierung mit 3D-CAD

Quelle: Schließer, Schindwein, Steinhilper 1989

Computergraphik und Visualisierung bilden heute ein weites informationswissenschaftliches Feld, das zahlreiche Nischen und Unterbereiche umfasst – an dieser Stelle soll ein Verweis auf die diversen Verfahren etwa für fotorealistische Computergraphik wie Ray-Tracing-Techniken, Forward- und Backward-Mapping, Verfahren zur Volumenvisualisierung oder, besonders wegweisend, die virtuellen Realitäten genügen.³¹

1.2. Einsatz von Simulations- und Visualisierungstechniken

Visualisierungs- und Simulationstechnologien werden eingesetzt, um am Computer virtuell z.B. neue Produkte zu entwickeln und deren Eigenschaften zu prüfen. Der Vorteil besteht darin, dass man vergleichsweise zeit- und kostengünstig Prototypen erstellen und testen kann, ohne physische Versuchsmodelle anfertigen zu müssen. Ferner lassen sich Qualitätsverbesserungen erzielen und Fehlerraten reduzieren. Beispiele für diese Technologien sind CAD- (Computer Aided Design) und Virtual-Reality-Systeme. So kann z.B. durch eine VR-Simulation relevanter oder aller Baugruppen die fertigungstechnischen Freiräume wesentlich besser dargestellt werden als an einem PC-Bildschirm. Die Bauteile können dreidimensional bewertet werden und vor einer Simulationswand können alle Beteiligten (Designer, Konstrukteure, Bearbeiter etc.) direkt miteinander arbeiten. Ergebnisse werden sofort umgesetzt und durch die 3D-Technologie hat man ein reales Bild vor Augen, sodass in dieser Phase keine

³¹ Vgl. Schlageter 2000, 2. 25.

weiteren Prototypenteile nötig sind. Durch die 3D-Visualisierung und Computersimulation im Entwicklungsprozess können also bereits erste Erkenntnisse gesammelt, analysiert und ggf. optimiert werden, bevor der erste Prototyp oder Werkzeuge für die Produktion entstehen.³² Die Aufgabe eines optimalen VR-Systems besteht darin, die menschlichen Sinne derart zu stimulieren, dass sich die Nutzer vollkommen in die Virtuelle Realität integriert fühlen. Somit ist „virtuelle Realität“ im Grunde eine weiterentwickelte Mensch-Maschine-Schnittstelle, deren Ziel es ist, eine künstliche Welt zu schaffen, die von der realen Welt im Idealfall nicht zu unterscheiden ist.³³ Die Nutzer können sich in dieser virtuellen Welt bewegen, sie können Objekte inspizieren und verändern.³⁴

Die größte Akzeptanz innerhalb der Industrie genießen Visualisierungs- und Simulationstechnologien im Fahrzeugbau. Dort gibt es seit Jahren den Trend, im Entwicklungsprozess statt kostspieliger physikalischer Prototypen verstärkt digitale Produktdatenmodelle zu verwenden. Durch Visualisierungs- und Simulationstechnologien lassen sich im Rahmen der Produktentwicklung z.B. Designalternativen schneller bewerten und modifizieren. Das Fraunhofer Institut für Graphische Datenverarbeitung (IGD) entwickelte in Zusammenarbeit mit der Autoindustrie beispielsweise einen virtuellen Windtunnel, mit dessen Hilfe virtuelle Modelle auf Luftwiderstände und Turbulenzen an der Karosserie getestet werden. Durch die Verwendung digitaler Produktdatenmodelle gewinnt auch die Durchführung digitaler Crashtests an Bedeutung. Die beträchtlichen Einsparungen an Kosten, wenn z.B. bei Tests die Verschrottung physisch realer Autos eingespart werden kann, sind offensichtlich. Zudem lässt sich durch die detaillierte physikalische Simulation jedes einzelnen Bauteils innerhalb des Crash-Fahrzeugs auch das Verhalten einzelner Bauteile während des Crashes isoliert analysieren. Und schließlich kann der Crash aus beliebigen Positionen, etwa aus der Vogelperspektive oder dem Motorinnenraum, betrachtet und bewertet werden.³⁵

Auch im Rahmen des Marketing bietet sich der Einsatz von Visualisierungstechnologien an, so etwa für Produkttests in sogenannten Car Clinics, um z.B. virtuelle Beurteilungsvorlagen frühzeitig von Testpersonen bewerten zu lassen. Dagegen liegen die Potenziale von Visualisierungstechnologien im Verkauf insbesondere in der Präsentation von zahlreichen Produktvarianten, z.B. verschiedener Ausstattungen und Farben eines PKW, auf eingeschränktem Verkaufs- und Präsentationsraum.³⁶

Ein frühes – nämlich aus den 1990er Jahren – und dadurch sehr prominent gewordenes Beispiel für einen verkaufsunterstützenden Einsatz von Visualisierungs- und Simulationstechnologien aus einer gänzlich anderen Branche stammt aus der Möbelindustrie: Schon damals ermöglichte der japanische Konzern Matsushita die virtuelle Zusammenstellung einer Wunschküche, die der Kunde auf der Basis des Grundrisses seiner eigenen Küche gestalten konnte. Sowohl

³² Vgl. Mohrmann 2006, S. 13.

³³ Vgl. VDC, <http://wiki.aki-stuttgart.de/mediawiki/index.php/VDC> [01.04.08].

³⁴ Brunnett, Lorenz, Wagner http://www.tu-chemnitz.de/informatik/GDV/forschung/doc/mi_prof_publik_134 [04.04.08].

³⁵ Metz 2004, S. 3.

³⁶ Vgl. Decker, Bödeker, Franke 2002.

die Ausstattungselemente als auch deren Positionierung waren und sind dabei frei wählbar. Ein ähnliches Beispiel ist aus der Kooperation des Büromöbelherstellers WINI mit dem Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO) hervorgegangen.³⁷

Anwendungen von Visualisierungs- und Simulationstechnologien finden sich auch im Maschinen- und Anlagenbau.³⁸ Im Bereich der Planung und Konstruktion von Großanlagen kann das Zusammenwirken zahlreicher Maschinenbaumodule durch die VR-gestützte Visualisierung besser organisiert werden. Durch das Verständlichmachen von Prozessen und Abläufen von in der Realität unsichtbaren, versteckten oder sehr schnellen Vorgängen können beispielsweise Konstruktionsfehler frühzeitig erkannt und in der Folge kostspielige nachträgliche Umbauten vermieden werden.

Eine der ältesten Anwendungen der computergestützten Visualisierung ist die Visualisierung von medizinischen Volumendaten.³⁹ Die Methoden zur plastisch wirkenden und qualitativ hochwertigen Visualisierung medizinischer Volumendaten wurden bereits in den 80er Jahren entwickelt. Seit Mitte der 90er Jahre werden spezielle Methoden für klinische Anwendungen entwickelt. Die Visualisierung wird dabei häufig mit einer Bildanalyse kombiniert, in deren Ergebnis z.B. die relevanten Objekte identifiziert und abgegrenzt werden bzw. mehrere Datensätze aufeinander abgebildet und vergleichbar gemacht werden. Zu den Zielen des klinischen Einsatzes von Visualisierungstechniken gehört die Unterstützung von Therapieentscheidungen. Beispiele sind die Frage der Operabilität bzw. des Ausmaßes des geplanten Eingriffes bei der Behandlung von Krebserkrankungen sowie das zu erwartende kosmetische Ergebnis bei plastischen Operationen z.B. nach Unfällen. Zunehmend spielt aber die Nutzung von Visualisierungstechniken auch während eines Eingriffes eine bedeutsamer werdende Rolle. Dabei wird versucht, dem Operateur Informationen über die Lage von Instrumenten in Relation zu wichtigen Strukturen zu vermitteln. Optische oder magnetische Sensoren liefern dabei die notwendige Information über Position und Orientierung von Instrumenten.

Preim, Peitgen fassen die Aufgaben der medizinischen Visualisierung folgendermaßen zusammen:⁴⁰

- Darstellung und Exploration relevanter Strukturen des konkreten Patienten⁴¹
- Veranschaulichung der Topologie von baumartigen Strukturen (Gefäßbäume, Nerven)⁴²
- Hervorhebung von Objekten⁴³

³⁷ Vgl. Geist, Popp 1998, S. 33 ff.

³⁸ Vgl. Weißenberger 2007, S. 10 f.

³⁹ Vgl. hier und im Folgenden vor allem Preim, Peitgen 2004, S. 1 ff.

⁴⁰ Preim, Peitgen 2004 S. 3.

⁴¹ Für Diagnostik und Therapieplanung ist eine anschauliche Darstellung von krankhaften Veränderungen und umgebenden Strukturen wesentlich. Diese Darstellung muss allerdings mit bestimmten Kontextinformationen kombiniert werden, z.B. um die Lage dieser Strukturen in Relation zum Skelett zu veranschaulichen.

⁴² Für die Planung von Interventionen und Operationen ist das Verständnis der bei jedem Patienten individuellen Verzweigungsstruktur von Gefäßbäumen und Nerven wesentlich, um vor der Operation erkennen zu können, welche abhängigen Teile eines Gefäßbaumes von der Schädigung eines Gefäßtests betroffen sind.

⁴³ In Softwaresystemen für die medizinische Ausbildung wie auch in Therapieplanungssystemen, steht eine Liste von Objekten, die anatomische Strukturen bzw. identifizierte krankhafte Veränderungen repräsentieren, zur Verfügung. Einzelne Objekte auszuwählen und als Rückkopplung in einer 3D-Visualisierung hervorzuheben, erweist sich insbesondere dann als

- Quantitative Analyse der räumlichen Verhältnisse⁴⁴
- Virtuelle Resektion⁴⁵

Die Entwicklung von Methoden zur Analyse und Visualisierung radiologischer Bilddaten schreitet weiter voran, insbesondere die Integration und Fusion mehrerer Bilddaten eines Patienten, die Darstellung von funktionellen Informationen auf Basis von nuklearmedizinischen Verfahren und die Veranschaulichung dynamischer Prozesse, wie z.B. der Verteilung eines Kontrastmittels.⁴⁶ Bei dem im Jahr 2008 gestarteten, vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie auf drei Jahre geförderten Forschungsprojekt „Sinus“ ist es das Forschungsziel, insbesondere für die plastische Chirurgie Möglichkeiten einer exakten 3D-Darstellung und -Operationsplanung zu entwickeln und damit zum Nutzen von Patient und Arzt Körperteile in ihrer ganzen Komplexität fehlerfrei wiedergeben zu können.⁴⁷

1.3. Bewertung der Simulations- und Visualisierungstechniken und Bedeutung für Baden-Württemberg

Ob in Medizin, Architektur oder Industrie eingesetzt, zusammenfassend kann festgehalten werden, dass ausgehend von Erfahrungen und Erkenntnissen, die in der realen Welt gewonnen werden, theoretische bzw. statistische Modelle entwickelt werden, um dann mit Hilfe von Simulations- und Visualisierungstechnologien Zusammenhänge – im wahrsten Sinne des Wortes – zu veranschaulichen, was wiederum das Handeln in der realen Welt beeinflusst. So sollen etwa in der Industrie neue Produkte nicht nur kostengünstig und schnell bei gleichzeitig hoher Qualität entwickelt werden, sondern auch spezifische Anforderungen wie Stabilität, Haltbarkeit, Frequenzsteifheit oder ein geringes Gewicht aufweisen. Um diese Ziele zu erreichen, leisten die Simulations- und Visualisierungstechnologien einen wichtigen Beitrag – in der nachfolgenden Abbildung ist der Prozess hierfür von der Konzeption bis hin zum Test des erstellten Prototypen exemplarisch aufgezeigt.

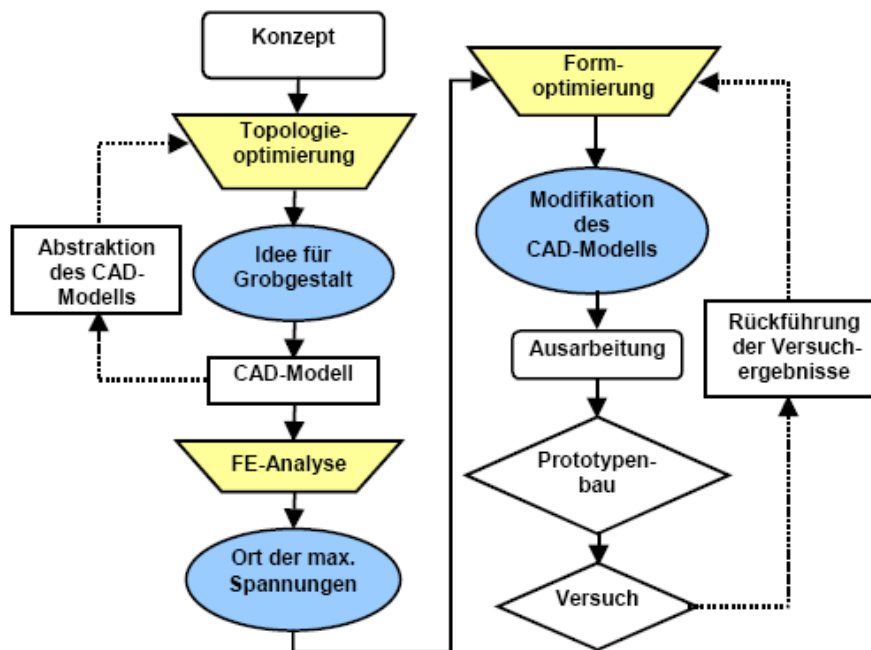
schwierig, wenn die Objekte nicht sichtbar sind.

⁴⁴ Die Veranschaulichung anatomischer und pathologischer Strukturen bietet für viele therapeutische Fragestellungen keine ausreichende Unterstützung. Die Kombination mit einer Vermessung hinsichtlich von Abständen, Winkeln und Größenverhältnissen ist wesentlich.

⁴⁵ So ist es zur Vorbereitung eines Eingriffes hilfreich, die Resektion am Modell auszuprobieren. Dabei geht es nicht um die Nachbildung von Schneidvorgängen, sondern um eine praktikable Methode, um das Resektatvolumen zu spezifizieren.

⁴⁶ Vgl. Preim, Peitgen 2004 S. 4.

⁴⁷ Vgl. Wagner 21.04.08

Abbildung 3: Virtuelle Hilfe für die reale Welt - Modell der Produktentstehung

Quelle: Löffel, C. 1998, nach Sauter, Mulfinger 1998, S. 21

Obwohl die Potenziale von Visualisierungs- und Simulationstechnologien schon seit vielen Jahren wissenschaftlich herausgestellt werden und sich im Rahmen zahlreicher praktischer Anwendungen zeigte, dass deren Einsatz etwa im Entwicklungsprozess den Aufwand für Kosten und Zeit teilweise mehr als halbieren kann⁴⁸, ist eine breite Diffusion der Technologie bislang noch nicht erfolgt. Zudem fällt ein Ungleichgewicht in der Anzahl der Anwendungen in den einzelnen Wirtschaftszweigen⁴⁹ sowie eine Dominanz der VR-Nutzung für Zwecke der Forschung und Entwicklung auf. Und schließlich lässt sich auch für das Jahr 2008 weiterhin festhalten, dass nach wie vor primär große Unternehmen solche Projekte durchgeführt haben.⁵⁰ Ein wesentlicher Grund hierfür ist, dass der Aufwand einer Simulationsuntersuchung auch mit den heute verfügbaren Softwareprogrammen immer noch sehr hoch ist: So erfordern selbst weniger aufwändige Simulationsuntersuchungen in der Regel mehrere Wochen an Zeitaufwand. Das verhindert oftmals die konsequente Anwendung der Simulation und somit auch ein großes Potenzial an Verbesserungen, die durch deren Einsatz möglich wären.⁵¹ Dabei liefern die Simulations-Techniken bereits heute sehr präzise und korrekte Ergebnisse, sodass sich komplett virtuelle Simulationen, insbesondere dort, wo es um physikalische Herausforderungen geht, zuverlässig durchführen lassen. So können z.B. einzelne Bauteile beliebig intensiv auf ihre Tauglichkeit und Verträglichkeit gegenüber anderen Bauteilen getestet werden oder es

⁴⁸ Vgl. Gierse 2006, S 8 f.

⁴⁹ Bekannt ist beispielsweise, dass in der Gießereibranche die Simulation immer mehr in die Standardprozesse integriert wird und damit bei fertigungstechnologisch anspruchsvollen Bauteile spezifische Kostennachteile, etwa durch das deutsche Lohnniveau, im internationalen Wettbewerb ausgleichen können.

⁵⁰ Die Feststellung, die Decker, Bödeker, Franke im Jahre 2002 getroffen haben, gilt sechs Jahre später - nur graduell verändert - durchaus noch.

⁵¹ Fritz 2007, S 1 f.

lässt sich der Langzeit-Einsatz eines Bauteils im Gesamtsystem simulieren. Kleine Fehler mit potenziell großer Wirkung können so schon früh erkannt werden.

Baden-Württemberg mit seinem für Beschäftigung und Wertschöpfung nach wie vor so bedeutsamen Anteil an industrieller Produktion, an hoch- und höchsttechnologischen Produktinnovationen und -entwicklungen ist in besonderem Maße auf die konsequente und systematische Nutzung von Technologien angewiesen, die helfen, den Standort im weltweiten Wettbewerb weiterhin an der Spitze zu positionieren. Angesichts der Branchenstruktur und der Relevanz einzelner Branchen für Baden-Württemberg ergeben sich für das Land vor allem Einsatzchancen für Simulations- und Visualisierungstechnologien im Fahrzeug- und Maschinenbau sowie im Bereich der Medizintechnik. So ist etwa die für Baden-Württemberg so wichtige Automobilindustrie mit stark veränderten Wettbewerbsbedingungen konfrontiert. Neben der Globalisierung und Verkürzung der Entwicklungszeiten beschreiben auch die individuelle kundengerechte Produktgestaltung die Situation des Wettbewerbs. Mit der Kundenorientierung geht vor allem die stark steigende Produktkomplexität einher. Zudem steigen die Anforderungen an die Produktqualität ständig, gleichzeitig darf aber die Effizienz in der Entwicklungsarbeit dadurch nicht beeinträchtigt werden.⁵² Daher wächst der Bedarf an Simulationswerkzeugen, die möglichst früh in der Prozesskette ansetzen.

Baden-Württemberg nimmt aufgrund der großen Bedeutung der Automobilindustrie, aber auch der speziellen Bemühungen einzelner Forschungsinstitute eine führende Position bei der Implementierung industrieller High-End-Anwendungen ein. Der Fokus der FAZIT-Studie liegt nicht auf der Darstellung der neuesten technologischen Entwicklungen, sondern vielmehr auf der Beschreibung und Analyse eines State-of-the-art im Sinne der aktuellen Bedeutung und Relevanz von Visualisierungs- und Simulationstechnologien für die industriellen Anwender in Baden-Württemberg.

⁵² Vgl. Binder, Hougardy, Haffner 2003, S. 1.

2. Visualisierungs- und Simulationstechnologien in Baden-Württemberg

Zentrale Gründe der Anwendung von Simulations- und Visualisierungstechnologien im Produktentwicklungsprozess sind die Einsparung von Kosten, da keine teuren Prototypen entwickelt werden müssen, und Simulationen und Visualisierungen weniger zeitaufwändig sind als reale Experimente. Weitere Vorteile sind die Minimierung des Gefahrenpotenzials, da Experimente mit dem für Mensch und Umwelt ungefährlichen Simulationsmodell erfolgen, sowie die unproblematische Beeinflussbarkeit, d.h. die beliebige Veränderung von Parametern zu Test- bzw. Forschungszwecken. Mit CAD-Programmen können zwei- und dreidimensionale Zeichnungen, aber auch bewegte Objekte erstellt werden. Ebenso besteht die Möglichkeit, verschiedenartige Simulationen durchzuführen, z.B. Belastungssimulationen für Bauteile, Crashsimulationen für Fahrzeuge sowie Strömungssimulationen. Mit Virtual-Reality-Systemen wird versucht, die Realität mit ihren physikalischen Eigenschaften am Computer nachzubilden. So ist es beispielsweise möglich, einem Betrachter die Funktionsweise einer gesamten Produktionsanlage inklusive der Teile, die ihm bei einer realen Besichtigung der Anlage z.B. aufgrund großer Hitze nicht zugänglich wären, zu demonstrieren. Dies erleichtert das Verständnis der einzelnen Prozesse und macht Verbesserungspotenziale in der Anlage leichter sichtbar. Diese Ausgangsüberlegungen waren die Grundlage für eine im vierten Quartal 2006 durchgeführte Befragung im Rahmen des Forschungsprojekts FAZIT; knapp 9.000 zufällig ausgewählte Unternehmen in Baden-Württemberg wurden mittels eines standardisierten Fragebogens zur Bekanntheit, zum Einsatz und zur Bewertung von Visualisierungs- und Simulationstechnologien befragt.⁵³ Von den beantworteten und rückgesandten Fragebögen waren 816 auswertbar, was nach Abzug von stichprobenneutralen Ausfällen einem Netto-Rücklauf von rund 10 Prozent entsprach.

Die Unternehmensbefragung im Rahmen des FAZIT-Projekts umfasst Unternehmen sowohl aus Anbieter- als auch aus Anwenderbranchen von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT). Die Anbieterseite bildet der IT- und Mediensektor, der als Querschnittssektor sowohl Bereiche des verarbeitenden Gewerbes als auch des Dienstleistungssektors umfasst. Die im Rahmen des FAZIT-Projekts verwendete Branchenabgrenzung für den IT- und Mediensektor orientiert sich an der Definition des Statistischen Landesamtes Baden-Württemberg⁵⁴ und gliedert sich in folgende sieben Branchen:⁵⁵

- Software
- IT- und Medienhardware

⁵³ Weitere Befragungsinhalte waren die Einschätzung der konjunkturellen Situation sowie das Thema „Intralogistik“, vgl. die Ergebnisse hierzu in Band 8 der FAZIT Schriftenreihe.

⁵⁴ Vgl. Statistisch Prognostischer Bericht, Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, 2001, S. 113.

⁵⁵ Eine detaillierte Darstellung der im IT- und Mediensektor zusammengefassten Unternehmen befindet sich in Band 8 der FAZIT Schriftenreihe.

- (Tele-) Kommunikation und Datenverarbeitungsdienstleistungen
- Audiovisuelle Medien
- Druck / Verlag
- Werbung / Marktkommunikation
- Inhalte-Dienstleister

Zum Bereich der Anwender von IT- und Medien-Produkten und -Dienstleistungen werden folgende Branchen (bzw. Teilbereiche der jeweiligen Branche) gezählt:⁵⁶

- Chemische Industrie (Herstellung von chemischen Erzeugnissen)
- Maschinenbau
- Medizin-, Mess-, Steuer- und Regelungstechnik
- Automobilindustrie (Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen)
- Verkehrsdienstleister
- Bank- und Versicherungsgewerbe
- Technische Dienstleister (insbesondere Forschung und Entwicklung, Architektur- und Ingenieurbüros, technische, physikalische, chemische Untersuchung)

Aufgrund der vergleichsweise geringen Relevanz von Visualisierungs- und Simulationstechnologien für die Verkehrsdienstleister und das Bank- und Versicherungsgewerbe erfolgt die Auswertung lediglich für den IT- und Mediensektor, das verarbeitende Gewerbe und die technischen Dienstleister.

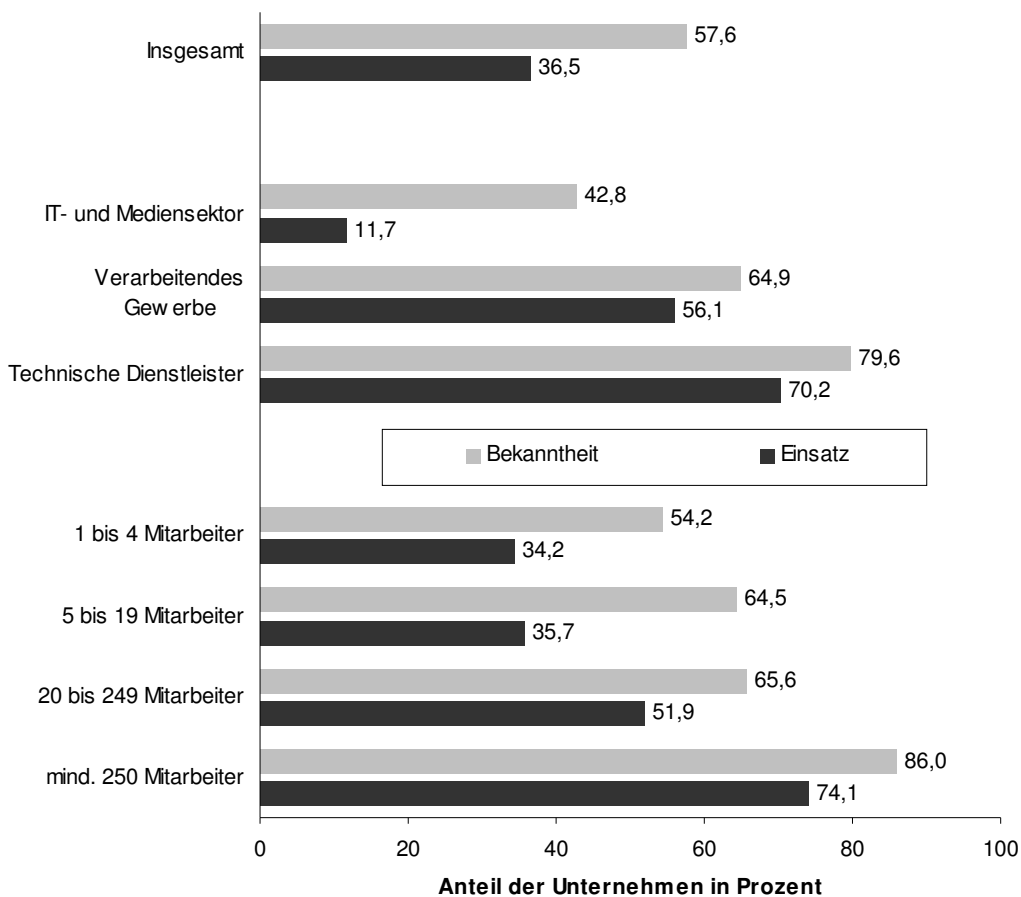
2.1. Bekanntheit und Einsatz von Visualisierungs- und Simulationstechnologien

Den Ergebnissen der FAZIT-Unternehmensbefragung zufolge kennen insgesamt rund drei Fünftel der baden-württembergischen Unternehmen aus dem IT- und Mediensektor, dem verarbeitenden Gewerbe und von den technischen Dienstleistern Visualisierungs- und Simulationstechnologien (vgl. Abb. 4). Im Vergleich der untersuchten Branchen haben diese Technologien den größten Bekanntheitsgrad bei den technischen Dienstleistern; wenig überraschend ist, dass etwa 80 Prozent von diesen angeben, dass sie Visualisierungs- und Simulationstechnologien kennen und damit diese Branche diesbezüglich deutlich vor den anderen zu liegen kommt. Immerhin noch knapp zwei Drittel der Unternehmen im verarbeitenden Gewerbe, dagegen nicht einmal jedes zweite (43 Prozent) IT- und Medienunternehmen kennt diese Technologien. Allerdings dürfte der vergleichsweise geringe Bekanntheitsgrad im IT- und Mediensektor vor allem durch die Unternehmen aus den Medienbranchen (Inhalte-Dienstleister, Verlage, Kommunikation) und weniger durch die Unternehmen aus den IT-Branchen verursacht sein; darüber hinaus wirken sich hier auch noch die unterschiedlichen Größenstrukturen innerhalb der Branchen aus: Denn je kleiner die Unternehmen, desto geringer ist der Bekanntheitsgrad von

⁵⁶ Eine detaillierte Darstellung der in den Anwenderbranchen zusammengefassten Unternehmen findet sich ebenfalls in Band 8 der FAZIT Schriftenreihe.

Visualisierungs- und Simulationstechnologien. Sind bei Unternehmen mit weniger als 5 Mitarbeitern Visualisierungs- und Simulationstechnologien nur zu 54 Prozent bekannt, sind es bei den Unternehmen der beiden mittleren Größenklassen jeweils rund zwei Drittel. Der Anteil bei Unternehmen ab 250 Mitarbeitern liegt bei 86 Prozent.

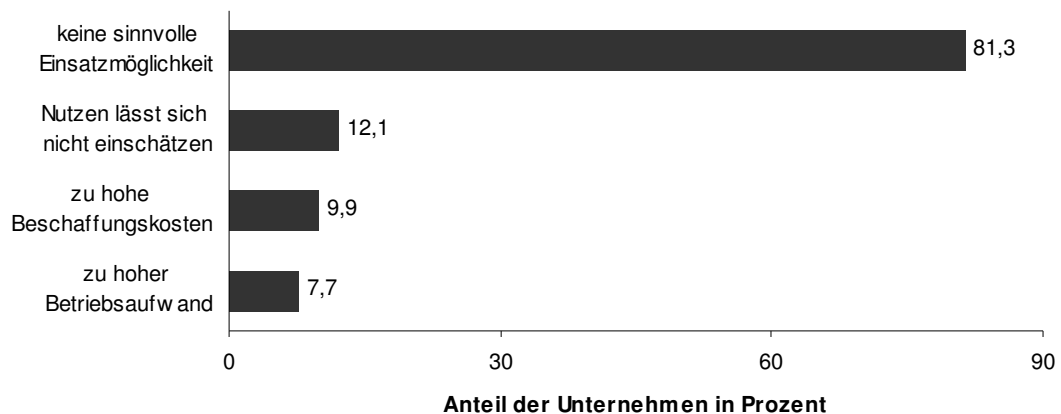
Der Anteil der Unternehmen, die Visualisierungs- und Simulationstechnologien tatsächlich einsetzen, ist erwartungsgemäß geringer als der Anteil der Unternehmen, die diese Technologien kennen. Während die jeweiligen Anteile für Bekanntheit und Einsatz im verarbeitenden Gewerbe (65 Prozent zu 56 Prozent) und bei den technischen Dienstleistern (80 Prozent zu 70 Prozent) relativ nahe beieinander liegen, klafft im IT- und Mediensektor eine deutlich Lücke zwischen Bekanntheit und Einsatz (vgl. Abb. 4): Hier liegt die Bekanntheit mit 43 Prozent beim Dreieinhalbfachen des tatsächlichen Einsatzes (12 Prozent). In diesen Daten wird sich der bereits für die Bekanntheit vermutete Einfluss der Medienunternehmen in besonderem Maße widerspiegeln: So haben Medienunternehmen – mit Ausnahme der Unternehmen aus dem Film- und Spielebereich – nämlich selbst wenn sie die Technologien kennen, überwiegend keinen Einsatzbedarf hierfür. Und auch die IT-Unternehmen, die zwar zum Teil die Software für Visualisierungs- und Simulationstechnologien entwickeln, haben vermutlich oft keine unmittelbaren Einsatzmöglichkeiten für diese Technologien. Zudem treten auch hier, ähnlich wie bei Bekanntheit, die unterschiedlichen Größenstrukturen der Branchen noch verstärkend hinzu: Aufgegliedert nach Größenklassen zeigt sich, dass kleine Unternehmen – und der IT- und Mediensektor ist nun einmal stärker als etwa der gewerbliche Bereich mit kleineren Unternehmen durchsetzt – erheblich weniger als mittlere oder gar größere Unternehmen Visualisierungs- und Simulationstechnologien einsetzen. Setzen drei von vier größeren Unternehmen die Technologien ein, beträgt der Anteil bei den kleinen Unternehmen nur ein Drittel.

Abbildung 4: Bekanntheit und Einsatz von Visualisierungs- und Simulationstechnologien

Lesehilfe: Bei insgesamt 57,6 Prozent der Unternehmen sind Visualisierungs- und Simulationstechniken bekannt. Insgesamt 36,5 Prozent der Unternehmen setzen diese Technologien auch ein.

Quelle: FAZIT-Unternehmensbefragung, November/Dezember 2006; Berechnungen des ZEW (Angaben hochgerechnet auf die der Befragung zugrunde liegende Grundgesamtheit der Sektoren IT- und Medien, verarbeitendes Gewerbe und technische Dienstleister)

Der hauptsächliche Grund gegen den Einsatz von Visualisierungs- und Simulationstechnologien wird von den Unternehmen, die diese Technologien kennen, sie aber nicht einsetzen, mit dem Fehlen sinnvoller Einsatzmöglichkeiten im Unternehmen benannt (vgl. Abb. 5). Mehr als 80 Prozent führen das als Grund an, wobei es bei den IT- und Medienunternehmen sogar 95 Prozent sind – was die oben gemachte Vermutung stützt. Andere Gründe für einen Nichteinsatz, wie z.B. dass sich der Nutzen eines Einsatzes nicht abschätzen lasse, oder dass die Beschaffungs- und Betriebskosten zu hoch seien, sind nur von untergeordneter Bedeutung – allerdings werden gerade diese Gründe wiederum überproportional von kleinen Unternehmen angeführt.

Abbildung 5: Gründe für den Nichteinsatz von Visualisierungs- und Simulationstechnologien

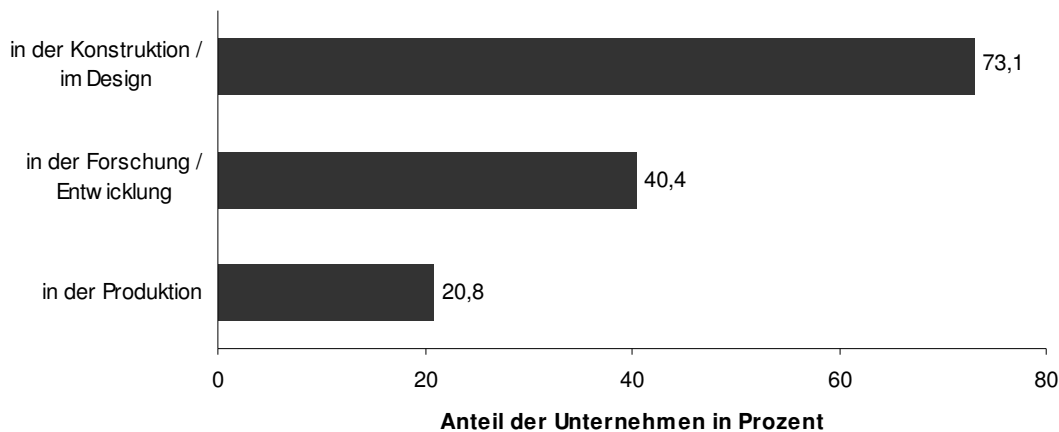
Lesehilfe: Von den befragten Unternehmen aus den Sektoren IT- und Medien, verarbeitendes Gewerbe und technische Dienstleister, die keine Visualisierungs- und Simulationstechnologien einsetzen, geben 81,3 Prozent an, dass sie keine sinnvollen Einsatzmöglichkeiten für diese Technologien sehen.

Quelle: FAZIT-Unternehmensbefragung, November/Dezember 2006; Berechnungen des ZEW (deskriptive Auswertung. Unternehmen aus den Sektoren IT und Medien, verarbeitendes Gewerbe und technische Dienstleister (n = 91); Mehrfachnennungen möglich)

2.2. Einsatzbereiche und Nutzen von Visualisierungs- und Simulationstechnologien

Bei der Analyse der Einsatzbereiche von Visualisierungs- und Simulationstechnologien zeigt sich, dass der Einsatz in der Konstruktion bzw. im Design sehr klar dominiert; drei Viertel der Unternehmen, die diese Technologien einsetzen, verwenden sie hierfür (vgl. Abb. 6). 40 Prozent geben an, Visualisierungs- und Simulationstechnologien im Bereich der Forschung und Entwicklung einzusetzen, 20 Prozent nennen schließlich noch die Produktion als Einsatzgebiet. Während es für die Einsatzgebiete Konstruktion und Design sowie Produktion nur graduelle Unterschiede zwischen den Branchen und Größenklassen gibt, zeigt sich für den Einsatz in Forschung und Entwicklung das schon bekannte Ergebnis, nachdem mit zunehmender Unternehmensgröße dieses Einsatzgebiet deutlich an Bedeutung gewinnt. Im Branchenvergleich ergibt sich eine etwas erhöhte Bedeutung im verarbeitenden Gewerbe.

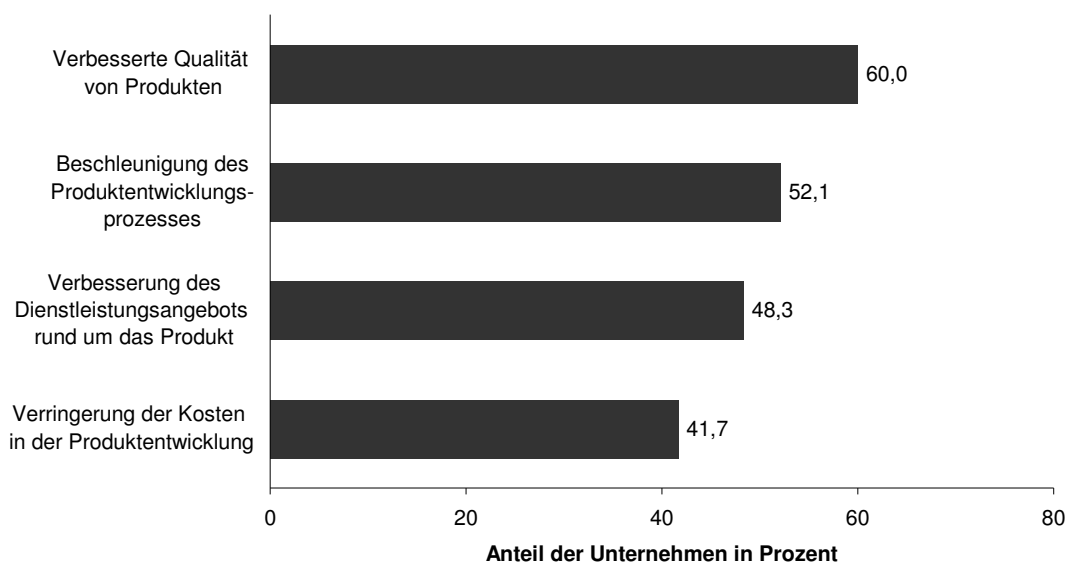
Neben den standardisiert erfassten Einsatzbereichen nannten die Unternehmen hier eine Fülle weiterer Bereiche, in denen Visualisierungs- und Simulationstechnologien in ihren Unternehmen eingesetzt werden: Von der Planung und der Prozessoptimierung über Angebotserstellung und Akquise bis hin zu Logistik, Vertrieb und Kundenbetreuung reichen hier die zusätzlich gegebenen Antworten der Unternehmen. Deutlich wird damit vor allem, dass neben dem Einsatz im Rahmen der Produktentwicklung zunehmend andere Bereiche für diese Technologien erschlossen werden.

Abbildung 6: Einsatzbereiche von Visualisierungs- und Simulationstechnologien

Lesehilfe: 20,8 Prozent der befragten Unternehmen aus den Sektoren IT- und Medien, verarbeitendes Gewerbe und technische Dienstleister, die Visualisierungs- und Simulationstechnologien einsetzen, verwenden diese Technologien in der Produktion.

Quelle: FAZIT-Unternehmensbefragung, November/Dezember 2006; Berechnungen des ZEW (deskriptive Auswertung. Unternehmen aus den Sektoren IT und Medien, verarbeitendes Gewerbe und technische Dienstleister (n=245); Mehrfachnennungen möglich)

Die größten Vorteile von Visualisierungs- und Simulationstechnologien sehen die Unternehmen in einer verbesserten Qualität der erstellten Produkte. Mit 60 Prozent Nennungen liegt dieser Aspekt vor der Beschleunigung des Produktentwicklungsprozesses, was immerhin aber noch mehr als jedes zweite Unternehmen anführt (vgl. Abb. 7).

Abbildung 7: Vorteile durch den Einsatz von Visualisierungs- und Simulationstechnologien

Lesehilfe: Von den befragten Unternehmen aus den Sektoren IT- und Medien, verarbeitendes Gewerbe und technische Dienstleister, die Visualisierungs- und Simulationstechnologien einsetzen, sehen 60,0 Prozent die verbesserte Qualität von Produkten als Vorteil dieser Technologien.

Quelle: FAZIT-Unternehmensbefragung, November/Dezember 2006; Berechnungen des ZEW (deskriptive Auswertung. Unternehmen aus den Sektoren IT und Medien, verarbeitendes Gewerbe und technische Dienstleister. (n=240); Mehrfachnennungen möglich)

Fast gleichauf mit der Beschleunigung liegt mit der Verbesserung des Dienstleistungsangebotes rund um das Produkt ein weiteres Qualitätsmerkmal, während die Verringerung der Kosten in der Produktentwicklung, und das sicherlich etwas überraschend, entgegen der Annahmen nur von 42 Prozent genannt wird – im verarbeitenden Gewerbe liegt dieses Anteil allerdings bei 55 Prozent.

Überhaupt zeigt sich, dass das verarbeitende Gewerbe die Vorteile aus dem Einsatz von Visualisierungs- und Simulationstechnologien höher bewertet als die hier verglichenen Branchen (vgl. Tabelle 1). Lediglich die Verbesserung des Dienstleistungsangebots wird hier weit weniger bedeutsam gesehen als bei den Dienstleistern, zu den neben den technischen auch ein Großteil des IT- und Mediensektors zu zählen ist. Korrespondierend mit diesen Ergebnissen sind die Zahlen und Daten bezogen auf die Unternehmensgröße: Größere Unternehmen ab 250 Mitarbeitern betonen vor allem die Beschleunigung des Produktentwicklungsprozesses und die Verbesserung der Qualität sowie – das schon etwas weniger wichtig – die Verringerung der Kosten. Für kleine Unternehmen, und hierbei handelt es sich oftmals um Dienstleister, steht dagegen die Verbesserung des Dienstleistungsangebots mittels der Visualisierungs- und Simulationstechnologien eindeutig im Vordergrund.

Tabelle 1: Vorteile durch den Einsatz von Visualisierungs- und Simulationstechnologien nach Branchen und Unternehmensgrößenklassen (in Prozent)

	Verbesserte Qualität in der Produktion	Beschleunigung des Produktentwicklungsprozesses	Verbesserung des Dienstleistungsangebots	Verringerung der Kosten in der Produktentwicklung
Branchen				
IuM-Sektor	60,0	46,7	63,3	28,3
Verarb. Gewerbe	65,4	64,6	30,7	55,1
Techn. Dienstleister	47,2	28,3	73,6	24,5
Unternehmensgröße (nach Beschäftigten)				
1-4	57,1	40,0	62,9	37,1
5-19	54,0	39,7	60,3	28,6
20-249	57,9	52,6	46,3	43,2
250 und mehr	74,5	76,6	25,5	59,6

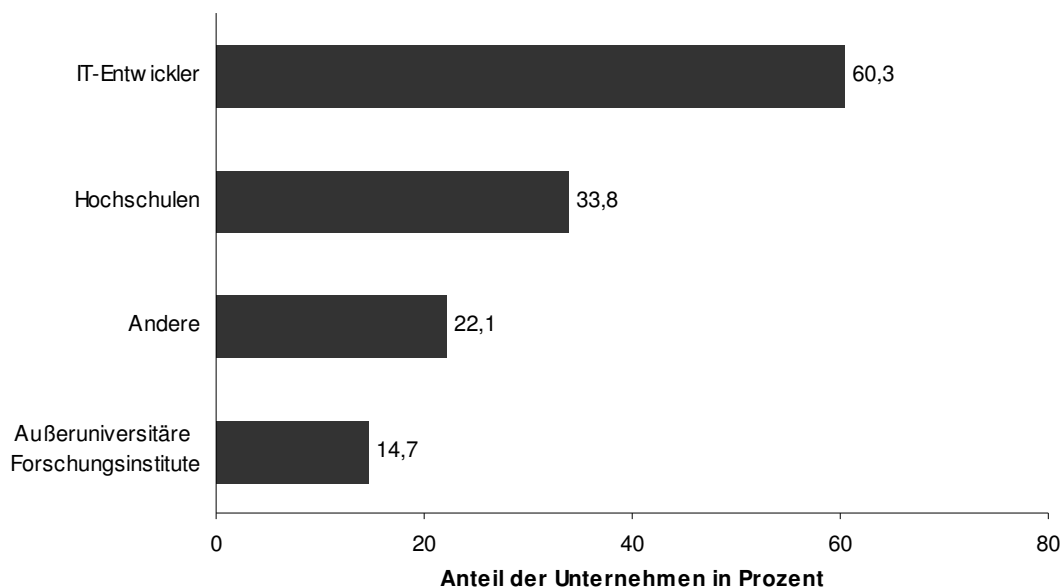
Quelle: FAZIT-Unternehmensbefragung, November/Dezember 2006; Berechnungen des ZEW (deskriptive Auswertung. Unternehmen aus den Sektoren IT und Medien, verarbeitendes Gewerbe und technische Dienstleister. (n=240); Mehrfachnennungen möglich)

Neben den hier erfassten Vorteilen durch Visualisierungs- und Simulationstechnologien nennen die Unternehmen vereinzelt weitere, wie z.B. eine höhere Transparenz innerbetrieblicher Prozesse oder auch die besseren Darstellungsmöglichkeiten beim Kunden. Wie schon bei den Einsatzgebieten zeigt sich somit auch bei den Vorteilen, dass die Technologien in den unterschiedlichsten Bereichen und für sehr heterogenen Zwecke nutzbringend eingesetzt werden können, was eine künftige schnelle Diffusion erheblichen begünstigen dürfte.

2.3. Kooperationspartner bei der Verbesserung von Visualisierungs- und Simulationstechnologien und strategische Bedeutung der Technologie

Die FAZIT-Unternehmensbefragung zeigt, dass nur 29 Prozent der Unternehmen, die Visualisierungs- und Simulationstechnologien einsetzen, bei der Weiterentwicklung und Optimierung dieser Technologien mit Partnern kooperieren. Die wichtigsten Kooperationspartner sind dabei mit 60 Prozent die IT-Entwickler, in jedem dritten Fall wird aber auch mit Hochschulen zusammengearbeitet, mit außeruniversitären Forschungseinrichtungen allerdings nur von jedem siebten Unternehmen (15 Prozent), das Visualisierungs- und Simulationstechnologien einsetzt (vgl. Abb. 8). Spielt bei der Zusammenarbeit mit IT-Entwicklern die lokale Nähe des Standorts nur eine bedingte Rolle, konzentrieren sich die weitaus meisten Kooperationen mit Hochschulen auf das Land Baden-Württemberg. Eine differenzierte Analyse der Kooperationen nach Branchen oder Unternehmensgröße zeigt insgesamt nur graduelle und vernachlässigbare Unterschiede.

Abbildung 8: Kooperationspartner bei der Weiterentwicklung von Visualisierungs- und Simulationstechnologien

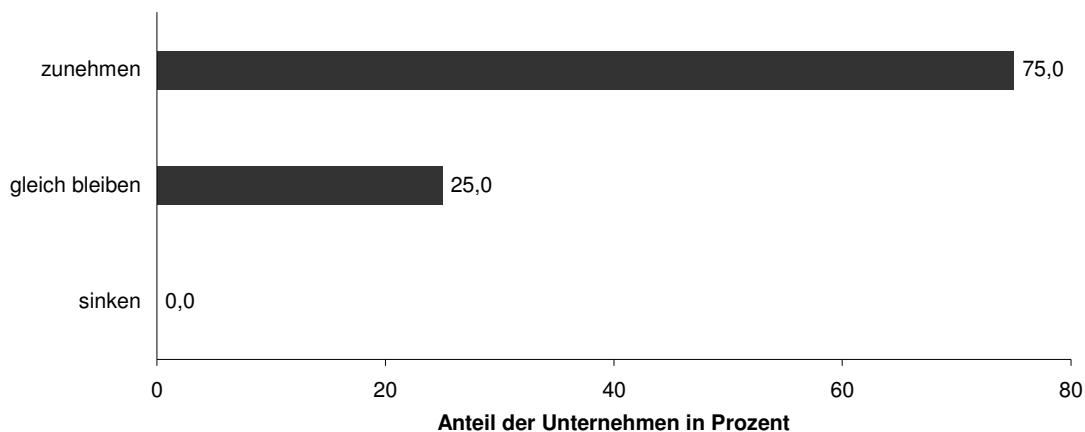


Lesehilfe: Von den befragten Unternehmen aus den Sektoren IT- und Medien, verarbeitendes Gewerbe und technische Dienstleister, die bei der Weiterentwicklung von Visualisierungs- und Simulationstechnologien mit Partnern zusammen arbeiten, kooperieren 50,3 Prozent mit IT-Entwicklern.

Quelle: FAZIT-Unternehmensbefragung, November/Dezember 2006; Berechnungen des ZEW (deskriptive Auswertung. Unternehmen aus den Sektoren IT und Medien, verarbeitendes Gewerbe und technische Dienstleister. (n=68); Mehrfachnennungen möglich)

Während damit die Chancen einer kooperativen Arbeit an Simulationsmodellen nur von einer Minderheit der Unternehmen genutzt werden, zeigt sich bei der grundsätzlichen Einschätzung nach der künftigen Bedeutung von Visualisierungs- und Simulationstechnologien für das eigene Unternehmen eine sehr klare und kaum zu überschätzende Bedeutung dieser Technologien. Insgesamt sind drei Viertel der Unternehmen, die bereits heute Visualisierungs- und Simulationstechnologien einsetzen, nämlich der Ansicht, dass die strategische Bedeutung von Visualisierungs- und Simulationstechnologien für das eigene Unternehmen noch weiter zunehmen wird (vgl. Abb. 9). Während das restliche Viertel davon ausgeht, dass die strategische Bedeutung zumindest gleich bleiben wird, verneinen alle Unternehmen die Möglichkeit, dass die strategische Bedeutung sinken wird – und dies gilt über alle Branchen und Größenklassen hinweg.

Abbildung 9: Strategische Bedeutung von Visualisierungs- und Simulationstechnologien



Lesehilfe: 75,0 Prozent der befragten Unternehmen aus den Sektoren IT- und Medien, verarbeitendes Gewerbe und technische Dienstleister, die Visualisierungs- und Simulationstechnologien einsetzen, erwarten eine zunehmende strategische Bedeutung dieser Technologien für ihr Unternehmen.

Quelle: FAZIT-Unternehmensbefragung, November/Dezember 2006; Berechnungen des ZEW (deskriptive Auswertung. Unternehmen aus den Sektoren IT und Medien, verarbeitendes Gewerbe und technische Dienstleister. (n= 240)

3. Zusammenfassung

Die gewaltigen Entwicklungssprünge im Bereich der Grafikverarbeitung haben dafür gesorgt, dass Visualisierungen für immer mehr Unternehmen ein sinnvolles Werkzeug sein können. Große Mengen an abstrakter Information werden mit Hilfe von Software in eine visuell einfach erfassbare Form gebracht. Vor allem in der Medizin und der Architektur hat sich diese Darstellungsform bereits breiter etabliert. Doch auch bei der Entwicklung von Produkten spielen Technologien der Virtuellen Realität eine immer größere Rolle. Virtuelle Simulationsmodelle erlauben es beispielsweise, das Materialverhalten vorherzusagen oder verschiedene Design-Varianten innerhalb kürzester Zeit interaktiv durchzuspielen. Unternehmen sparen durch den Einsatz dieser Technologien Zeit und Kosten, und die Qualität der Produkte kann verbessert werden. Gerade dieser letztere Punkt wurde in der FAZIT-Unternehmensbefragung noch vor der Beschleunigung des Produktentwicklungsprozesses und der Reduzierung der Kosten als häufigster Vorteil genannt.

Wichtig ist, dass es die Visualisierungstools erlauben, trotz teils großer Datenmengen über verteilte Standorte hinweg kooperativ an Simulationsmodellen zu arbeiten. Denn ein wichtiger Schritt innerhalb der Prozesskette ist der regelmäßige Austausch zwischen Entwicklern, Designern und Kunden – nur gemeinsam lassen sich bestmögliche Produktvarianten finden. Im Idealfall können die Teilnehmer von verschiedenen Standorten aus ein Simulationsmodell analysieren und in Echtzeit interaktiv bearbeiten. In der Praxis gestaltet sich diese kooperative Arbeit allerdings oft noch sehr schwierig. Die Übertragung sehr großer Datenmengen, wie sie beispielsweise bei der Simulation von Crashtests oder bei Strömungssimulationen entstehen, lassen die Hardware der Computer nicht selten an ihre Grenzen stoßen. Zwar wurden speziell für die Visualisierung sehr umfangreicher Simulationsergebnisse und Bearbeitung an verschiedenen Standorten in jüngerer Zeit neue Tools entwickelt (z.B. vom Fraunhofer IGD der iFX-Postprozessor), mit denen auch dieses Problem überwunden werden kann, doch die FAZIT-Unternehmensbefragung zeigt, dass erst eine Minderheit der Unternehmen, die heute bereits Visualisierungs- und Simulationstechnologien einsetzen, systematischer mit IT-Entwicklern, Hochschulen und anderen Forschungseinrichtungen kooperieren.

Aber nicht nur die Chancen kooperativer Arbeit können noch konsequenter genutzt werden, die FAZIT-Unternehmensbefragung zeigt auch, dass vor allem bei kleineren Unternehmen Visualisierungs- und Simulationstechnologien sowohl auf Unkenntnis wie auch auf Skepsis stoßen; neben einer verstärkten informativen Aufklärung zu Funktionen und Nutzen dieser Technologien sind offensichtlich aber auch die Hemmschwellen der Erstinvestition für kleine und mittlere Unternehmen erst noch zu verringern. Dies könnte beispielsweise durch die Beteiligung an Forschungsprojekten gelingen: Ein Verbundprojekt von KMUs und größeren Partnern, die ihre Prozesse bereits weitergetrieben und Simulation schon vielfach fest in ihren Produktentwicklungsprozessen verankert haben, bietet die Möglichkeit, neue Technologien zu etablieren, von

erfahreneren Partnern zu profitieren und umgekehrt kritisch zu hinterfragen und damit neue Impulse zu liefern. Darüber hinaus bietet es sich für sehr kleine Unternehmen, denen die Ressourcen für die Einführung neuer rechnergestützter Simulationsverfahren fehlen, weil es nur einzelne Anwendungsfälle gibt oder Mitarbeiter nicht schnell genug für ein zu lösendes Problem qualifiziert werden können, an, CAE-Dienstleistungen von externen Anbietern in Anspruch zu nehmen. Dass ein regelmäßiger früher Einsatz von derartigen Optimierungstechnologien für den Produktentwicklungsprozess – und darüber hinaus – einen Nutzen sowohl hinsichtlich Zeit- und Kostenersparnis als auch für die Qualitätsverbesserung bietet, und nicht nur eine schöne, aber womöglich luxuriöse technische Spielerei darstellen, kann vor allem kleineren Unternehmen noch stärker vermittelt werden. Mit diesen Vorteilen durch den Einsatz und die Nutzung von Visualisierungs- und Simulationstechnologien lassen sich kostenbedingte Nachteile des Industriestandorts Baden-Württemberg ausgleichen und damit Wohlstand und hochqualifizierte Beschäftigung für die Region auch künftig sichern.

Literatur und weiterführende Informationen

Barco (Hrsg.) (2008): Virtual reality & 3D. In: <http://www.barco.com/virtualreality> [23.03.08].

Binder, T./Hougarly, P./Haffner, P. (2003): Optimierung von Guss- und Schmiedeteilen bei AUDI. [http://www.fe-design.de/fileadmin/publikationen/publikationen2003/2003-07_Optimierung_bei_AUDI_mit_TOSCA.pdf].

Bruckner, S./Gröller, M.E. (2007): Style Transfer Functions for Illustrative Volume Rendering. In: EUROGRAPHICS 2007, Vol. 26, No 3.

Brunnett, G./Lorenz, M./Wagner, H. (o.J.): Navigations- und Orientierungshilfen in virtuellen Welten. In: http://www.tu-chemnitz.de/informatik/GDV/forschung/doc/mi_prof_publik_134 [04.04.08].

Burbliès, A./Fricke, H./Hennigs, D./Bangert, C./Hougarly, P. (2003): Rückführung von optimierten Strukturen in den Entwicklungsprozess. [http://www.fe-design.de/fileadmin/publikationen/publikationen2003/2003-04_simulation_Rueckfuehrung_Strukturen.pdf].

CAD-Lexikon (Hrsg.): <http://www.blien.de/ralf/cad>

Decker, R./Bödeker, M./Franke, K. (2002): Potenziale und Grenzen von Virtual Reality-Technologien auf industriellen Anwendermärkten. In: IM Fachzeitschrift für Information Management & Consulting [<http://www.bkmd.de/index.php?id=14>].

Düchting, C. (2005): Aufbau eines freigabe- und kommunikationsbasierten Assistenzsystems im Produktentstehungsprozess. Dissertation an der Fakultät Maschinenbau der Universität Dortmund 2005.

Edler, A. (2001): Nutzung von Felddaten in der qualitätsgetriebenen Produktentwicklung und im Service, Dissertation an der Fakultät Verkehrs- und Maschinensysteme der Technischen Universität Berlin 2001 [http://edocs.tu-berlin.de/diss/2001/edler_andreas.pdf].

Endres, T./Oberschelp, C. (1998): Digital MockUp. [<https://www0.fh-trier.de/fachbereiche/mb/ak-cad/vortragsreihe/12-98/oberschelp-endres.pdf>].

Forschungszentrum Karlsruhe (PTKA): Produktentwicklung. In: http://www.produktionsforschung.de/fzk/idcplg?IdcService=PFT&node=2292&T=TF_DESC&ID=49 [22.02.08].

Fraunhofer Magazin (Hrsg.) (2001): Simulation – Zukunft rechenbar?, Nr. 1, 2001.

Friedrich, M./Boggasch, M. (2002): Auslegung eines Nockenwellentilgers mit ABAQUS und TOSCA. In: ABAQUS Anwenderkonferenz, Wiesbaden, September 2002, S. 1-14.

Fritz J. (2007): Zielführende Modellierung und Analyse schlanker Fertigungssysteme mit der Digitalen Fabrik, Dissertation an der Naturwissenschaftlich-Technischen Fakultät der Universität des Saarlandes 2007 [http://scidok.sulb.uni-saarland.de/volltexte/2007/1258/pdf/Dissertation_Juergen_Fritz.pdf].

Geist, M. R./Popp, H. (1998): Virtual Reality (VR) - Anwendungssysteme zur Verkaufsunterstützung. In: Wirtschaftsinformatik 40 (1998) 1, S. 33-38.

- Gierse, H. (2006): Passende Maschinen in kurzen Innovationszyklen - Umfassende Simulation unterstützt Verbesserung der Wertschöpfungskette. In: *Intelligenter Produzieren*, Nr. 4, 2006, S. 8-9.
- Gröller E./Hauser, H. (2007): Vorlesung Visualisierung an der TU Wien. In: <http://www.cg.tuwien.ac.at/courses/Visualisierung/> [08.04.08].
- Hartmann, S. (1996): *The World as a Process: Simulations in the Natural and Social Sciences*. In: Hegselmann R. et al. (eds.), *Simulation and Modelling in the Social Sciences from the Philosophy of Science Point of View*. Dordrecht 1996, pp. 77-100.
- Hörnig, B. (2006): Wer zu spät kommt, den bestraft der Kunde - Mit digitaler Produktentwicklung schneller zur Marktreife. In: *Intelligenter Produzieren*, Nr. 4, 2006, S. 10-11.
- Krause, F.-L. (1998): Virtuelle Produktentstehung: Schneller und kostengünstiger entwickeln. In: <http://www.uni-protokolle.de/nachrichten/id/42677/> [22.02.08].
- Kuhlen, R. (1991): *Hypertext: Ein nicht-lineares Medium zwischen Buch und Wissensbank*. Berlin, Heidelberg, New York.
- Kuhn, A. (2001): Simulation erleichtert die Planung. In: *Fraunhofer Magazin* (Hrsg.): *Simulation – Zukunft rechenbar?*, Nr. 1, 2001, S. 20.
- Lauber, B./Helfrich, T./Harter, B. (2003): Berücksichtigung von fertigungsbedingten Restriktionen in der Gestaltoptimierung, In: Symposium „Simulation in der Produkt- und Prozessentwicklung“, 5.-7. November 2003, Bremen.
- Licht, T./Dohmen, L./Kuttig, M. (2004): Simulation von Arbeitsprozessen in der Produktentwicklung. In: *FIR+IAW – Unternehmen der Zukunft* Nr. 4, 2004, S. 7-8.
- Mayer-Bachmann, R. (2008): *Integratives Anforderungsmanagement – Konzept und Anforderungsmodelle am Beispiel der Fahrzeugentwicklung*. Dissertation an der Fakultät für Maschinenbau der Universität Karlsruhe (TH), Karlsruhe 2008.
- Metz, C. (2004): *Virtual und Augmented Reality in Industrie und Militär* [http://www.medien.ifi.lmu.de/fileadmin/mimuc/hs_2004/ausarbeitung_metz.pdf].
- Mohrmann, J. (2006): Entwicklung optimieren mit virtueller Realität - Verbesserter Produktentstehungsprozess durch durchgängige digitale Entwicklung. In: *Intelligenter Produzieren*, Nr. 4, 2006, S. 12-13.
- Müller, B./Ohnemus, J./Schleife, K. (2007): *Im Fokus: Intralogistik. Unternehmensbefragung November/Dezember 2006 in Baden-Württemberg*. FAZIT-Schriftenreihe, Band 8. Stuttgart; Mannheim: ZEW, MFG Stiftung.
- Niesing, B. (2001): Erfinden nach Plan. In: *Fraunhofer Magazin* (Hrsg.): *Simulation – Zukunft rechenbar?*, Nr. 1, 2001, S. 18-19.
- Plank, M. (2003): *Visualisierung gebrauchstauglicher Benutzeroberflächen am Beispiel eines Konfigurationssystems für die Blaupunkt GmbH*. Magisterarbeit, Universität Hildesheim, Fachbereich III - Informations- und Kommunikationswissenschaften [<http://web1.bib.uni-hildesheim.de/2005/plank.pdf>].
- Preim1, B./Peitgen, H.-O. (2004): *Medical Visualization: Methods and Applications in Therapy Planning and Education*. In: *itTiPreimPeitgenFinal2.doc* [06.02.08].

Sauter, J. et al (2000): Integrierte Topologie- und Gestaltoptimierung im virtuellen Produktentstehungsprozess – Einbindung in die iViP Architektur und industrielle Anwendung [http://www.ipek.uni-karlsruhe.de/medien/veroeffentlichungen/vdi_2000/2000-09-14_vdi_wuerzburg_final.pdf].

Sauter, J./Mulfinger, F. (1998): Integration der numerischen Simulation und Optimierung in die virtuelle Produktentstehung. Vortrag auf dem XXV. FEM - Kongress in Baden-Baden am 16./17. November 1998 [http://www.fe-design.de/fileadmin/publikationen/publikationen1998/fem_bad_fed_paper.pdf].

Sauter, J./Lauber, B. (2002a): Integrierte Gestalt- und Topologieoptimierung im Konstruktionsprozess. [http://www.fe-design.de/fileadmin/publikationen/publikationen2002/2002-12_simulation_Integrierte_Topo_u_Gestaltopt.pdf].

Sauter, J./Lauber, B. (2002b): Topologie- und Gestaltoptimierung im virtuellen Produktentwicklungsprozess am Beispiel von Strukturbauteilen aus der Automobil- und der Zulieferindustrie. In: Virtual Product Creation 2002, 3.-4. Juli 2002, Berlin.

Schlageter, H.-U. (2000): Entwurf eines integrierten Systems zur Visualisierung von Ergebnissen numerischer Berechnungsverfahren für massiv parallele Rechnerarchitekturen. Dissertation an der Fakultät für Energietechnik der Universität Stuttgart, Stuttgart [<http://elib.uni-stuttgart.de/opus/volltexte/2000/695/pdf/hdiss2.pdf>].

Schließer, K./Schlindwein, K./Steinhilper, W. (1989): Konstruieren und Gestalten. Würzburg.

Spath, D./Neithardt, W./Frank, T./Allinger, P. (1999): Integrierte Topologie- und Gestaltoptimierung im Werkzeugmaschinenbau. [http://www.fe-design.de/fileadmin/publikationen/publikationen2000/2000_veroeffentlichung_wt_neithardt_allinger_ff.pdf].

Stahuber, A. (2004): Engineering als Hebel. In: Form+Werkzeug, Nr. 1, 2004, S. 32-35.

VDC (Hrsg.): Virtuelle Realität - Im Computer simulierte Wirklichkeit. In: <http://wiki.aki-stuttgart.de/mediawiki/index.php/VDC> [01.04.08].

Wagner, B. (2008): Virtueller Gipsabdruck. In: Financial Times Deutschland vom 21.04.08.

Weißberger, M. (2007): Optimierung der Bewegungsdynamik von Werkzeugmaschinen im rechnergestützten Entwicklungsprozess. München.

Youn-Ju Ko Hoang (2000): Vermittlung von „Visual Literacy“ durch Computeranimation im Kunstunterricht. Dissertation am Fachbereich Erziehungswissenschaft der Freien Universität Berlin (2000) [<http://www.diss.fu-berlin.de/2000/137>].

Autoren-, Projekt- und Partnerinformation

Über die Autoren

Prof. Dr. Thomas Döbler, studierte Soziologie, Psychologie und Volkswirtschaftslehre in München. Promotion zum Dr. oec. an der Universität Hohenheim; wissenschaftlicher Assistent zunächst am Fachgebiet Unternehmensführung, Organisation und Personal, dann am Fachgebiet Kommunikationswissenschaft und Sozialforschung, Universität Hohenheim. Ab 1998 Studienleiter an der Forschungsstelle für Medienwirtschaft und Kommunikationsforschung in Hohenheim. 2005 übernahm er mit der Leitung der IT- und Medienforschung bei der MFG Baden-Württemberg auch die Leitung des Projekts FAZIT. 2007 hat er einen Ruf auf eine Professur für Medienmanagement an die Macromedia Fachhochschule der Medien in Stuttgart angenommen.

Über das Projekt FAZIT

FAZIT erforscht neue Märkte für IKT

Innovationen und neue Märkte – das sind wesentliche Faktoren im Wettbewerb der Regionen, um den Erhalt und die Schaffung von Arbeitsplätzen zu sichern. Im Mittelpunkt von FAZIT steht die Identifikation von neuen Märkten für innovative Informations- und Medientechnologien. Halbjährlich durchgeführte repräsentative Unternehmensbefragungen liefern zeitaktuelle Standortdaten über kurz- und mittelfristige Entwicklungen im IT- und Mediensektor sowie in ausgewählten Anwenderbranchen in Baden-Württemberg. Determinanten, Ziele und Potenziale, Hemmnis- und Förderfaktoren für die Nutzung von Informations- und Medientechnologien werden erfasst und analysiert. Workshops und Fallstudien dienen der Vertiefung von ausgewählten Marktthemen und diskutieren Umsetzungspotenziale in der Praxis. Gesellschaftliche und technische Megatrends werden in drei Delphi-Studien gesichtet und von Experten hinsichtlich ihrer Eintrittswahrscheinlichkeit beurteilt. Anschließend werden die Thesen in einem Szenarienprozess auf ihre Relevanz für die Zukunftsfähigkeit Baden-Württembergs überprüft. Die Ergebnisse und Zukunftsperspektiven des Projekts werden in einer abschließenden Roadmap für Baden-Württemberg zusammengeführt – neue Marktchancen werden aufgezeigt und Impulse für Wissenschaft und Wirtschaft gleichermaßen geschaffen.

Gemeinnütziges, im Rahmen der Zukunftsoffensive III gefördertes Forschungsprojekt

FAZIT ist ein im Rahmen der Zukunftsoffensive III vom Land Baden-Württemberg gefördertes gemeinnütziges *Forschungsprojekt für aktuelle und zukunftsorientierte Informations- und Medientechnologien und deren Nutzung in Baden-Württemberg*. Projektträger ist die MFG-Stiftung Baden-Württemberg, Stuttgart. Partner sind das Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW), Mannheim, und das Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (Fraunhofer ISI), Karlsruhe.

Mehr Informationen im Internet unter www.fazit-forschung.de

Über die Partnerinstitutionen

MFG Stiftung Baden-Württemberg

Die MFG Stiftung realisiert gemeinnützige Projekte in den Bereichen IT, Medien und Film. Im Mittelpunkt stehen dabei Forschung und Entwicklung, Kunst, Kreativität, Kultur sowie Aus- und Weiterbildung. Die MFG Stiftung führt insbesondere verschiedene Maßnahmen zur Vernetzung von Akteuren im Bildungs- und Forschungsbereich durch, wie z.B. durch Veranstaltungen (Kongresse, Workshops) sowie Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen, und fördert innovative Projekte und Forschungsaktivitäten durch Studien, Stipendienprogramme und Wettbewerbe. Internet: www.mfg.de/stiftung

Fraunhofer-Institut System- und Innovationsforschung

Das Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI), untersucht Entstehungsbedingungen und Märkte innovativer technischer Entwicklungen und deren Auswirkungen auf Wirtschaft, Staat und Gesellschaft. Die Forschungsgruppen konzentrieren sich auf neue Technologien, Industrie- und Serviceinnovationen, Energiepolitik und nachhaltiges Wirtschaften sowie auf Dynamik regionaler Märkte und Innovationspolitik. Internet: www.isi.fraunhofer.de

Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung

Das ZEW arbeitet auf dem Gebiet der anwendungsbezogenen empirischen Wirtschaftsforschung. Methodisch sind die Arbeiten primär mikroökonomisch und mikroökonomisch ausgerichtet. Die Forschungsgruppe Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) am ZEW befasst sich mit den Entwicklungen und den Auswirkungen der zunehmenden Verbreitung von IKT, wobei der Fokus insbesondere bei industrie- und arbeitsmarktökonomischen Fragestellungen liegt. Hierzu gehören beispielsweise die Auswirkungen der IKT-Nutzung auf Produktivität, Innovation, Unternehmensorganisation und Unternehmenswachstum sowie auf die Anforderungen an die Qualifikation der Beschäftigten. Internet: www.zew.de

PROJEKTTRÄGER



PARTNER

