

Ralph Stelzer · Karl-Heinrich Grote · Klaus Brökel  
Frank Rieg · Jörg Feldhusen (Hrsg.)

# **ENTWERFEN ENTWICKELN ERLEBEN**

Methoden und Werkzeuge in der Produktentwicklung



**10. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik  
KT2012 | Residenzschloss Dresden | 14.–15. Juni 2012**



Stelzer · Grote · Brökel · Rieg · Feldhusen (Hrsg.)

**ENTWERFEN ENTWICKELN ERLEBEN**

Methoden und Werkzeuge in der Produktentwicklung

10. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik KT2012



Ralph Stelzer · Karl-Heinrich Grote · Klaus Brökel  
Frank Rieg · Jörg Feldhusen (Hrsg.)

# **ENTWERFEN ENTWICKELN ERLEBEN**

Methoden und Werkzeuge in der Produktentwicklung

Entwickeln – Entwerfen – Erleben.  
Methoden und Werkzeuge in der Produktentwicklung  
10. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik (KT2012)

Herausgeber:

Prof. Dr. Ralph Stelzer (Technische Universität Dresden)  
Prof. Dr. Karl-Heinrich Grote (Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg)  
Prof. Dr. Klaus Brökel (Universität Rostock)  
Prof. Dr. Frank Rieg (Universität Bayreuth)  
Prof. Dr. Jörg Feldhusen (RWTH Aachen)

Wir bedanken uns für die Unterstützung bei  
ma design, Tedata, Continental, xPLM, B.I.M. Consulting und Reiss Büromöbel

**ma design**  
//ENGINEERING

**Continental** 

**C.B.I.M.**  
onsulting

**TEDATA**

**xPLM**  
Solution

**REISS**

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek  
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der  
Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind  
im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Bibliographic information published by the Deutsche Nationalbibliothek  
The Deutsche Nationalbibliothek lists this publication in the Deutsche  
Nationalbibliografie; detailed bibliographic data are available in the  
Internet at <http://dnb.d-nb.de>.

ISBN 987-3-942710-80-0

© 2012 TUDpress  
Verlag der Wissenschaften GmbH  
Bergstr. 70 | D-01069 Dresden  
Tel.: 0351/47 96 97 20 | Fax: 0351/47 96 08 19  
<http://www.tudpress.de>

Alle Rechte vorbehalten. All rights reserved.  
Layout und Satz: Sandra Olbrich/Technische Universität Dresden.  
Umschlaggestaltung: TU Dresden, Illustration Audi A6 Limousine © 2012 Audi AG

Uwe Freiherr von Lukas

# **Visual Computing als Basis für Prozessinnovation im Produktlebenszyklus**

## **Einführung**

Die Informationstechnik ist seit den Anfängen von CAD vor ca. 50 Jahren ein wesentlicher Impulsgeber für die Produktentwicklung und hat maßgeblichen Anteil an Prozessinnovationen wie dem Global Engineering oder der Digitalen Fabrik. Längst geht es aber heute nicht mehr allein um die Geometriebeschreibung zukünftiger Produkte, sondern um die möglichst umfassende Begleitung und Ergänzung des realen Produkts durch das virtuelle Produkt: von der ersten Idee bis zum Recycling. Die umfassende Vision des virtuellen Produkts als Pendant zum realen Produkt (Spur & Krause 1997) ist untrennbar mit dem Fortschritt der Informationstechnologie verbunden.

Visual Computing bezeichnet bild- und modellbasierte Informatik und ist die Disziplin, die die wesentlichen Grundlagen für das virtuelle Produkt und die vielfältigen Anwendungen im Produktlebenszyklus legt. Es umfasst die Bereiche Computergraphik, Computer Vision, Image Processing und Interaktion. Damit liefert Visual Computing die Basistechnologien, um virtuelle Produkte zu beschreiben, sie sichtbar zu machen, sie interaktiv zu bedienen oder auch Aspekte der realen Welt auszuwerten und mit dem virtuellen Produkt zu verknüpfen. Mixed Reality, bildbasierte 3D-Rekonstruktion oder auch die realitätsnahe Simulation von Beleuchtungssituationen sind Beispiele für konkrete Technologien des Visual Computing.

## Technologien und Anwendungen

Die Modellierung des Produkts als 3D-Modell bildet den Kern des virtuellen Produkts – ist aber nicht darauf beschränkt. Die Ergänzung um Materialinformationen, die Beschreibung funktionaler Aspekte und die Anbindung physikalischer Simulation machen das virtuelle Produkt im kompletten Produktlebenszyklus vielfältig einsetzbar.

1. So dient der digitale Prototyp zunehmend als Entscheidungsgrundlage im Produktentwicklungsprozess. Mit ihm kann das zukünftige Produkt in unterschiedlichsten Aspekten schneller und kostengünstiger bewertet werden.
2. Nicht allein das zukünftige Produkt wird bewertet – auch Fertigungsverfahren oder Montageprozesse lassen sich heute in vielfältiger Weise digital absichern. Auch hier tragen die Verfahren des Visual Computing dazu bei, Prozesse optimal zu gestalten und Fehler zu vermeiden.
3. Ähnliche Anwendungen wie im Engineering gibt es auch beim Einsatz im Marketing: Das virtuelle Produkt macht das reale Produkt für den Kunden erlebbar, z.B. im Showroom mittels Virtual Reality oder als Mixed Reality App auf dem Smartphone. Besser als in jeder Printkampagne lassen sich Produkte mit ihren Eigenschaften so kommunizieren.
4. Hat sich der Kunde für ein Produkt entschieden, so benötigt er ggf. Unterstützung bei der Benutzung. Auch hier leistet Visual Computing einen Beitrag zur Effizienz, wenn statt umfangreicher Papierunterlagen ein interaktives virtuelles Produkt mitgeliefert wird, das seine Nutzung erläutern kann und mit dem der Kunde sich vertraut machen kann – ohne Schaden bei Fehlbedienung anzurichten. Anlagen oder Systeme müssen so nicht als reale Trainingsumgebung »missbraucht« werden und stehen komplett für den eigentlichen Einsatzzweck zur Verfügung.
5. Bei der Wartungsassistenz unterstützt das virtuelle Produkt wiederum mittels Mixed Reality bei der Durchführung komplexer Prozeduren und schaltet bei



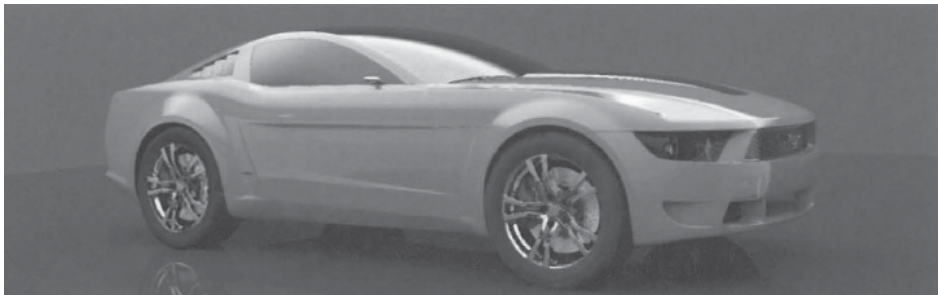
Bedarf auch einen Remote-Experten zu, der das übertragene Videobild mit dem vorliegenden Produktmodell in Einklang bringen kann und sich so mühelos orientieren kann. Dies führt zu effizienten After-Sales-Prozessen und eröffnet zudem ein Feld für neuartige, produktbegleitende Dienstleistungen.

6. Investitionsgüter werden in ihrer Lebensdauer oft an neue Nutzungsanforderungen oder gesetzliche Vorschriften (Sicherheit, Umweltauflagen) angepasst. Für solche Retrofit-Aufgaben können die virtuellen Methoden ebenfalls qualitäts- und effizienzsteigernd eingesetzt werden.

Zum besseren Verständnis sollen in diesem Abschnitt wesentliche Basistechnologien des Visual Computing sowie deren Bezug zum virtuellen Produkt kurz vorgestellt werden.

### Visualisierung

Die Visualisierung von Modelldaten ist eine zentrale Fähigkeit, die bereits in CAD-Systemen und DMU-Tools in teils guter Darstellungsqualität zur Verfügung steht. Durch die Anforderung immer komplexer werdende Modelldaten komplett und in Echtzeit zu visualisieren sowie durch den Wunsch nach fotorealistischer Darstellung waren hier weitere Forschungsarbeiten erforderlich. Ein



*Abbildung 1: Beispiel einer echtzeitfähigen Visualisierung unter Einsatz von Precomputed Radiance Transfer und Raytracing (Mustang model courtesy of Italdesign Giugiaro)*

Ergebnis mit hoher praktischer Relevanz ist das Visibility-guided Rendering (Brüderlin et al. 2007), bei dem über eine geschickte Datenhaltung und heuristische Verfahren lediglich der vermutlich sichtbare Teil eines großen 3D-Datensatzes an die Graphikkarte gesendet wird. Auf diese Weise können auch Modelle mit bis zu 500 Millionen Polygonen mit sehr guter Darstellungsgeschwindigkeit interaktiv betrachtet werden.

Als weiterer Beitrag des Visual Computing ist der Einsatz von High Dynamic Range-Systemen für die Visualisierung zu nennen (Stork 2010). Damit ist es erstmals möglich, die komplette Kette von der Erfassung einer realen Lichtsituation und der Beschreibung von Texturen über das Rendering (die Erzeugung eines Rasterbildes von einer 3D-Szene) bis zur Darstellung über einen Projektor mit einem sehr hohen Dynamikumfang zu betreiben. Durch die Kombination fortgeschrittener Renderingverfahren, wie dem Precomputed Ra-

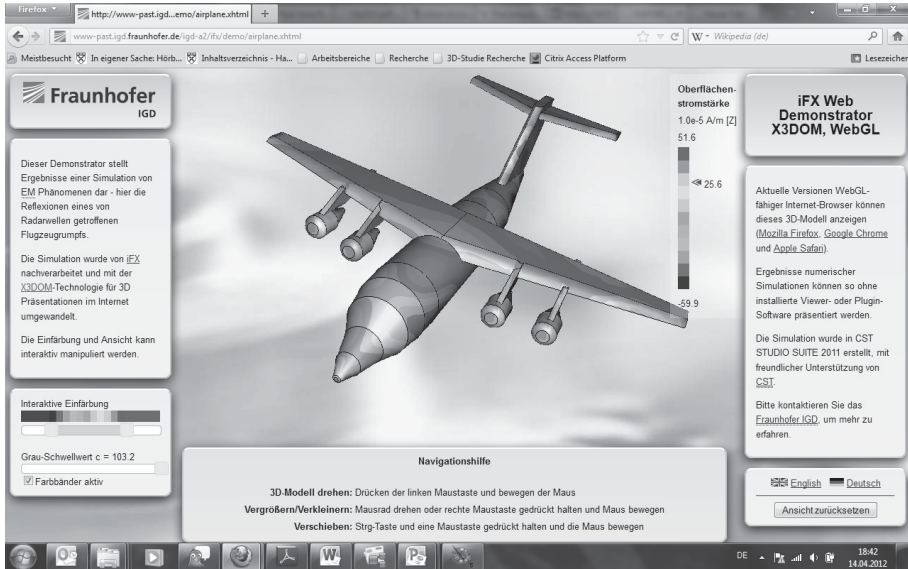


Abbildung 2: Nutzung von X3D in einer HTML-Seite zur interaktiven Visualisierung eines Simulationsergebnisses als 3D-Datensatz

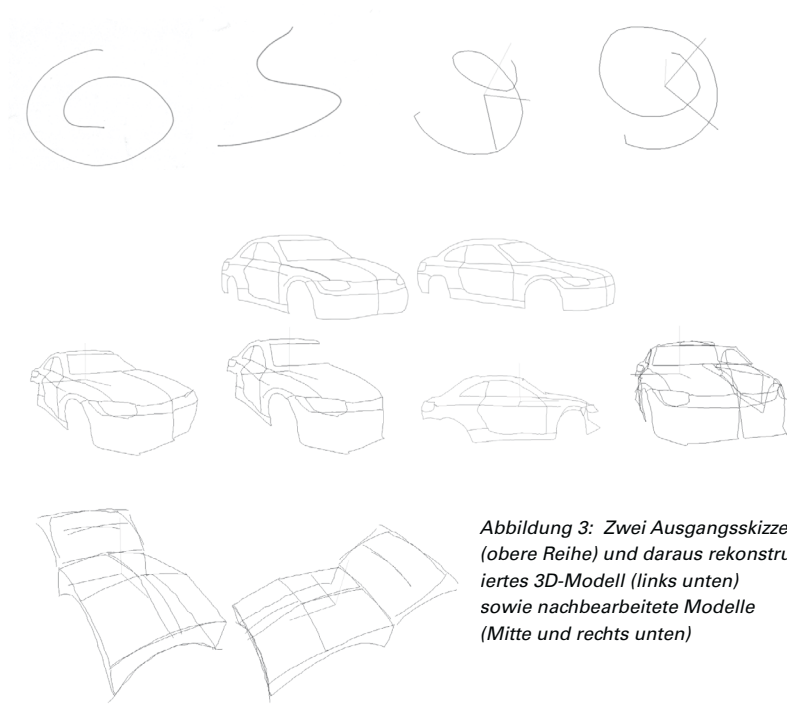
dianze Transfer und dem Raytracing unter Ausnutzung der massiven Parallelverarbeitung auf den Graphikkarten lassen sich so qualitativ sehr hochwertige Darstellungen erreichen. Die fotorealistische Qualität, die heute schon beim Rendern von Einzelbildern, beispielsweise für Kataloge genutzt wird, lässt sich nun auch zunehmend in interaktiven Anwendungen erreichen.

Der umfassende Einsatz von 3D-Daten außerhalb der Konstruktionsabteilung, also beispielsweise im Einkauf, im Management oder im After-Sales-Bereich scheitert oft daran, dass die dortigen Arbeitsplätze (aus Kostengründen) nicht mit geeigneter Software ausgerüstet sind und diese Anwendergruppen auch nicht im Einsatz mit den oft sehr komplexen 3D-Programmen geschult sind. Abhilfe kann hier die Einbindung von 3D-Daten in Web-Anwendungen bieten. Dies war bislang nur durch den Einsatz proprietärer Plug-Ins möglich, was von den meisten Anwenderfirmen nicht akzeptiert wird. Ein vielversprechender Ausweg liegt in der nativen Berücksichtigung von 3D-Daten in Form von X3D im neuen HTML5-Standard, der aktuell entwickelt wird (Behr et al. 2010). Der Ansatz macht es möglich, X3D direkt im HTML-Code verwenden zu können, um Web-Programmierern einen einfachen und intuitiven Zugriff auf 3D-Objekte zu bieten.

Die direkte Unterstützung von 3D-Modellen im World Wide Web ermöglicht insbesondere auch den mobilen Zugriff auf das virtuelle Produkt. So lassen sich die Daten jederzeit auf Geräten wie Smartphones oder Tablets anzeigen, für die spezielle Viewer (CAD oder DMU) in der Regel nicht verfügbar sind.

### **Interaktion**

Neben der Visualisierung spielt auch die natürliche Interaktion eine wesentliche Rolle bei der Bereitstellung leistungsfähiger Anwendungen für die virtuelle Produktentwicklung. Wichtige Impulse kommen hier – wie in vielen anderen industriellen Anwendungen der Computergraphik – aus der Spielebranche. Konkret ist es hier die extrem preisgünstige Verfügbarkeit eines optischen 3D-Sensors, der Kinect von Microsoft. Das als Eingabegerät für eine Spielekonsole entwickelte Gerät erstellt in Echtzeit eine Tiefenkarte



*Abbildung 3: Zwei Ausgangsskizzen (obere Reihe) und daraus rekonstruiertes 3D-Modell (links unten) sowie nachbearbeitete Modelle (Mitte und rechts unten)*

und liefert zudem von den im Kamerabereich befindlichen Personen ein Skelettmodell. Dies eröffnet neue Möglichkeiten für die intuitive Bedienung (bin Mohd Sidik et al. 2011).

Diese gestenorientierte Interaktion ist allerdings nicht für alle Anwendungsfälle geeignet. So nutzen Ingenieure in der Entwurfsphase oft (perspektivische) Skizzen, die in der Regel auf Papier erstellt werden. Soll einer der Entwürfe weiter detailliert werden, so muss die Form erneut eingegeben werden, um sie beispielsweise in einem CAD-System zu bearbeiten. Mit Computer Vision-Verfahren können solche Skizzen weitgehend automatisch in dreidimensionale Drahtgittermodelle überführt werden (Wendt et al. 2010). Voraussetzung ist, dass das Objekt aus unterschiedlichen Perspektiven skizziert wurde.

## Mixed Reality

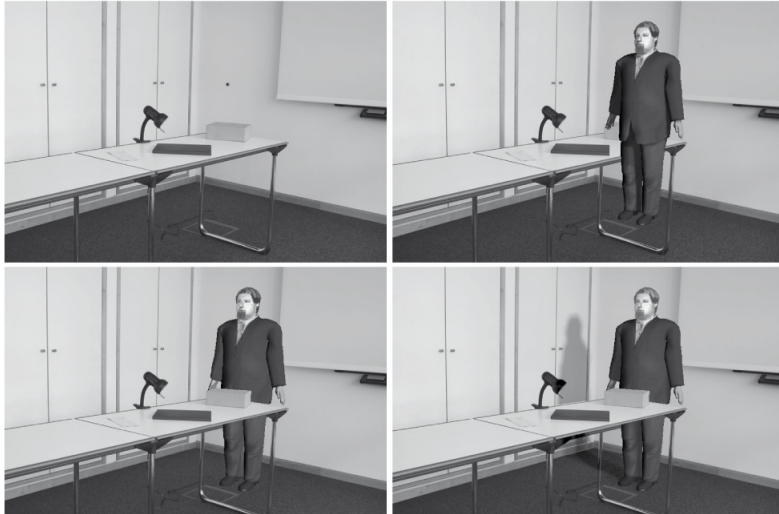
Für Mixed Reality (synonym auch als Augmented Reality bezeichnet) kombiniert man die generative Computergraphik mit der Bildverarbeitung. So lassen sich in Echtzeit virtuelle Objekte in die Realität einblenden. Dies erfolgt entweder durch ein computergeneriertes Overlay, das passgenau über einen Videostrom gelegt wird und so auf dem Bildschirm oder ein Head Mounted Display präsentiert werden kann. Oder es werden lediglich die virtuellen Objekte über halbdurchlässiges Display dargestellt und die Objekte mischen sich dann im Sichtfeld des Anwenders.

Aus Sicht des Visual Computing liegt die Herausforderung in der Erfassung der Position und Blickrichtung des Nutzers. Nur wenn diese in Echtzeit bestimmt werden kann, dann lassen sich die virtuellen Objekte auch in korrekter Größe, Perspektive und Lage einblenden. Aktuelle Verfahren verbinden oft die in einem Gerät (z. B. Smartphone oder Tablet-PC) vorhandenen Sensoren, um die Aufgabe des so genannten Trackings zu lösen. Besondere Bedeutung bei der exakten Positionierung spielt das optische Tracking. Während dazu bislang explizite Markierungen in der realen Welt erforderlich waren, orientieren sich aktuelle Verfahren an robusten Merkmalen im Videostrom bzw. verwenden das bekannte 3D-Modell des Produkts. Aus dem Vergleich des Objekts im Video mit dem Modell kann aus der perspektivischen Verzerrung dann die Position und Blickrichtung der Kamera bestimmt werden.

Ergebnisse aktueller Forschung tragen dazu bei, den optischen Eindruck bei Mixed Reality noch zu verstärken. Dazu wird von der realen Umgebung eine Tiefenkarte erzeugt, mit der sich Verdeckungen der virtuellen Objekte beim Platzieren in der Umgebung berechnen lassen (Franke et al. 2011). Zudem lassen sich aus den Videobildern auch die Lichtverhältnisse in der Szene rekonstruieren, die dann bei der Visualisierung der virtuellen Objekte berücksichtigt können (Gierlinger et al. 2010).

## Simulation auf der Graphikkarte

Die Algorithmen sowie die für Visual Computing optimierte Graphikkarte eignen sich nicht nur für die sehr schnelle Visualisie-



*Abbildung 4: Reales Bild einer Szene (oben links); Szene mit überlagertem virtueller Person (oben rechts); Szene mit berechneter Verdeckung der Person (unten links); Szene mit Verdeckung und berechnetem Schattenwurf auf den realen Objekten (unten rechts)*

rung von 3D-Daten. Auch aufwendige Simulationsberechnungen profitieren in hohem Maße davon. Maßgeblichen Anteil daran hat die massiv-parallele Architektur moderner Graphikprozessoren (Graphics Processing Unit) mit bis zu einigen hundert Prozessorkernen. Durch eine geeignete Aufbereitung der klassischen Berechnungsverfahren für die numerische Simulation (z.B. Euler oder Navier-Stokes-Gleichungen) kann so eine erhebliche Beschleunigung erzielt werden. Bei passend gewählten Parametern für die Diskretisierung der Zellen und der Approximation der Gleichungen lässt sich (bei leichten Einbußen in der Genauigkeit) sogar eine Berechnung in Echtzeit erreichen (Weber et al. 2012). Da die Ergebnisdaten bereits im Speicher der Graphikkarte vorliegen, ist zudem deren Visualisierung mit minimalem zeitlichem Zusatzaufwand möglich.

## Frameworks

Die aktuelle Fülle prototypischer und kommerzieller IT-Anwendungen für die Produktentwicklung unterstreicht die Rolle von Visual Computing als Enabler für Innovation des gesamten produzierenden Gewerbes. Mit leicht verändertem Fokus stützen auch Stark et al. (2010) sowie Abele et al. (2011, S. 70 ff.) diese Aussage. Umso wichtiger ist es, den Entwicklungsaufwand für anwendungsgerechte IT-Systeme zu reduzieren. Nur bezahlbare Lösungen stoßen auf Akzeptanz bei den Anwendern und können Ihr Potenzial zur Entfaltung bringen. Neben der Standardisierung von Datenformaten, wie z.B. JT (ISO 2011) leistet die Bereitstellung leistungsfähiger Frameworks für die Applikationsentwicklung eine wichtige Rolle. Ein Beispiel hierfür ist Instantreality (Behr et al. 2008), das seine Eignung für die effiziente Erstellung von Anwendungen in der Produktentwicklung vielfach unter Beweis gestellt hat. Es unterstützt sowohl Virtual Reality als auch Mixed Reality und kann aufgrund seiner zahlreichen Schnittstellen und der unterstützten Standards vielfältig integriert werden.

Zudem sei an dieser Stelle das Functional DMU-Framework (Wagner et al 2011) genannt, das auf klassischem geometrischem DMU aufbaut, dieses aber um verschiedene Aspekte des Verhaltens erweitert und so eine deutlich bessere Bewertung gerade auch von mechatronischen Produkten erlaubt. Das Framework ermöglicht die Anbindung spezialisierter Simulationswerkzeuge (Matlab, Dymola, Rhapsody etc.) sowie deren Kopplung untereinander unter einer einheitlichen Oberfläche.

## **Prozessinnovation für Entwerfen, Entwickeln, Erleben**

Die oben vorgestellten Technologien des Visual Computing erlangen ihre Bedeutung im Produktlebenszyklus erst durch die Effekte, die sie bei den Anwendern erzielen können. Deshalb sollen in diesem Abschnitt beispielhaft Prozessinnovationen vorgestellt werden, die ohne Visual Computing nicht erzielbar wären.

### Entwerfen: Entscheidungsunterstützung im Styling

Der Einsatz von Virtual Reality zum Design-Review ist hinlänglich bekannt und zählt heute nicht nur in der Automobilindustrie zum Standard-Repertoire. In vielen Fällen gehören dadurch aufwendig zu erstellende Tonmodelle oder gar Prototypen im Maßstab 1:1 der Vergangenheit an. Da in einem VR-basierten Review zudem Varianten einfach und schnell erstellt und anschließend gegenübergestellt werden können und das Produkt auch visuell in unterschiedlichen Szenen bzw. Umgebungen betrachtet und visuell bewertet werden kann, ist diese Prozessinnovation inzwischen aus der Praxis nicht mehr wegzudenken.

### Entwickeln: Rapid Simulation

Die oben beschriebene echtzeitfähige Simulation unter Nutzung des Graphikprozessors bietet ein erhebliches Potenzial zur Veränderung der Produktentwicklung. Zwar wird in vielen Branchen auch heute bereits intensiv mit Simulationstools gearbeitet, doch ist die Schleife aus Modellierung, Simulation, Interpretation der Simulationsergebnisse und daraus abgeleiteter Optimierung noch sehr träge. Dies ist sowohl der erforderlichen manuellen Aufbereitung der Simulationsmodelle, aber insbesondere auch den langen Berechnungszeiten geschuldet. Durch die echtzeitfähige Simulation, die direkt in die Modellierungswerkzeuge integriert werden kann, lässt sich der Effekt einer Änderung sofort bewerten und unterschiedliche Varianten explorieren. Zur Absicherung der favorisierten Lösung ist aber nach heutigem Stand immer noch eine genaue Simulation mit den üblichen Verfahren erforderlich.

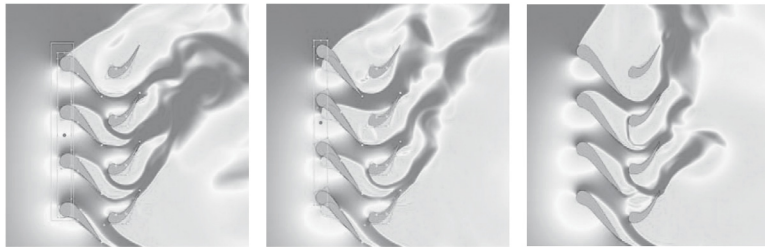


Abbildung 5: Rapid CFD (Modellierungswerkzeug mit integrierter, echtzeitfähiger Strömungssimulation)



## Entwickeln: VR im schiffbaulichen Entwicklungsprozess

Der Schiffbau in Europa ist gekennzeichnet durch Spezialschiffe hoher Komplexität, die in Kleinstserien oder als Unikate unter hohem zeitlichem Druck und in einem starken Preiswettbewerb entwickelt und gefertigt werden. Auch wenn die großen Werften heute sehr intensiven Gebrauch von 3D-CAD-Systemen machen, so reichen deren Möglichkeiten zur Visualisierung und Interaktion in einigen Fällen nicht aus, um im Entwurf alle Folgen einer Designentscheidung zu verdeutlichen.

Durch den Einsatz von Virtual Reality-Anwendungen, die speziell auf die konkreten Anforderungen in der jeweiligen Situation zugeschnitten sind, lässt sich dieses Defizit beheben. In Mesing et al. (2009) wird dazu ein Konzept vorgestellt, das sowohl methodische als auch implementierungstechnische Unterstützung bietet. Es wurde an verschiedenen Fallbeispielen von Werften unter Einsatz des o.g. Frameworks Instantreality erfolgreich erprobt.

Eine Anforderung mit hoher Aktualität, ist die Gewährleistung der Sicherheit von Passagieren an Bord von Fähren oder Kreuzfahrtschiffen. Hier wurde in Zusammenarbeit mit der Flensburger Schiffbau Gesellschaft ein Tool erstellt, das eine immersive VR-Darstellung mit einem Multitouch-Table zur intuitiven Steuerung verbindet (Mesing et al 2011). Die aus dem CAD-System importierten 3D-Daten wurden in einem stark automatisierten Authoringprozess aufbereitet, um trotz des großen Datenvolumens das komplette Schiff beim Sicherheitsreview betrachten zu können. Zudem wurde eine Integration mit der Evakuierungssimulation TraffGo vorgenommen. Darüber lassen sich die Bewegungen der Passagiere von ihrem Aufenthaltsort zu den Sammelplätzen bei den Rettungsbooten realitätsnah nachbilden.

Die von TraffGo nur als 2D-Visualisierung auf den Decksplänen unterstützte Visualisierung kann durch die 3D-Visualisierung deutlich verbessert werden. Die Nutzung von Virtual Reality mit der Möglichkeit der Einstellung unterschiedlicher Sichtweiten (durch die graphisch nachgebildete Ausbreitung von Rauch im Schiff) liefert zusätzliche Hinweise zur Verbesserung des Sicherheitskonzepts.



Abbildung 6: VR-gestützte Auswertung einer Evakuierungssimulation mit unterschiedlicher Sichtweite durch Rauchausbreitung



Abbildung 7: Konstruktion von Rohren im realen Kontext mittels Mixed Reality

Bisher wurden ähnliche Bewertungen erst bei der Endabnahme des Schiffes durchgeführt. Aufgedeckte Defizite resultieren dann zwangsläufig in hohen Kosten durch die Änderung bereits gefertigter und montierter Bauteile. Die Bewertung im virtuellen Raum spart dadurch Zeit und Kosten.

### **Entwickeln: Virtueller Modelldraht**

Eine Besonderheit im U-Bootsbau ist, dass aufgrund der extrem hohen Packungsdichte in vielen Bereichen sowie der Vielzahl der Systeme, Leitungen und Rohre heute noch Kunststoffmodelle im Maßstab 1:5 gefertigt werden, die als Referenz für die Fertigung der Unikate dienen. Zur Reduzierung der Entwicklungs- und Fertigungszeiten und auch aus Kostengründen soll dieser Prozess jetzt auf virtuelle Modelle umgestellt werden. Ein interessanter Teilaspekt in der Produktentwicklung sind die kleinen Leitungen bzw. Rohre unterhalb einer gewissen Nennweite. Diese werden nicht vorab modelliert, sondern bislang unter Nutzung des Kunststoffmodells geplant, mit einem echten Draht modelliert, der dann als Vorlage für die Rohrschlosserei dient.

Mittels Mixed Reality kann dieser Prozess, der von einer engen Verzahnung von Konstruktion und Fertigung geprägt ist, jetzt deutlich verbessert werden (Bockholt et al. 2010). Dafür nutzt man einen Tablet-PC mit eingebauter Kamera. Dieser erfasst den realen Bau-raum und ermöglicht es, über optisches Tracking die Position der Kamera exakt zu bestimmen. Damit kann eine Korrespondenz des Videobildes mit dem vorhandenen CAD-Modell gebildet werden. Der Nutzer kann dann einen Flansch auf dem Video selektieren und eine Rohrverbindung zum Zielflansch modellieren. Die Geometrie des so modellierten Rohrs kann direkt als Datensatz für die CNC-Biegemaschine exportiert werden.

### **Erleben: Training im virtuellen Modell**

Bei der Entwicklung von komplett neuen Fahrzeugtypen müssen die eigentliche Produktentwicklung und die Bereitstellung von Trainings- und Ausbildungskonzepten für die Fahrzeugführer eng miteinander verknüpft sein. So ist es auch bei den Bodeneffektfahrzeugen, die sich i.d.R. in geringem Abstand über der Wasseroberfläche bewegen und dadurch schnell und trotzdem sehr energieeffizient betrieben werden können. Bei Geschwindigkeiten von bis zu 200 km/h müssen die Operator solcher Fahrzeuge sehr gut geschult sein, um die potenziellen Gefahren, die von dem Fahrzeug im See-raum ausgehen, beherrschen zu können.



Abbildung 8: Trainingssimulator für Bodeneffektfahrzeuge am Fraunhofer IGD in Rostock

Aus diesem Grund wurde ein Trainingssimulator entwickelt (Deistung et al. 2011), der das Bewegungsverhalten des Fahrzeugs physikalisch weitgehend korrekt abbildet und mit dem Manöver, wie das Abwassern oder das Ausweichen gefahrlos geübt werden können – und das in einer Phase, in der sich das eigentliche Fahrzeug noch in der Entwicklung zur Serienreife befindet.

In ähnlicher Form werden heute auch von der deutschen Marine virtuelle Trainingsumgebungen für die Besatzungen erprobt, damit diese die Bedienung des Schiffs erlernen können, während das reale Schiff noch im Bau ist (Schupp 2011).

### **Zusammenfassung und Ausblick**

In diesem Beitrag wurde aufgezeigt, wie aktuelle Forschungsergebnisse des Visual Computing genutzt werden können, um das Konzept des virtuellen Produkts im kompletten Lebenszyklus umzusetzen. Damit leistet es einen wesentlichen Beitrag zur Optimierung der Prozesse – vom Styling über die Entwicklung bis zum Training der Anwender.

Die meisten der hier vorgestellten Anwendungen befinden sich noch im Prototypenstadium. Analog zur Entwicklung der VR-Systeme, die sich inzwischen am Markt etabliert haben und teilweise in umfassende Systeme zur Produktentwicklung integriert wurden, werden auch Rapid Simulation, Mixed Reality & Co. in den kommenden Jahren Eingang in entsprechende IT-Produkte finden.

Auch zukünftig werden die Prozesse der Produktentwicklung und der nachgelagerten Phasen von den Fortschritten des Visual Computing profitieren. Die dafür erforderlichen anwendungsorientierten Forschungsarbeiten lassen entsprechende Innovationen in den folgenden Bereichen erwarten:

- Leichtgewichtiger Soll-Ist-Abgleich unter Einsatz von Kameras statt von Laserscannern.
- Die umfassende Nutzung von 3D-Daten in allen Unternehmensbereichen durch Plug-In-freie Web-Applikationen.
- Die ständige Möglichkeit zum mobilen Zugriff auf 3D-Daten über leistungsfähige mobile Endgeräte.
- Die Etablierung alternativer Repräsentationsformen für 3D-Objekte, insbesondere durch dynamische Meshes.
- Die kontinuierliche und möglichst automatisierte Aktualisierung des virtuellen Produkts bei Änderungen am realen Produkt.

### **Danksagung**

Die diesem Beitrag zugrunde liegenden Arbeiten in den Projekten »POWER-VR« und »3D maritim« wurden durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) gefördert aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

## Literaturverzeichnis

- Abele, E. ; Reinhart, G: 2011: Zukunft der Produktion – Herausforderungen, Forschungsfelder, Chancen. München: Hanser Verlag.
- Behr, J ; Jung, Y.; Keil, J.; Drevensek, T.; Zöllner, M.; Eschler, P.; Fellner, D.W. 2010: A Scalable Architecture for the HTML5 / X3D Integration Model X3DOM. In: Proceedings Web3D 2010: 15th International Conference on 3D Web Technology. 185-193. New York: ACM Press
- Bockholt, U.; Webel, S.; Staack, I.; Riedel, M.; Rieß, P.; Olbrich, M.; Wuest, H. 2011: Kooperative Mixed Reality für Konstruktion und Fertigung im Schiffsbau. In: Schenk, M. (Hrsg.); 14. IFF-Wissenschaftstage. Tagungsband : Digitales Engineering und virtuelle Techniken zum Planen, Testen und Betreiben technischer Systeme. 191–196, Stuttgart: Fraunhofer Verlag.
- Brüderlin, B.; Heyer, M.; Pfützner, S. 2007: Interviews3D: A Platform for Interactive Handling of Massive Data Sets. IEEE Computer Graphics and Applications, 27(6):48-59.
- Deistung, E.; Kolewe, B.; Vahl, M.; von Lukas, U. 2011: MARSPEED - Ein skalierbarer Trainingsimulator für Bodeneffektfahrzeug. In: von Lukas, U. et. al (Hrsg.) Tagungsband Go-3D 2011, 75-94, Stuttgart: Fraunhofer Verlag.
- Behr, J.; Bockholt, U.; Stricker, D. 2008: Instant-Reality – Mixed Reality Techniken im Produktlebenszyklus. In: Gausemeier, J.; Grafe, M. (Hrsg.) Augmented & Virtual Reality in der Produktentstehung. 16–27. Paderborn: Heinz Nixdorf Institut.
- Franke, T.; Kahn, S.; Olbrich, M.; Jung, Y. 2011: Enhancing Realism of Mixed Reality Applications through Real-Time Depth-Imaging Devices in X3D. In: Proceedings Web3D 2011: 16th International Conference on 3D Web Technology. 71–80, New York: ACM Press.
- Gierlinger, T.; Danch, D.; Stork, A. 2010: Rendering Techniques for Mixed Reality. In: Journal of Real-Time Image Processing. 5 (2010), No. 2, 109-120.
- International Organization for Standardization 2011: Industrial automation systems and integration – JT file format specification for 3D visualization. ISO/PAS 14306:2011
- Mesing, B.; Kluwe, F.; von Lukas, U. 2011: Evaluating Evacuation Simulation Results in a Virtual Reality Environment. In: Bertram, V. (Hrsg.) Proceedings International Conference on Computer and IT Applications in the Maritime Industries (COMPIT) 2011, 326–334, TU Hamburg-Harburg
- Mesing, B.; Vahl, M.; von Lukas, U. 2009: Ein ganzheitlicher Ansatz für den Einsatz von VR im schiffbaulichen Sektor. In: Gausemeier, J.; Grafe, M. (Hrsg.): Augmented und Virtual Reality in der Produktentstehung : Grundlagen, Methoden und Werkzeuge. Paderborn 275–288: Heinz Nixdorf Institut.

- Schupp, M. 2011: ViSTIS: Revolutionary team training for complex systems. In: ThyssenKrupp techforum, Issue 1. 64–67.
- bin Mohd Sidik, M.K.; bin Sunar, M..S.; bin Ismail, I.; bin Mokhtar, M.K.; Jusoh, N.B.M. 2011: A Study on Natural Interaction for Human Body Motion Using Depth Image Data. In: Proceedings of the 2011 Workshop on Digital Media and Digital Content Management (DMDCM). 97-102, Washington, DC, US: IEEE Computer Society.
- Spur, G.; Krause, F.-L. 1997: Das virtuelle Produkt – Management der CAD Technik. München, Wien: Carl Hanser Verlag.
- Stark, R.; Krause, F.-L.; Kind, C.; Rothenburg, U.; Müller, P.; Hayka, H.; Stöckert, H. 2010: Competing in engineering design — The role of Virtual Product Creation, In: CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, Volume 3, Issue 3, 175–184.
- Stork, A. 2010: Shedding Light on the Virtual World. In: Projects. (2010), No. 18, 76-78.
- Wagner, M.; Schneider, P.; Hinnerichs, A.; Bruder, T.; Stork, A.: 2011: Functional DMU: Co-Simulation of Mechatronic Systems in a Virtual Environment. In: The American Society of Mechanical Engineers (ASME): ASME 2011 World Conference on Innovative Virtual Reality: WINVR 2011. 193–198. New York: The American Society of Mechanical Engineers.
- Weber, D.; Peña Serna, S.; Stork, A.; Fellner, D.W. 2012: Rapid CFD für die frühe konzeptionelle Design Phase. In: NAFEMS Online Magazin 21 (2012) No.1, 70–79
- Wendt, L.H; Stork, A.; Kuijper, A; Fellner, D.W. 2010: 3D Reconstruction from Line Drawings. In: Institute for Systems and Technologies of Information, Control and Communication (INSTICC): VISIGRAPP 2010. Proceedings: International Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications. 65–71. Portugal: INSTICC Press

## Kontakt

Prof. Dr.-Ing. Uwe Freiherr von Lukas  
 Fraunhofer IGD / Universität Rostock  
 Joachim-Jungius-Straße 11  
 18059 Rostock  
[www.igd-r.fraunhofer.de](http://www.igd-r.fraunhofer.de)

