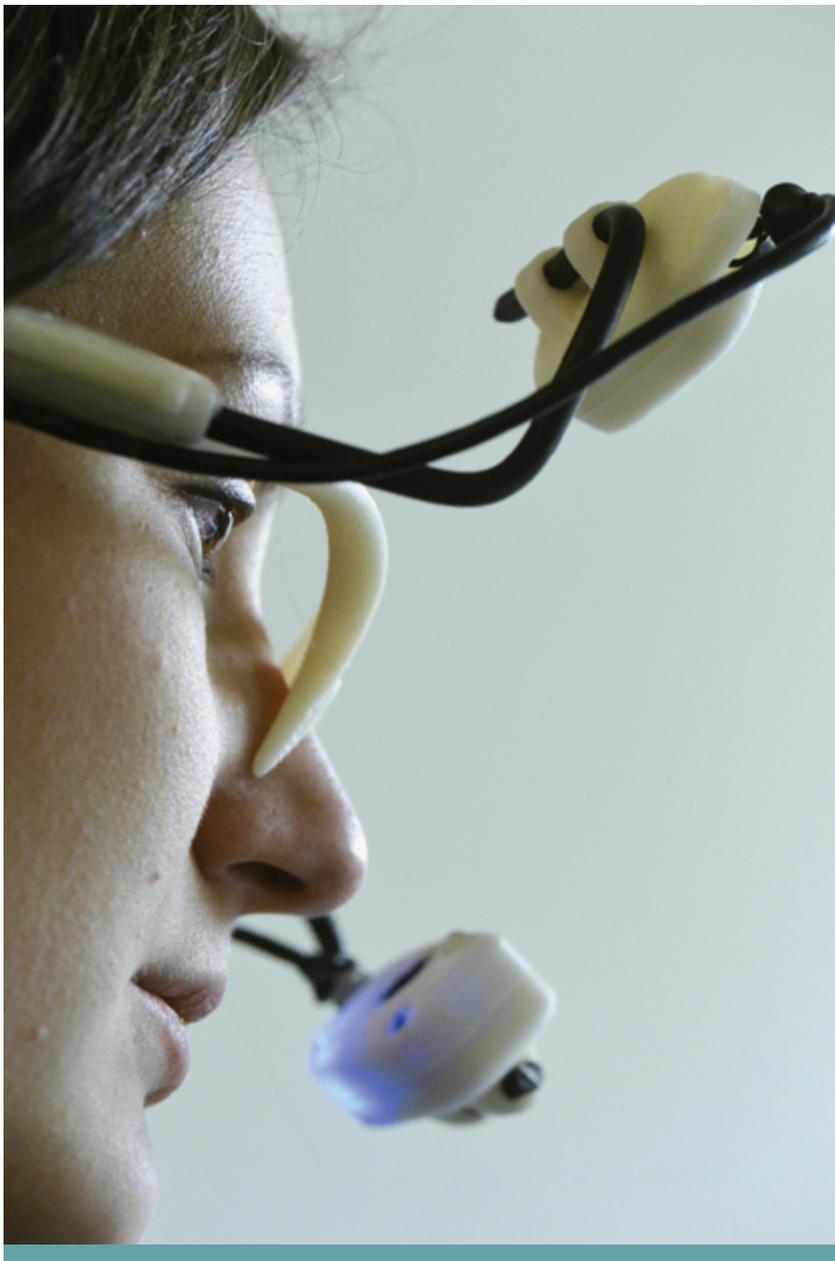


Simulationstools für Mensch-Computer- Interaktionen



Als zentrale Werkzeuge sind computergestützte Simulationen schon jetzt aus Wissenschaft und Industrie nicht mehr wegzudenken. Ziel ist es, dass auch Laien diese Tools zukünftig ohne Anleitung bedienen und bei alltäglichen Entscheidungsprozessen – Nehme ich das Fahrrad oder den Bus? – einsetzen können.

1. Einleitung

Computergestützte Simulationen haben in den letzten Jahren eine so große Verbreitung gefunden, dass ihre Ergebnisse vielfältige Lebensbereiche betreffen. Die Bandbreite reicht dabei von Simulationen, die Endnutzer direkt betreffen, wie die Vorhersage des Wetters, bis hin zu Simulationen, die bei der Herstellung von optimierten Produkten, wie beispielsweise in der Automobilherstellung, helfen. Gleichzeitig sprechen Simulationstools neue Nutzergruppen an. Als zentrale Werkzeuge sind computergestützte Simulationen in Wissenschaft, industrieller Forschung und bei der Entwicklung vielfältiger Produkte damit nicht mehr wegzudenken. Trotzdem nutzen vor allem Experten Simulationstools, und der Aufwand für die Einarbeitung ist weiterhin sehr groß. Dabei könnte der Einsatz dieser „Simulation Tools“ schon flächendeckender sein, zumindest was die erforderliche Re-

chenleistung angeht, die den Endnutzer in ihren Computern zur Verfügung steht. Dass sich die Simulation Tools trotzdem noch nicht im Alltagsgebrauch durchgesetzt haben, liegt auch an der weiterhin hochkomplexen Bedienbarkeit dieser Werkzeuge.

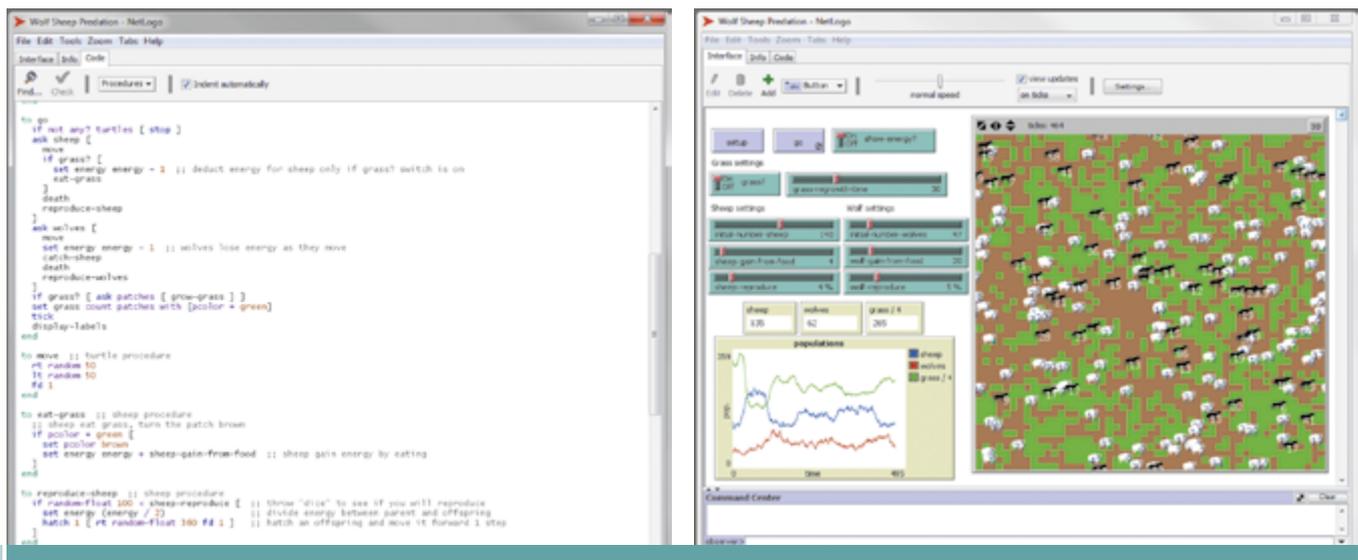
Welches enorme Potenzial freigesetzt werden kann, wenn Werkzeuge auch vom Laien handhabbar werden, ließ sich in anderen Bereichen bereits gut beobachten. In der Mitte der 1970er-Jahre war es etwa noch schwer vorstellbar, dass ein durchschnittlicher Benutzer in der Lage sein könnte, Texte in Buchdruckqualität selbst zu setzen und druckreife Informationsgrafiken zu erstellen. Die gängige Interaktionsform, um Texte zu setzen, waren über lange Zeit Beschreibungssprachen, welche ähnlich der Programmierung sind (z.B. TeX oder später LaTeX). Durch die Entwicklung von sogenannten „What You See Is What You Get“-Textverarbeitungen ist es heute hingegen selbstverständlich, dass bereits Schulaufsätze zumindest im Layout und Satz eine professionelle Qualität aufweisen. Einfach zu benutzende Textverarbeitungen haben zu einer dramatischen Verbesserung der Satz- und Layoutqualität von Dokumenten geführt, die auch von normalen Anwendern erreicht werden kann. Vergleicht man universitäre Abschlussarbeiten von 1980 und 2010, so ist dieser Unterschied sehr auffällig. Anders als vielleicht zu erwarten war, hat diese Entwicklung professionelle Satzsysteme für die Nutzung durch Experten mitnichten verdrängt. Viele Wissenschaftler und professionelle Layouter verwenden immer noch Beschreibungssprachen wie LaTeX. So kann vermutet werden, dass sich die Entwicklung von einfach zu benutzenden Textverarbeitungssystemen für Endnutzer und professionellen Desktop-Publishing-Systemen eher gegenseitig befruchtet hat. Dem Durchschnittsnutzer wurden somit ganz neue Möglichkeiten eröffnet, während Experten bessere Ergebnisse in kürzerer Zeit erzeugen können.

Für die heute gängigen Simulationswerkzeuge gilt, dass sie darauf ausgerichtet sind, Experten möglichst gut zu unterstützen. Als Experten werden hier vor allem Personen verstanden, die sowohl in dem Feld, in welchem die Simulation ihre Anwendung findet, fachkundig sind, als auch in der

SUMMARY

Computer-assisted simulations gained momentum in academia and industry. Today, simulation tools are widely used but still for experts only. In other domains we saw the enormous potential when tools for experts become available to end users. When word processors became easy to use they became widespread and dramatically increased the quality of the documents created by non-expert users. In this article we review the interaction paradigms for simulation tools. To make simulation tools usable by end users it will be necessary to provide expressive means for input and output. The bandwidth of the communication channel between computers and humans must be increased. Computers will react on implicit input that includes eye movement and other physiological characteristics. Through this we envision that easy to use ubiquitous simulation tools will empower everyone to make more founded decisions. Running a simulation will be as easy and common as writing a letter in a word processor today.

Programmierung und Nutzung von Simulationssystemen. Solche Umgebungen und Werkzeuge zeichnen sich durch eine große Ausdrucksstärke aus, d.h. die mit ihrer Hilfe simulierten Szenarien sind detailliert gestaltbar und damit umso aussagekräftiger, lassen sie doch Rückschlüsse auf einzelne, variable Parameter zu. Darüber hinaus bieten sie einen effizienten und effektiven Umgang mit den zugrundeliegenden Algorithmen. Die Experten sollen durch die Systeme nicht in dem eingeschränkt werden, was sie simulieren wollen. Der vergleichsweise hohe Lernaufwand, den die entsprechend komplexen Systeme in ihrer Bedienung erfordern, wird dafür in Kauf genommen. Personen, welche hingegen „nur“ Experten in ihrem eigentlichen Fachgebiet sind, in welchem Sie die Simulation nutzen möchten, aber keine Kenntnis im Umgang mit dem Simulationssystem haben, können dementsprechend die Simulationen nicht nutzen. Ohne Wissen über die Eigenschaften der verfügbaren Algorithmen, ihrer Schwächen und Möglichkeiten, finden sie keinen direkten Zugang und benötigen Unterstützung von Simulationsexperten. Die Balance zwischen einer hohen Funktionalität und einfachen Bedienbarkeit ist daher eine grundlegende Frage in der Gestaltung von Simulationswerkzeugen für eine breite Nutzerschicht. In unseren Forschungsarbeiten beschäftigen wir uns damit, wie die Interaktion mit Simulationssystemen vereinfacht werden kann. Unsere Vision ist, dass durch die von Endanwendern einfach zu nutzenden Simulationswerkzeuge ein ähnliches Potenzial freigesetzt werden kann, wie wir es in den vergangenen Jahrzehnten im Bereich Desktop Publishing beobachten



Beispiel eines Simulationsprogramms und der grafischen Darstellung in NetLogo. Auf der linken Seite ist ein „typischer“ Quellcode zu sehen, auf der rechten die grafische Oberfläche, wie sie sich dem Nutzer darstellt. Auf dieser Ebene kann der Nutzer auch ohne Programmier-Know-how die Simulation „bedienen“ und z.B. einzelne Parameter setzen und den Ablauf der Simulation beobachten.

konnten. Im Kasten am Ende des Beitrags sind verschiedene Beispiele für diese Vision aufgeführt.

2. Interaktionsparadigmen

Für ein besseres Verständnis, wie nah oder fern die Umsetzung dieser Vision ist, soll zunächst ein Überblick über verschiedene Interaktionsparadigmen und Formen der Mensch-Computer-Interaktion gegeben werden, welche in der Simulationstechnik relevant sind. Ihre Vor- aber auch Nachteile in der Nutzung müssen zwingend bedacht werden, will man die intuitive Interaktion mit Simulationssystemen erreichen.

2.1 Programmierung

In vielen technischen Fächern und insbesondere in der Simulationstechnik ist die Erstellung von Softwareprogrammen (Programmierung) eine gängige Form der Mensch-Computer-Interaktionen. Wissenschaftler und sogenannte Domänenexperten mit Programmierkenntnissen legen in Form von Computerprogrammen und Datenmodellen das spezifische System und sein Verhalten fest. Bei diesem Ansatz können Softwareprogramme in Programmier-Hochsprachen wie C/C++ oder Java direkt für eine bestimmte Plattform (z.B. PC oder Großrechner) entwickelt werden. Alternativ werden die Programme als interpretierbare Skripte implementiert. In der Simulationstechnik können durch spezifische und für einen bestimmten

Zweck erstellte Programme Simulationen wie auch die zu Grunde liegenden Modelle beschrieben werden. Zur Durchführung der Simulation wird dann dieses spezifisch für die jeweilige Aufgabenstellung erstellte Programm ausgeführt. Im Allgemeinen wird das Programm durch zusätzliche Eingabeparameter und Daten ergänzt. Ein Beispiel für eine solche Simulationsumgebung ist NetLogo, ein programmierbares Modellierungs- und Simulationstool, welches besonders für die agentenbasierte Simulation von natürlichen und sozialen Phänomenen wie beispielsweise der Bewegung von Menschenmassen in Notfallsimulationen geeignet ist.

Der zentrale Vorteil der Programmierung als Schnittstelle zwischen Mensch und Simulationswerkzeug ist die bereits erwähnte Ausdruckstärke einer Programmiersprache. Mittels Programmierung können nahezu beliebige Simulationen und Modelle realisiert werden. Die Möglichkeiten, eine bestimmte Simulation zu verwirklichen, sind eigentlich nur durch die Fähigkeiten des Entwicklers und die eventuell notwendige Rechenleistung begrenzt. Der große Nachteil besteht jedoch darin, dass Entwickler und Nutzer der Simulation gleichermaßen über Fähigkeiten zur Programmierung verfügen oder aber sich aneignen müssen. So ist in vielen wissenschaftlichen Anwendungen der Entwickler der Simulation auch gleichzeitig der Nutzer. Sind Entwickler und Nutzer unterschiedliche Personengruppen, ist es hingegen sinnvoll, auch unterschiedliche Benutzungsschnittstellen zur Verfügung zu stellen.

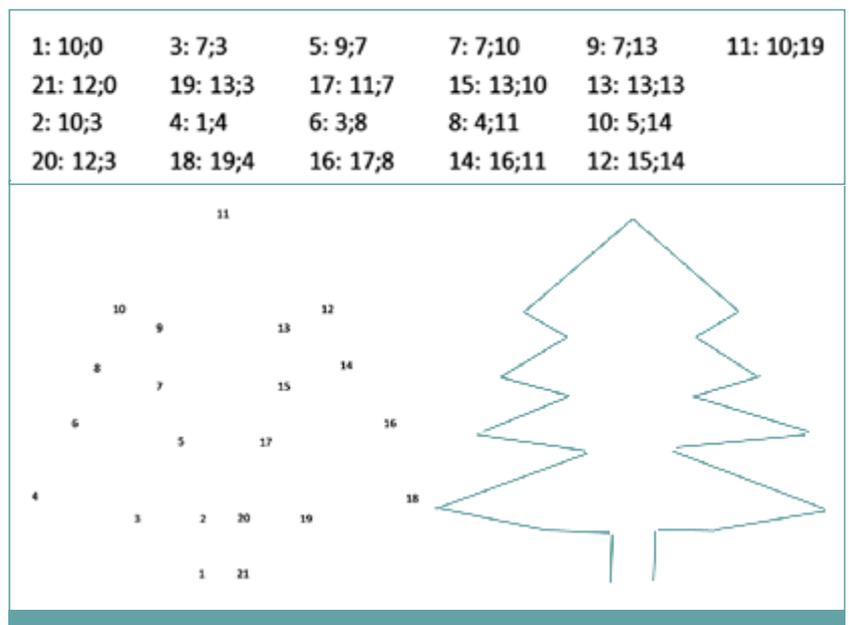
2.2 Grafische Benutzungsschnittstellen und direkte Manipulation

Die meisten Computersysteme verfügen heute über grafische Benutzungsschnittstellen, welche mittels direkter Manipulation von sichtbaren Objekten bedient werden. Die grundlegende Idee bei der direkten Manipulation ist, dass für relevante Daten und Funktionen eine grafische Repräsentation auf dem Bildschirm geschaffen wird, mit welcher interagiert werden kann [1]. Die Interaktion geschieht mit einem Zeigegerät (z.B. einer Maus) oder direkt am Bildschirm (z.B. Touchscreen).

Grafische Benutzungsschnittstellen und der Interaktionsstil der direkten Manipulation vereinfachen die Interaktion mit Computern und Anwendungen wesentlich, da die auf dem Bildschirm dargestellten Objekte den Interaktionsraum bestimmen und dem Benutzer Hinweise auf mögliche Interaktionen geben. Dadurch wird der Aufwand für das Erlernen eines Systems stark verringert, und Benutzer können durch Ausprobieren die Funktion des Systems erkunden. Gute grafische Benutzungsschnittstellen verwenden solche grafische Darstellungen, welche es dem Benutzer ermöglichen, die einzelnen Aktionen intuitiv zu erfassen. Darüber hinaus haben sie zusätzlich noch die Eigenschaft, dass alle Aktionen, die der Benutzer durchführt, rückgängig zu machen sind.

Im Gegensatz zu einer Programmierschnittstelle sind die Möglichkeiten des Benutzers durch die grafische Oberfläche natürlich eingeschränkt. Ist für eine Variable ein Schieberegler vorhanden, welcher nur ganze Zahlen zulässt, so ist es eben nur möglich, ganze Zahlen einzugeben. Ist für einen Wert kein Interaktionselement vorhanden – wie z.B. für die Farbe der Schafe in (01) – kann dieser Parameter auch nicht verändert werden. Durch die Verwendung einer grafischen Oberfläche wird zwar die Bedienung vereinfacht, allerdings auf Kosten einer geringen Ausdrucksstärke. Grafische Benutzungsschnittstellen werden somit häufig zur interaktiven Steuerung von Simulationen und zur Parametrisierung verwendet.

In der Anwendung der Simulationstechnologie findet man daher häufig den Fall, dass Nutzer der Simulation mit einer weniger mächtigen grafischen Schnittstelle interagieren und die Entwickler gegebenenfalls auf den Quellcode zurückgreifen.



Die Semantik der geordneten Punkte (oben) ist ohne Hilfsmittel nur schwer zu sehen, geschweige denn zu verstehen. Eine Darstellung im Koordinatensystem (unten links) macht es einfacher; werden noch Hilfslinien eingefügt, ergibt sich ein klar zu erkennendes Bild (unten rechts).

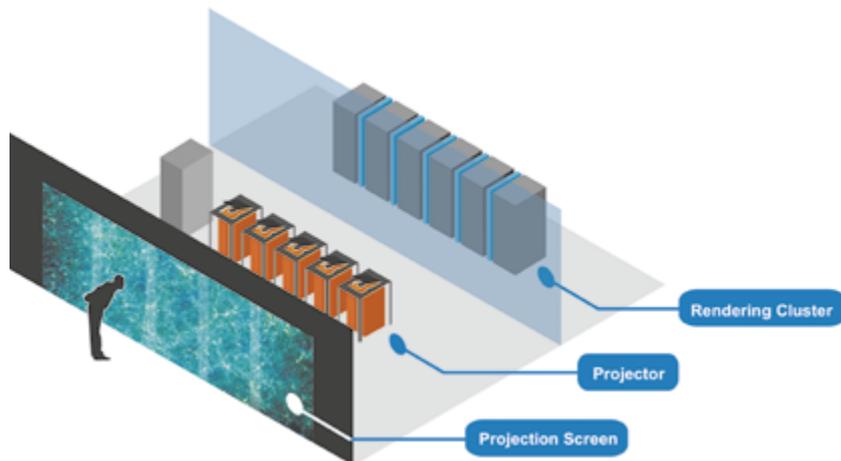
Damit eine größere Nutzergruppe Simulationswerkzeuge verwenden kann, ist es zentral, dass diese einfacher zu bedienen sind. Wie eingangs erwähnt, bedeutet das aber, dass eine Vereinfachung der Nutzung die Möglichkeiten einschränkt, welcher der Nutzer hat. Historisch hat sich gezeigt, dass durch einfachere Benutzungsschnittstellen und Konzepte neue Nutzer hinzukommen, dass jedoch die bisherigen Benutzer nur bedingt auf neue Bedienkonzepte umsteigen, da sie die Ausdrucksstärke nicht vermissen möchten.

2.3 Interaktion mit Visualisierungen

Generell ist es schwierig, numerische Daten ohne weitere Hilfsmittel zu verstehen.

D.h. eine Reihe von Punkten als Menge oder Liste geschrieben gibt wenig Aufschluss über deren Zusammenhang. Hingegen kann bereits eine Darstellung dieser Daten in einem Koordinatensystem helfen, dass die Zusammenhänge auf den ersten Blick erkennbar sind: (02). Dieses kleine Beispiel zeigt, dass die gewählte Darstellungsform von Informationen und insbesondere die Darstellung von Ergebnissen einer Simulation einen sehr großen Einfluss auf die Verständlichkeit haben.

Typische Aufgaben, die durch die visuelle Darstellung von Daten erleichtert und ermöglicht werden, sind z.B. Datenvergleiche, das Erkennen von Strukturen und Beziehungen oder das Herausfiltern von für die Aufgabe relevanten Daten.



03

Hochauflösende Großprojektionswand im VISUS Visualisierungslabor an der Universität Stuttgart, siehe <http://www.visus.uni-stuttgart.de/institut/visualisierungslabor.html>.

In heutigen Simulationen entstehen häufig sehr große Datenmengen, welche auf normalen Bildschirmen (z.B. Full-HD mit 1920×1080 Pixeln) nicht mehr vollständig dargestellt werden können. So mussten unterschiedliche Ansätze entwickelt werden, um auch mit größeren Datenmengen visuell umzugehen. Eine Strategie ist die Visualisierung auf größeren Displays, wie zum Beispiel an der Universität Stuttgart im VISUS Visualisierungslabor, wo eine hochauflösende Großprojektionswand mit 6 mal 2,25 Meter Größe Darstellungen in 2D und 3D erlaubt. Dabei ist bei der 3D-Darstellung eine Auflösung von 44 Millionen Pixeln je Auge möglich: (03). Eine andere Strategie ist die Reduktion der Daten auf eine Menge, die auf bereits vorhandenen Displays dargestellt werden kann. Wie das gelingen kann, verrät das „Visualisierungsmanttra“ von Shneiderman pointiert: „Überblick, Zoom und Filter, Detailbetrachtung“ [2].

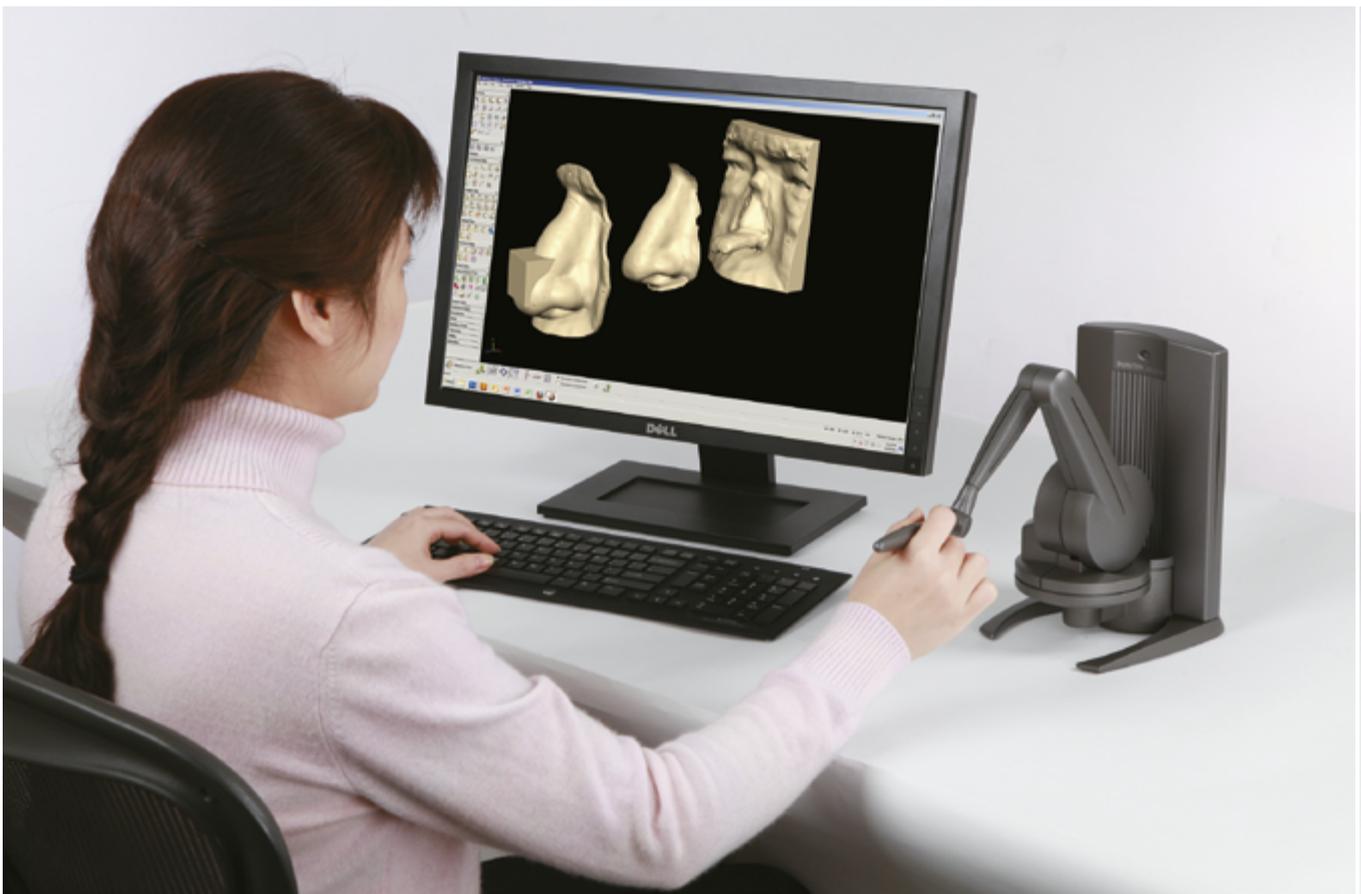
Im Umgang mit großen Datenmengen ist es also extrem hilfreich, wenn der Benutzer selbst die Visualisierung steuern kann. Dabei ist es möglich, interaktiv festzulegen und zu verschieben, welcher Teil der Daten betrachtet wird, welche Parameter und welche Zusammenhänge dargestellt werden oder mit welchem Detaillierungsgrad Informationen angezeigt werden sollen. Der Begriff „Visual Analytics“ beschreibt in Konsequenz eine wissenschaftliche Vorgehensweise, bei der analytische Schlussfolgerungen aus großen Datenmengen durch interaktive Benutzungsschnittstellen unterstützt werden [3]. Eine grundlegende Annahme ist hier, dass durch die Interaktion mit den Daten und der gezielten visuellen Darstellung einzelner Ele-

mente neue Einsichten gewonnen werden können. Im Entwurf von solchen Systemen ist es zentral, die Aufgabenteilung zwischen Mensch und System sinnvoll zu gestalten. Die Aufgabe des Computers wäre es etwa spezifische Suchanfragen, das Sortieren und Ordnen, Filtern oder aber arithmetische Operationen schnell und effizient bereitzustellen. Der Part des menschlichen Nutzers ist im Gegensatz, Hypothesen aufzustellen und zu prüfen, Strukturen zu erkennen, Zusammenhänge zu erkunden oder Schlussfolgerungen zu ziehen. Diese Prozesse lassen sich gut verallgemeinern und auf die Entdeckung von Kausalitäten anwenden [4].

Eine Vielzahl an Visualisierungstechniken und Diagramm-Typen steht dabei für unterschiedlichste Datenstrukturen bereit. Beispiele sind einfache zweidimensionale Karten, auf welchen Daten überlagert werden, dreidimensionale räumliche Strukturen, Parallelkoordinaten für die Darstellung multidimensionaler Daten oder verschiedene Baumdarstellungen und Netzwerkvisualisierungen. Typische Interaktionsmechanismen wie Scrollen oder „Drag & Drop“ werden hier für die Navigation und die Auswahl von Daten benötigt.

2.4 Multimodale Interaktion mit Simulationen

Der visuelle Kanal ist bei der Ausgabe von Informationen durch Computersysteme vorherrschend. Wie bereits beschrieben, können verschiedene Formen der grafischen Darstellungen genutzt werden, um große Datenmengen und deren Zusammenhänge (auf einen Blick) sichtbar zu machen. Die visuelle Vermittlung bietet sich allein schon deswegen an, da Menschen so eine besonders große Menge an Informationen wahr- und aufnehmen können. Doch welche Rolle spielen Sinnesorgane wie das Hören oder Tasten für die Informationsaufnahme bei Simulationen? Das Konzept der multimodalen Interaktion setzt hier an und beruht auf der Idee, verschiedene Modalitäten beziehungsweise Sinneskanäle bei der Interaktion einzubeziehen. Systeme können dabei so gestaltet sein, dass verschiedene Sinne gleichzeitig genutzt werden. Ein Beispiel ist die Datenvermittlung durch eine Kombination aus visueller Darstellung, Tonwiedergabe und haptischer Ausgabe.



04

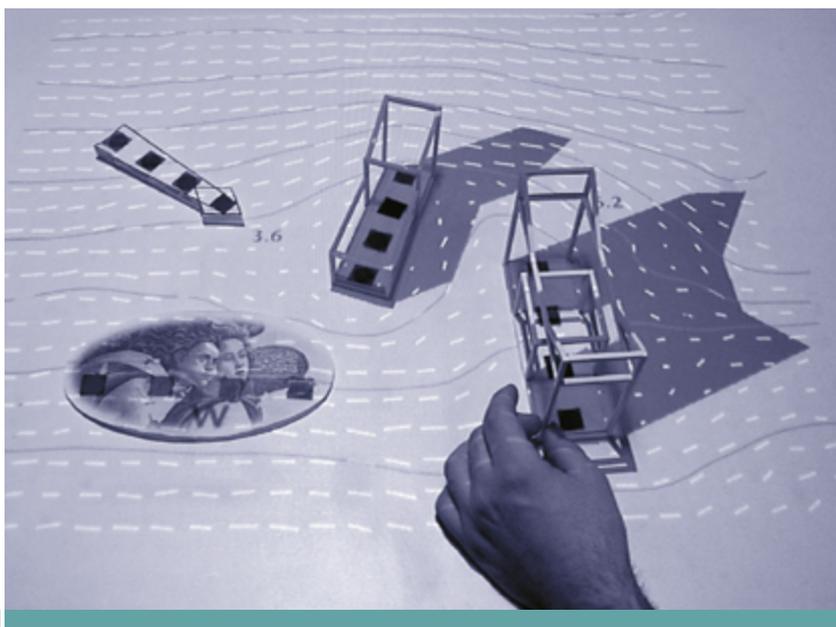
Eine andere Form der Multimodalität ist die Bereitstellung diverser Modalitäten für die gleiche Funktion, wobei der Benutzer auswählen kann, welche er verwendet. Ein Beispiel hierfür ist eine moderne grafische Oberfläche mit Sprachsteuerung. Hier können Befehle alternativ mit der Tastatur, der Maus oder mit Sprache eingegeben werden. Multimodalität ist dabei in beide Richtungen der Mensch-Computer-Interaktion denk- und anwendbar, also sowohl für die Kommunikation vom Computer zum Menschen als auch vom Menschen zum Computer.

Für Simulationen bleibt der visuelle Kanal sicherlich am bedeutsamsten, dennoch eröffnen weitere Modalitäten ganz neue Möglichkeiten, Vorgänge und Daten für den Menschen erfahrbar zu machen. Wie fühlt es sich z. B. an, bestimmte Schnitte bei einem chirurgischen Eingriff durchzuführen? Dies ist visuell oder akustisch nur schwer zu vermitteln, lässt sich aber haptisch gut darstellen. Gleiches gilt für den anschaulichen und einfacher zu simulierenden Vorgang, bei dem eine Kirsche mit einem Messer durchgeschnitten werden soll.

Dabei wird zuerst die Haut eingedrückt bevor der Schnitt durch sie durchgeht und letztlich auch das tieferliegende Fruchtfleisch zerteilt wird. In der Mitte wird das Messer durch den Kern abgelenkt. Wenn nun die Kräfte auf Basis der Materialeigenschaften simuliert werden, stellt sich die Frage, wie sie dargestellt werden können. Mit einem haptischen Interaktionsgerät, wie dem Geomagic Touch X (04), hält der Benutzer einen Stift, der ein Messer oder Skalpell simuliert. Das Gerät erzeugt Kräfte auf sechs Achsen und kann so authentisch das Gefühl des Messers, das durch eine Kirsche schneidet, vermitteln.

In traditionellen Systemen werden Ein- und Ausgabekanäle zwischen Mensch und Computer bislang klar getrennt. Eingaben werden über Geräte wie Maus, Tastatur oder Mikrofone getätigt. Ausgaben werden für den Benutzer grafisch, akustisch oder auch haptisch dargestellt. Das vorher angesprochene haptische Interaktionsgerät Geomagic Touch X ist beispielhaft für die Zusammenführung von Ein- und Ausgabe. Während der Eingabe (also der Bewegung des Stifts) wird gleichzeitig und

Ein Nutzer bei Verwendung einer Geomagic Touch X zur Interaktion mit einem am Centre for Applied Reconstructive Technologies in Surgery (Cartis) entwickelten Modellierungswerkzeug. © 3D Systems Geomagic Solutions Be-greifbare Interaktion mit Simulationswerkzeugen.



05

Simulation der Auswirkung von Gebäuden auf Schatten und Wind in einer urbanen Umgebung (Bild aus: Underkoffler und Ishii 1998).

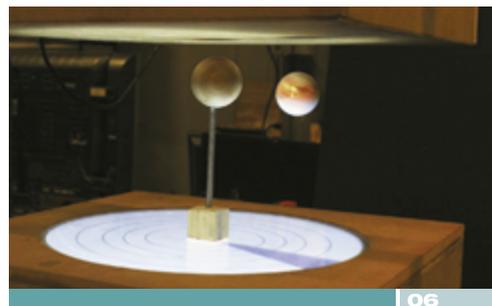
(06) Begreifbare Simulation der Interaktion zwischen Planeten in einem Sonnensystem (aus: Lee et al. 2011).

unmittelbar die Ausgabe (also die Kräfte in den verschiedenen Dimensionen) erfahren. Durch diesen Ansatz werden Daten und Informationen im ursprünglichen Sinn des Wortes begreifbar gemacht.

Begreifbare Interaktion (engl. *Tangible Interaction*) verallgemeinert dieses Konzept nun und hat es sich zum grundlegenden Design-Prinzip gemacht, Daten und Informationen direkt anfassbar und manipulierbar zu machen [s. 5 und 6]. Die physikalische Repräsentation von Daten scheint dem Benutzer deren Verständnis und Handhabung wesentlich zu erleichtern. Neben den eigentlichen Daten können mit diesem Ansatz auch Operatoren, welche die Daten verändern oder Programme steuern, so umgesetzt werden, dass sie eine einfache Form der Interaktion ermöglichen. Bei Schachrobotern ist dies etwa der Fall.

Erste Ansätze zur Entwicklung spezifischer Simulationswerkzeuge, die für Endanwender benutzbar sind, verwenden solche begreifbaren Benutzungsschnittstellen. Interessant ist dabei, dass schon die frühen und richtungweisenden Arbeiten aus dem Bereich der Tangible User Interfaces die Interaktion von Endnutzern mit Simulationen als zentrales Anwendungsfeld sehen. Viele grundlegende Konzepte von Tangible User Interfaces sind dadurch motiviert, dass solche Benutzungsschnittstellen eine niedrigere Einstiegshürde für die Interaktion bieten und darüber hinaus eine gleichzeitige und kooperative Inter-

aktion mehrerer Benutzer erlauben. Dadurch, dass die Interaktion mit den digitalen Inhalten über die Bewegung/Manipulation physikalischer Objekte abläuft, können klassische Ansätze der Koordination und Verständigung von Menschen untereinander sowie der Antizipation zukünftiger Handlungen auf die digitale Welt übertragen werden.



06

Ein klassisches Beispiel hierfür sind die Arbeiten von Underkoffler und Ishii zu Planungswerkzeugen für urbane Gebiete [7], die u.a. Simulationsumgebungen entwickelt haben, in denen physikalische und anfassbare Modelle von verschiedenen Gebäuden vom Benutzer frei auf einem Tisch verschoben werden können. Die Position und Orientierung der Modelle wird dabei von einem Computer erfasst und findet so Eingang in eine Simulation. Der Simulationsalgorithmus ermittelt für die aktuelle Lage der Gebäudemodelle verschiedene Aspekte, wie die jeweiligen Licht- oder Windverhältnisse an verschiedenen Stellen des simulierten Stadtgebiets. Das Simulationsergebnis wird auf die Szene projiziert und so für den Benutzer direkt erfahrbar: (05). Weitere Freiheitsgrade in dieser Simulation, wie der Sonnenstand, die Windrichtung oder die Windgeschwindigkeit können durch den Benutzer interaktiv verändert werden. Hierzu werden ebenfalls physikalische Objekte verwendet (z.B. ein Pfeil für die Windrichtung, der an einer beliebigen Stelle positioniert werden kann). Durch diese Form der Interaktion werden Benutzer in die Lage versetzt, verschiedene Szenarien auszuprobieren und anschließend zu bewerten. Dabei können Einzelne oder auch Gruppen sehr schnell und ohne vorherige Anleitung bestimmte Simulationen durchführen und deren Ergebnisse quasi hautnah erfahren. Gleichzeitig zeigt dieses Beispiel, dass mit dieser Form der Interaktion nur sehr spezifische

Simulationen durchgeführt und parametrisiert werden können.

Ein weiteres Beispiel aus dem Bereich begeibarere Benutzungsschnittstellen ist ZeroN, ein System, bei dem Objekte durch Magnetismus im freien Raum platziert werden können: (06). ZeroN wurde unter anderem schon dazu eingesetzt, physikalische Vorgänge wie die Bewegung von Planeten im Sonnensystem zu simulieren [8]. Der Nutzer kann hierbei die Position eines Planeten im simulierten Sonnensystem verändern und die Auswirkungen seiner Manipulation direkt beobachten.

3. Natürliche und Intuitive Interaktion mit Simulationen

Zusätzlich zu den oben beschriebenen Interaktionsparadigmen steht im Mittelpunkt zahlreicher anwendungsorientierter Forschung die Frage, wie die Interaktion zwischen Mensch und Computer auf natürliche und intuitive Weise unterstützt werden kann [9]. Die grundlegende Idee hierbei ist, dass Menschen ihre Interaktionserfahrungen, Verhaltensmuster aus der realen Welt einsetzen können um mit Computern und Anwendungen zu interagieren. Die Analogiebildung wird in der Literatur als Konzept realitätsbasierter Interaktion (engl. Reality-based Interaction) definiert [10]. In diesem Ansatz werden Benutzungsschnittstellen so umgesetzt, dass sie auf Basis des Weltwissens der Anwender intuitiv zu bedienen sind. Dieses Know-how umfasst etwa die Kenntnis der grundlegenden physikalischen Phänomene, die Wahrnehmung des eigenen Körpers und der Umgebung sowie elementare soziale Fähigkeiten. Solche quasi natürlichen Formen der Interaktion setzen jedoch voraus, dass die Kommunikationsbandbreite zwischen Computer und Mensch, und insbesondere in der Ausrichtung vom Menschen zum Computer, erhöht wird und erhöht werden kann.

3.1 Bandbreite der Kommunikation zwischen Mensch und Computer

Die Entwicklung der letzten 30 Jahre führte zu einer stärker werdenden Asymmetrie im Spektrum der Kommunikations- bzw. Interaktionskanäle zwischen Mensch und Computer. Hochauflösende Displaytechnologien, stereoskopische 3D-Darstellung

und räumliche Audiowiedergabe haben die Möglichkeiten in der Vermittlung vom Computer zum Menschen enorm erhöht. In der entgegengesetzten Richtung „sieht“ der Computer vom Menschen immer noch recht wenig, typischerweise lediglich die X/Y-Bewegung der Maus und die Tastaturanschläge. Selbst aktuelle Büroarbeitsplätze und Workstations bieten kaum mehr Eingabemöglichkeiten für den Benutzer. Im Spielektor vollzieht sich indes gerade ein Wandel: Computer erhalten hier immer mehr Informationen vom Menschen (z.B. durch eine Tiefenkamera, die Bewegungen und Gesten erfasst), die in der Folge eine natürlichere Interaktion ermöglichen. Ein Forschungsziel der Zukunft wird es in vielen weiteren Bereichen, und eben auch in der Simulationstechnik sein, die Bandbreite dessen, was ein Computer wahrnehmen kann, auszubauen.

3.2 Implizite Interaktion

In heute verwendeten Systemen wird nahezu ausschließlich die explizite Form der Interaktion via Eingabegeräten wie einer Tastatur und Maus genutzt, um Befehle an den Computer zu übermitteln. Die Initiative der Interaktion kann dabei sowohl vom Menschen als auch vom Computer ausgehen, jedoch sind die Eingaben spezifisch und auf eine Aufgabe ausgerichtet. Inzwischen ist es aber technisch sehr wohl möglich, auch implizite Eingabekanäle zu nutzen [9]. Die Idee hinter einer impliziten Interaktion ist, dass Informationen, welche der Computer über den Benutzer erfassen kann, ebenfalls als Eingabe ans System genutzt werden. Im Falle der Bedienung von Maus und Tastatur können dies etwa Parameter wie die Schreibgeschwindigkeit oder die Klick-Präzision sein. Diese Informationen helfen, das System und die Benutzungsoberfläche für den User zu optimieren, ohne dass dieser explizit dem System Präferenzen mitteilen muss.

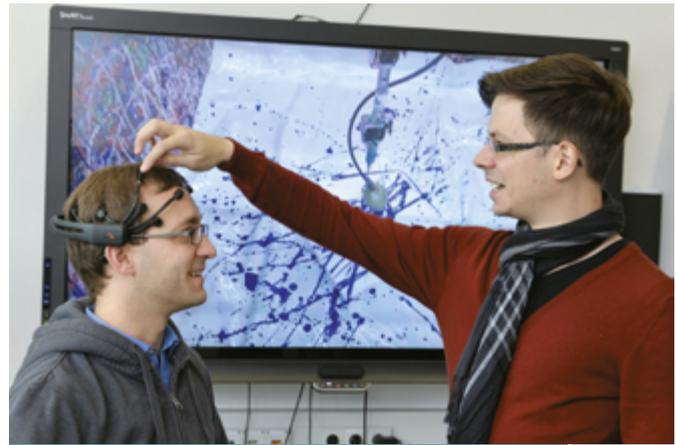
Implizite Interaktion wird besonders dann interessant, wenn neue Informationskanäle zur Verfügung stehen und erschlossen werden können. Denkbar ist hier z.B. die Verwertung physiologischer Informationen, etwa der Stressanstieg bei einer komplexen Darstellung oder Blickbewegungsdaten. Diese können als implizite Eingaben des Benutzers an das System genutzt werden und somit gleichfalls eine natürlichere Interaktion ermöglichen.



07

Mithilfe eines Eye Trackers – hier in der mobilen Variante als Brille – lässt sich gut nachvollziehen, wie gut die zu testenden Programme funktionieren. Der aufgezeichnete Blick des Nutzers verrät dabei eventuelle Schwachstellen in der Bedienbarkeit aber auch durchgängige Muster, die bei der Programmierung berücksichtigt werden müssten.

(08) Brain Computer Interface



08

3.3 Blickbewegung zur Interaktion

Mit einer kamerabasierten Erfassung von Blickmustern und Blickpositionen ist es möglich nachzuvollziehen, wo ein Benutzer während der Interaktion mit einem Computersystem hinschaut. Solche Systeme sind entweder integriert in einen Bildschirm oder sind als „Brille“ ausgeführt. Im ersten Fall kann die Blickposition auf einem stationären Bildschirm mit hoher Genauigkeit erfasst werden, wobei die Kopfbewegung des Benutzers kompensiert wird. Im mobilen Fall können auch die Blickbewegungen bei Interaktionen mit verschiedenen Systemen und mit mobilen Geräten betrachtet werden. Kommerziell werden diese Geräte zur Blickerfassung meist für die Benutzbarkeitsanalyse von z.B. Webseiten eingesetzt.

Werden die Blickdaten in Echtzeit erfasst, können diese als zusätzliche Eingaben für Anwendungen verwendet werden. Somit wird es z.B. möglich, Visualisierungen durch konzentriertes Hinschauen zu steuern. Wird länger auf eine bestimmte Stelle geschaut, können dort z.B. Zusatzinformationen angezeigt werden.

Nutzt man den Ansatz der impliziten Interaktion, kann mittels Blickerfassung beispielsweise verfolgt werden, welche Aspekte einer Simulation der Benutzer bereits wahrgenommen hat. Aktuelle Forschungsarbeiten unserer Gruppe fokussieren z.B. darauf, inwieweit der Computer ermitteln kann, ob der Benutzer die aktuellen Einstellungsmöglichkeiten versteht, ob er gelangweilt ist oder gar überfordert. Hierdurch wird es möglich, die Benutzungsoberfläche nicht nur an den Kenntnisstand des Benutzers, sondern auch an

seine aktuelle Leistungsfähigkeit anzupassen.

3.4 Physiologische Sensoren

Die eben beschriebene Blickerfassung ist nur ein Beispiel für einen physiologischen Sensor, der Informationen über einen Benutzer als implizite Eingabe nutzbar macht. Weitere Beispiele sind Sensoren, mit denen die Pulsfrequenz, die Leitfähigkeit der Haut oder aber die Körpertemperatur registriert werden kann. Durch die Erfassung dieser weiteren Parameter können Informationen über die Anspannung, den erfahrenen Stress oder über Veränderungen im Wohlbefinden des Benutzers ermittelt werden. Diese verschiedenen physiologischen Sensoren zu berücksichtigen erweitert das Mitteilungsspektrum vom Menschen zum Computer enorm. Das System erhält so ein detaillierteres Bild vom Zustand des Benutzers. Damit lässt sich der Kreislauf zwischen der Ausgabe des Computers, der Reaktion des Benutzers und eine darauffolgende Anpassung des Computers verbessern und eine natürliche Interaktion bewirken. Mit unseren Arbeiten erforschen wir, wie solche physiologischen Sensoren verwendet werden können, um die Ausgabe des Computers dynamisch an den Benutzer und seine aktuelle Leistungsfähigkeit anzupassen und wie sich damit letztlich Benutzungsschnittstellen vereinfachen lassen.

3.5 Gehirn-Computer-Interaktion

Ein schon in Teilen erprobtes Anwendungsgebiet für die komplexen physiologischen Sensoren ist die Aktivitätsmessung in ver-

schiedenen Gehirnregionen: (08). Wenn Menschen kognitive oder motorische Aufgaben lösen, spiegelt sich dies durch Aktivitäten im Gehirn wieder. Gilt es z.B. eine mathematische Lösung zu berechnen, ist eine spezifische Region aktiv, die sich von der unterscheidet, welche aktiv ist, wenn der Benutzer liest oder gerade eine feinmotorische Aufgabe mit den Fingern löst. Zusätzlich sind die Aktivitäten durch verschiedene Wellen gekennzeichnet, durch die etwa Schlaf, Entspannung oder Konzentration unterschieden werden können. Gehirn-Computer-Interfaces machen sich diese Eigenschaften zunutze und erfassen entweder die Aktivitäten in verschiedenen Bereichen oder die verschiedenen Wellenformen. In (08) wird ein kommerzielles Gehirn-Computer-Interface gezeigt, welches sowohl zwischen verschiedenen Regionen unterscheidet als auch unterschiedliche emotionale und kognitive Zustände des Benutzers erkennt. Die Signale dieser einfachen mobilen Geräte sind bislang noch fehlerbehaftet, aber sie lassen sich dennoch für die Mensch-Computer-Interaktion nutzen. In unseren Forschungsarbeiten betrachten wir, ob es möglich ist, verschiedene kognitive Aufgaben, welche im Rahmen der Nutzung eines Programms vorkommen, über das Gerät deutlich voneinander zu unterscheiden. Mit dieser Information können einerseits neue Systeme entwickelt oder andererseits bestehende Systeme so erweitert und optimiert werden, dass sich das System an die situativen Bedürfnisse der Benutzer dynamisch anpasst.

3.6 Natürliche Interaktion mit verschiedensten Geräten

Um eine natürliche Interaktion zu unterstützen, ist es wichtig, Lösungen für verschiedene Geräte aus den unterschiedlichsten Anwendungskontexten zu entwickeln. Aktuelle Simulationswerkzeuge werden beinahe ausschließlich im Arbeitskontext verwendet und sind deshalb für die Verwendung mit Desktop Computern optimiert. Doch wie verhält es sich mit all den Endgeräten, wie Smartphones oder Tablets, die im Consumer Bereich zunehmend die Aufgaben versehen, die traditionell von Desktop Computern übernommen wurden? Zahlreiche andere Platt-

ZUSAMMENFASSUNG

Erfolgversprechenden Ansätzen von für Endverbraucher zugängliche und benutzbare Simulationswerkzeuge ist gemein, dass sie die direkte und intuitive Manipulation der Simulationsparameter erlauben. Im Gegensatz zu klassischen Simulationswerkzeugen kann der Benutzer direkt in die Simulation eingreifen und sieht auch unmittelbar, wie die Veränderungen an Parametern, Modellen und Daten das Ergebnis beeinflussen. Direkte Manipulation war auch einer der Kernaspekte, welche der simpel zu erfassenden und zu bedienenden Textverarbeitung den Weg ebnete und so einer breiten Nutzergruppe zugänglich machte. Bei den auch von Laien anwendbaren Programmen zur Dokumentbearbeitung hat es sich als essentiell erwiesen, den aktuellen Zustand des Systems permanent sichtbar zu halten und so die intuitive Bedienung, das Verschieben von Parametern, wie etwa das eigenhändige Verstellen der Schriftgröße, zu ermöglichen. Ähnliches gilt für Simulationen, die von jedermann bedient werden sollen. Auch hier wird es wichtig sein, den Systemzustand transparent zu machen und dem Nutzer so den Gestaltungsspielraum aufzuzeigen. Simulationen für den Hausgebrauch, wie z.B. solche, die die Folgen des Transportweges – Fahrrad oder Bus – für die eigene Gesundheit oder Klimabilanz darstellen, wären dann bald keine verschwommene Vision mehr, sondern eine reale Gestaltungskraft in unserem Alltag.

formen wie Smart TVs oder Smart Watches aber auch leichtgewichtige Head-Mounted Displays wie Google Glass (09) finden gerade Verbreitung oder stehen kurz davor. Für viele Aufgaben können Benutzer inzwischen zwischen mehreren Geräten je nach Situation und Bedürfnis wählen. Um diesem Nutzungsmuster gerecht zu werden, sollten Simulationswerkzeuge für Endanwender auf verschiedenen Plattformen benutzbar sein und so den einfachen Wechsel zwischen Geräten ermöglichen.

Im Alltag getragene Head-Mounted Displays blenden beispielsweise Simulationsergebnisse durch Augmented Reality direkt in das Sichtfeld des Benutzers. Die Grenze zwischen Simulation und Wirklichkeit kann verschwimmen, Simulationsergebnisse lassen sich so direkter erfassen. Mit mobilen Geräten wie Tablets und Smartphones ist der Benutzer jederzeit in der Lage, Simulationen abzurufen, ähnlich wie heute bereits Suchmaschinen zu jedem Zeitpunkt konsultiert werden können. Neue Formen von Computern benötigen allerdings auch neue Formen der Ein- und



Google Glass

INFORMATION

Ubiquitäre Nutzung von Simulation

Klassische Simulationswerkzeuge setzen ein umfangreiches Wissen über die Domäne der Simulation und die Möglichkeiten des Werkzeugs voraus. Da Endanwender nicht über das notwendige Wissen über die Domäne oder die verwendeten Simulationsverfahren verfügen, ist es notwendig, die Möglichkeiten des Simulationswerkzeugs gezielt einzuschränken und Simulationswerkzeuge so für ganz spezifische Aufgaben zur Verfügung zu stellen. Im Folgenden stellen wir kurz zwei Visionen vor, wie Simulationen von Endbenutzern in der Zukunft verwendet werden könnten.

Vermeidung kardiovaskulärer Erkrankungen

Die Behandlung von Krankheiten setzt häufig erst dann ein, wenn es eigentlich schon zu spät ist. Vorbeugung kann jedoch die Wahrscheinlichkeit dramatisch verringern, überhaupt zu erkranken. Insbesondere kardiovaskuläre Erkrankungen – weltweit Todesursache Nr. 1 – könnten vermieden werden. Gesunde Ernährung, Sport und der Verzicht auf Suchtmittel nehmen großen Einfluss auf die Wahrscheinlichkeit kardiovaskulärer Erkrankungen. Da die Risikoindikatoren hinlänglich bekannt sind, könnten kardiovaskuläre Erkrankungen im jungen Alter in den meisten Fällen einfach vermieden werden. Jedoch wirkt sich das Verhalten erst langfristig aus. Aufgrund der vielfältigen Faktoren können Laien daher nicht abschätzen, wie und ob sich ein bestimmtes Verhalten auf ihr Risiko für kardiovaskuläre Erkrankungen auswirkt. Simulationswerkzeuge, die Menschen aus Risikogruppen die Möglichkeit geben, die Auswirkung von Verhaltensänderungen auf ihre Tendenz, zu kardiovaskulären Erkrankungen vorherzusagen, könnten ihnen helfen, abzuwägen, wie sie ihr Verhalten verändern sollten, ohne krank zu werden oder vollends auf geliebte Gewohnheiten verzichten zu müssen.

Simulation der Fahrzeugnutzung und Kosten

Der Kauf eines neuen Autos ist meist eine langfristige Entscheidung. Beim Autokauf gibt es vielfältige, zumeist nutzungsabhängige Aspekte, die berücksichtigt werden wollen. Dies schließt nicht nur den Benzinverbrauch, die Höhe der Kraftfahrzeugsteuer und die Höhe der Versicherungsprämie ein. Auch sekundäre Aspekte, wie die Frage, ob das neue Auto noch in die alte Garage passt oder ob das neue Auto über genügend Stauraum verfügt, sind relevant. Des Weiteren könnte für den potenziellen Käufer interessant sein, wie sich unterschiedliche Optionen auf die Zeit von und zum Arbeitsplatz auswirken und wie sie bei einem Unfall das Verletzungsrisiko beeinflussen. Die Fülle an Parametern ist den meisten Autobesitzern nicht einmal bewusst. Ein Simulationswerkzeug, das Autokäufer bei ihrer Kaufentscheidung unterstützt, könnte diese Wissenslücke schließen, und auf zahlreiche Datenquellen zugreifen. Beispielsweise können Prognosen über die Benzinpreisentwicklung Eingang in so ein Tool finden. Als wichtigste Datenquelle wäre jedoch das alte Auto des Käufers heranzuziehen. Bereits jetzt sammeln viele Fahrzeuge vielfältige Daten, wie über die zurückgelegten Kilometer oder die Dauer von Fahrten. Das Zusammenführen dieser Daten in einem interaktiven Simulationswerkzeug würde es erlauben, beim Autokauf gezielter das jeweils passende Modell auszuwählen.

Ausgabe. Während Maus und Tastatur im Desktop-Bereich die dominierenden Eingabegeräte sind, sind im mobilen Bereich gestenbasierte Eingabetechniken deutlich besser geeignet. Insbesondere bei so neuartigen Computerformen wie Smart TVs,

Smart Watches und Google Glass, werden natürliche, gestenbasierte Interaktionsformen notwendig, um eine einfache Benutzung überhaupt zu ermöglichen. •

Albrecht Schmidt

Niels Henze

DIE AUTOREN

ALBRECHT SCHMIDT

studierte Informatik in Ulm und Manchester und forschte anschließend an der Universität Karlsruhe sowie der Lancaster University, wo er 2003 seine Promotion abschloss. Von 2004 bis 2006 leitete er die Emmy Noether-Nachwuchsgruppe „Eingebettete Interaktion“ an der Ludwig-Maximilians-Universität in München. Anschließend wurde er Professor für praktische Informatik/Medieninformatik an der Universität Bonn und Abteilungsleiter beim Fraunhofer Institut für Intelligente Informations- und Analysesysteme (IAIS). Von 2007 bis 2010 war er Professor für Pervasive Computing an der Universität Duisburg-Essen. Seit Dezember 2010 leitet er als Professor am Institut für Visualisierung und Interaktive Systeme die Arbeitsgruppe Mensch-Computer-Interaktion.



NIELS HENZE

studierte Informatik an der Universität Oldenburg und wurde dort 2012 mit Auszeichnung promoviert. Anschließend war er Post-Doc an der Universität Stuttgart. Seit November 2013 ist er Juniorprofessor für Socio-Cognitive Systems im Exzellenzcluster Simulation Technology an der Universität Stuttgart.



Kontakt

Institute of Visualization and Interactive Systems
 Universität Stuttgart
 Pfaffenwaldring 5a
 D-70569 Stuttgart
 Tel.: +49 (0) 711/685-60049
 E-Mail: albrecht.schmidt@visus.uni-stuttgart.de

Referenzen

- [1] Shneiderman, Ben. 1983. *Direct Manipulation. A Step Beyond Programming Languages*. IEEE Transactions on Computers, Vol. 16, No. 8, August, pp. 57–69.
- [2] Ben Shneiderman, *The Eyes Have It: A Task by Data Type Taxonomy for Information Visualizations*. In *Proceedings of the IEEE Symposium on Visual Languages*, pages 336–343, Washington. IEEE Computer Society Press, 1996.
- [3] Thomas, James J., and Kristin A. Cook. „A visual analytics agenda.“ *Computer Graphics and Applications*, IEEE 26, no. 1 (2006): 10–13.
- [4] Chen, Min, Anne Trefethen, René Bañares-Alcántara, Marina Jirotko, Bob Coecke, Thomas Ertl, and Albrecht Schmidt. „From Data Analysis and Visualization to Causality Discovery.“ *Computer* (2011): 84–87.
- [5] Ishii, H., & Ullmer, B. (1997, March). *Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits and atoms*. In *Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human factors in computing systems* (pp. 234–241). ACM.
- [6] LE Holmquist, A Schmidt, B Ullmer. 2004. *Tangible interfaces in perspective*. *Personal and Ubiquitous Computing* 8 (5), 291–293.
- [7] Underkoffler, J., & Ishii, H. (1999, May). *Urp: a luminous-tangible workbench for urban planning and design*. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* (pp. 386–393). ACM.
- [8] Lee, J., Post, R., & Ishii, H. (2011, October). *ZeroN: mid-air tangible interaction enabled by computer controlled magnetic levitation*. In *Proceedings of the 24th annual ACM symposium on User interface software and technology* (pp. 327–336). ACM.
- [9] Schmidt, A., Pfleging, B., Alt, F., Sahami, A., & Fitzpatrick, G. (2012). *interacting with 21st-Century Computers*. *Pervasive Computing, IEEE*, 11(1), 22–31.
- [10] Jacob, R. J., Girouard, A., Hirshfield, L. M., Horn, M. S., Shaer, O., Solovey, E. T., & Zigelbaum, J. (2008, April). *Reality-based interaction: a framework for post-WIMP interfaces*. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* (pp. 201–210). ACM.