

VISUALISIERUNG

# Virtuelle Welten – ganz real

ALS REGIONALES RECHENZENTRUM FÜR DIE HOCHSCHULEN IN UND UM MÜNCHEN BIETET DAS LEIBNIZ-RECHENZENTRUM EIN UMFASSENDES ANGEBOT AN HARD- UND SOFTWARE FÜR DIE WISSENSCHAFTLICHE DREIDIMENSIONALE VISUALISIERUNG. IM JAHRE 2000 WURDE DIE ERSTE VIRTUAL-REALITY-ANLAGE BESCHAFFT. HEUTE VERFÜGT DAS LRZ ÜBER EIN BREITES SPEKTRUM IMMERSIVER 3D-VISUALISIERUNGSSYSTEME.



[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG](http://de.wikipedia.org)

**Zeichnung in der Höhle von Lascaux. Vermutlich zwischen 17.000 und 15.000 Jahren vor unserer Zeitrechnung erstellt. Die Zeichnung stellt hauptsächlich realistische Abbilder größerer Tiere wie Auerochse, Pferd und Hirsch dar.**

**VON CHRISTIAN BROSSMANN**

Sehen ist einer der wichtigsten unserer Sinne. Das Visualisieren, also Darstellen, des „Gesehenen“ war für den Menschen schon in der Steinzeit ein großes Bedürfnis. Die Zeichnung in der Höhle von Lascaux gibt uns heute viel Aufschluss über die Kultur und Vorstellungswelt der Steinzeit. Bemerkenswert ist die Tatsache, dass die Menschen der ausgehenden Altsteinzeit schon perspektivisch zeichneten, verschiedene Maltechniken benutzten und das Verhalten von Tieren naturgetreu wiedergaben.

Dreidimensionales Sehen ist ein zentraler Garant für das Überleben. Seit Beginn der Entwicklung von Lebewesen mit zwei Augen profi-

tierten diese von der phantastischen Fähigkeit des Gehirns, aus zwei nur leicht unterschiedlichen Bildern des rechten und linken Auges (Parallaxe) einen Tiefeneindruck aus der ursprünglich zweidimensionalen Bildinformation heraus zu „rechnen“. Hilfreich war dies besonders bei der Jagd - oder auf der Flucht. Der Mehrgehalt von Bildern mit „Tiefgang“ lässt sich leicht verstehen, wenn man versucht, ein Objekt mit einem Stein zu treffen und dabei nur mit einem Auge das Ziel anvisiert.

Die Idee, das Potential unserer Sehrinde im Okzipitallappen nachzuahmen und Nutzen daraus zu ziehen, ist nicht neu. Bereits im 4. Jh. v. Chr. befasste sich der griechische Mathematiker Euklid in den Bänden 11 bis 13 seiner Lehrbücher zur Mathematik mit der Stereometrie. Er wusste schon damals um den physiologischen Zusammenhang zwischen den beiden Stereohalbbildern und dem räumlichen Seheindruck.

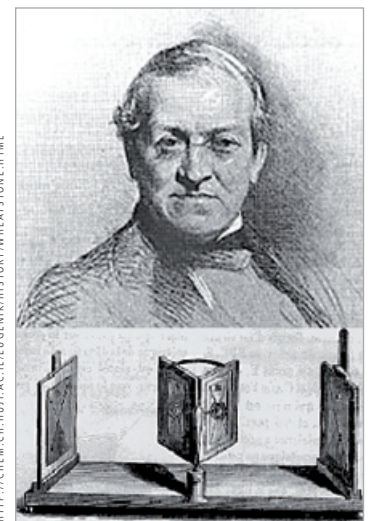
## Anfänge der Stereoskopie

1838 präsentierte Sir Charles Wheatstone (1802–1875), Professor für experimentelle Naturwissenschaften am King's College in London, seine ersten Forschungsergebnisse über körperliches (Stereo-) Sehen. Er berechnete und zeichnete Stereobildpaare und konstruierte für deren Betrachtung ein Spiegelstereoskop, damit linkes und rechtes

Auge ihre perspektivisch unterschiedlichen Ansichten sehen.

## Stereofotografie

Mit der Fotografie begann dann der Durchbruch der Stereoskopie. Bereits 1860 waren in Europa über



[HTTP://CHEM.CH.HUJI.AC.IL/EUGENIK/HISTORY/WHEATSTONE.HTM](http://chem.ch.huji.ac.il/EUGENIK/HISTORY/WHEATSTONE.HTM)

**Sir Charles Wheatstone und das von ihm konstruierte Spiegelstereoskop.**

eine Million Stereoskope und ein Vielfaches an dazugehörigen Stereokarten verkauft. Die Gebrüder Lumière produzierten bereits 1903 einen einminütigen 3D-Kurzfilm *L'Arrivee du Train*. 1922 wurde der erste Langfilm *The Power Of Love* als Stummfilm aufgeführt. Um den 3D-Eindruck zu realisieren, wurden Rot-Grün Anaglyphenbrillen verwendet. Bei heutigen 3D-Fil-

men wird die Bildtrennung mittels Polarisationsbrillen oder Shutterbrillen erzielt.

3D-Sehen ist allerdings nicht der einzige Faktor - wenn auch der wichtigste - der uns unsere Umwelt räumlich wahrnehmen lässt. Neben Verdeckung, Schattenwurf, Texturen und perspektivischen Aspekten spielt die Bewegungsparrallaxe (Blick aus dem fahrenden Zug) und die Haptik – die Interaktion mit der Umwelt – eine zentrale Rolle. Film und Fotografie stoßen bei letzteren an ihre Grenzen.

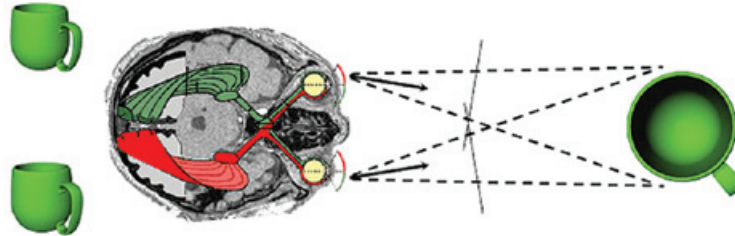
### Virtual Reality

In den 80er Jahren wurde unter anderem vom Musiker und Künstler



**Der Musiker und Künstler Jaron Lanier ist einer der Mitbegründer des Begriffs „Virtual Reality“.**

Jaron Lanier der Begriff *Virtual Reality* definiert. Darunter versteht man das Vortäuschen einer künstlich erzeugten Realität durch Erzeugung entsprechender Sinneswahrnehmungen mit Hilfe technischer Verfahren. Ziel ist ein Gefühl des Eintauchens (*Immersion*) in die Künstliche Welt. Derzeit wird dies durch Stereoskopie (3D-Sehen), *Tracking* (ständige Perspektivenanpassung abhängig vom Standort des Betrachters durch ein Positionsver-



**Zwei Augen, Parallaxe, Sehstrahlung und Sehrinde erzeugen den Tiefeneindruck.**

folgungssystem) sowie Interaktionsmöglichkeiten mittels 3D-Computereingabegerät (3D-Maus) erreicht. Mit haptischen Geräten ist es sogar möglich, Tasteindrücke (*Force Feedback*) zu vermitteln. Durch Integration von 3D-Sound lässt sich der Raumeindruck noch weiter steigern. Im Bereich der Unterhaltung wird zusätzlich mit der Simulation von Geruchseindrücken gearbeitet (*Sensorama*).

### Technik

Um diese Anforderungen zu realisieren, musste man auf entsprechend leistungsfähige Grafikhardware warten. Die ersten leistungsfähigen Grafiksysteme sind seit den 80er Jahren verfügbar. In den 90er Jahren stellten Computer der Firma SGI den Standard für anspruchsvolle Grafikanwendungen dar. Mit der Entwicklung leistungsfähiger Grafikkarten für den Entertainment Bereich (Computerspiele) in den späten 90er Jahren sind Virtual-Reality Installationen nun auch mit kostengünstigerer PC-Hardware möglich.

### VR-Ausstattung des LRZ

Das Leibniz Rechenzentrum installierte für die Wissenschaftler und Institute aus dem Münchner Hochschul Umfeld im Jahr 2000 eine L-förmige Großprojektionsanlage (*Holobench*), welche ursprünglich von einer SGI Onyx II betrieben wurde.

Um dem wachsenden Leistungshunger der Daten gerecht zu werden, hat das LRZ 2004 einen

PC-Cluster beschafft. Die Frage der Benutzer nach mobiler 3D-Visualisierung motivierte zur Beschaffung einer mobilen 3D-Projektionsanlage - vergleichbar einer geschrumpften IMAX Version und eines *Head-Mounted-Displays* (HMD) - einem helmartigen, auf dem Kopf zu



PETER WEINERT

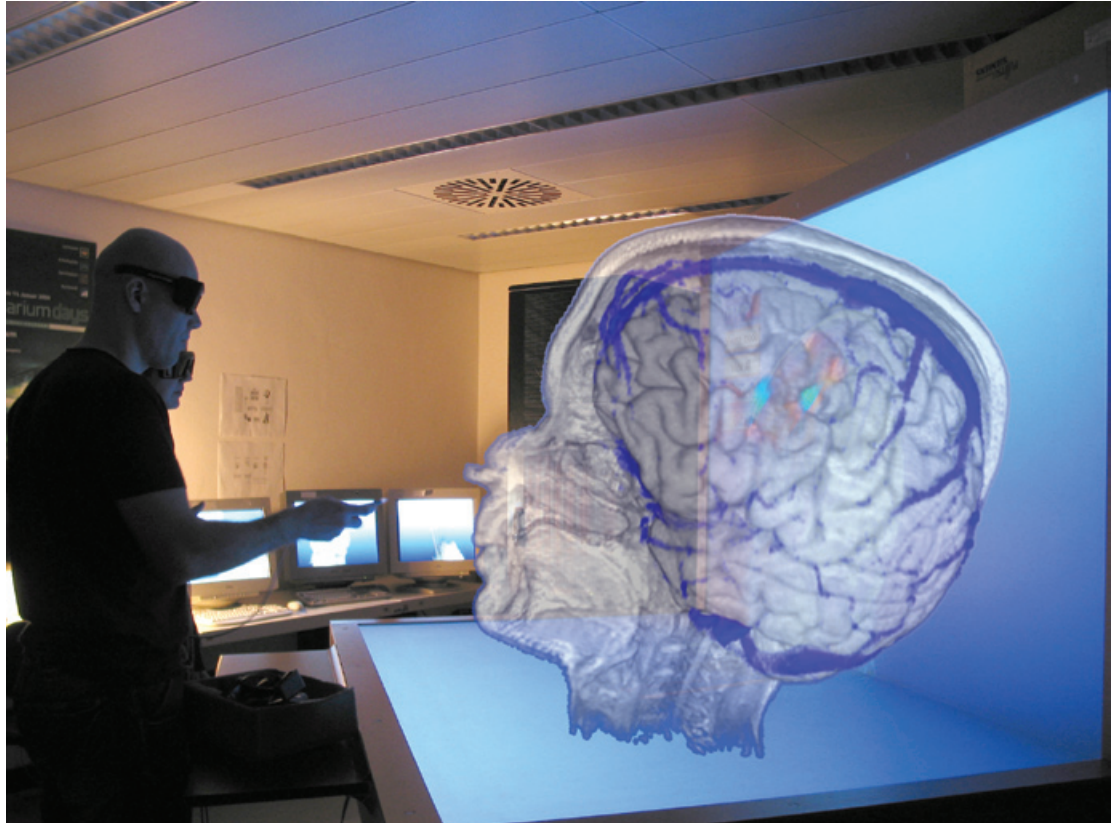
tragenden Stereoprojektionssystem. **Forschung**

Der Einsatz der oben genannten Technologien ist sehr vielseitig. Es gibt bereits einige kommerzielle und frei verfügbare wissenschaftliche Softwarepakete, die einerseits als Analyse, Mess- und Rekonstruktionswerkzeug am „normalen“

**Beamerhalterung der mobilen 3D-Projektionsanlage. Interessant für Präsentationen vor einer größeren Anzahl von Zuschauern. Auf Positionsverfolgung wird bewusst verzichtet. Die ausgefeilte Feinjustierung des Gestells zur Ausrichtung der Projektoren wurde von Peter Weinert konstruiert.**



**Ein Head-Mounted-Display (HMD) macht Virtual Reality „mobil“.**



Virtual Reality-Labor des LRZ.

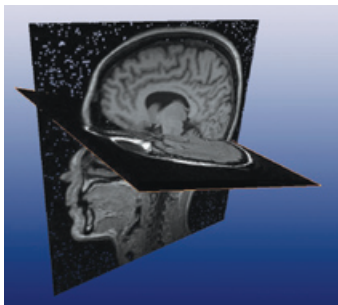
PC im Institut dienen, andererseits ein Plug-In zur Einbindung von wissenschaftlichen Bilddaten in eine Virtual Reality Umgebung bereitstellen. Dies vereinfacht den Arbeitsablauf und verringert den Zeitaufwand für derartige Projekte. Als Beispiele für Fachgebiete, die mit 3D-Daten arbeiten, seien genannt: Medizin (Scanverfahren wie z.B. die Computertomographie

und Magnetresonanztomographie), Biologie, Zoologie und Anatomie (Paraffinschnitte, konfokale Mikroskopie), Geographie und Geologie (Satellitendaten), Paläontologie (Schliffpräparate), Architektur und Ingenieurwissenschaften (CAD Modelle, Simulationsdaten) sowie Psychologie. Allen gemeinsam ist die in der Regel große Datenmenge, die visualisiert werden soll. Zu

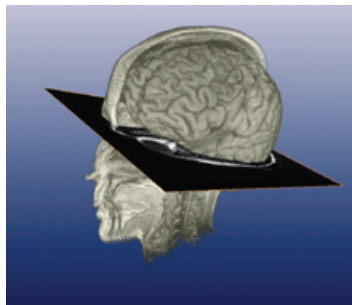
diesem Zweck sind Rechner mit großen Kapazitäten erforderlich. Prä- und Intraoperative.

**Planung in der Neurochirurgie**

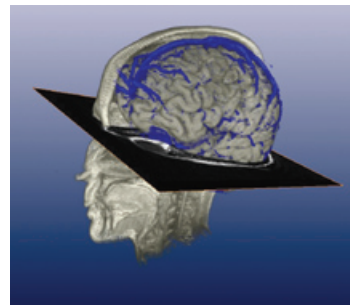
PD Dr. Winkler und Dr. Vollmar, Neurologische Klinik des Universitätsklinikum Großhadern (LMU), verwenden die 3D-Rekonstruktion und immersive Visualisierung mit



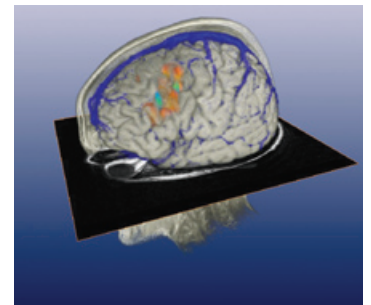
Unterstützung für den Mediziner sowohl bei der Diagnose wie bei der Therapieplanung: Ausgangspunkt sind 2D- Schichtdaten aus Computer- und Magnetresonanztomographie.



Aus verschiedenen Aufnahme-sequenzen kann mit der Rekonstruktion begonnen werden. Hirnoberfläche (T2 gewichtete MR-Aufnahmen).



Die Hirnvenen (blau) bieten sich als eine auch makroskopisch gut sichtbare Landmarke an.



Pathologische Veränderungen (grün-orange) können z.B. mittels MR (hier: FLAIR Sequenz) visualisiert werden.

DR. VOLLMAR, KL.GROSSHADERN, LMU

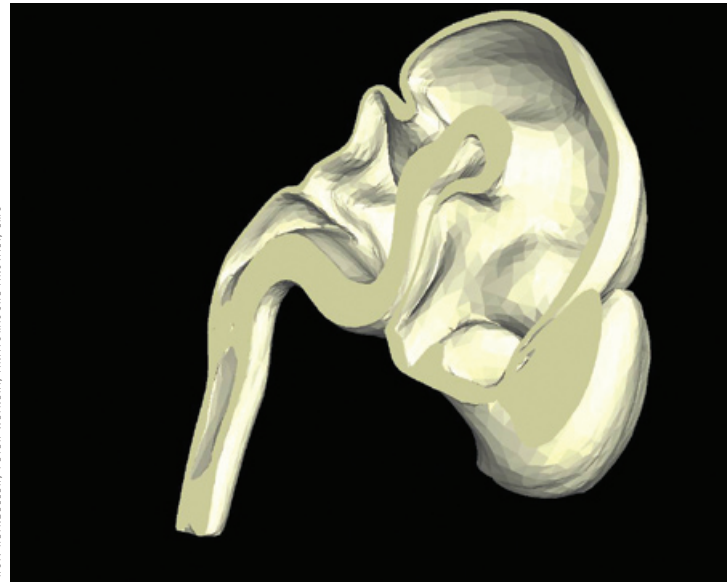
dem Ziel, chirurgische Eingriffe am Gehirn von Patienten mit Epilepsie noch exakter planen zu können. Hierzu werden DICOM-Bilddaten verschiedenster Aufnahmetechniken (CT, MRT, SPECT, PET) fusioniert, segmentiert und anschließend rekonstruiert.

DICOM ist die Abkürzung für *Digital Imaging and Communications in Medicine* und ist ein standardisiertes Bildformat in der Medizin. Unter Segmentierung versteht man die Erzeugung von inhaltlich zusammenhängenden Regionen durch Zusammenfassung benachbarter Pixel (Bildpunkt) oder Voxel (Volumenelement) entsprechend einem bestimmten Homogenitätskriterium.

Das Resultat ist ein multimodales 3D-Modell der gesunden und pathologischen Strukturen des jeweiligen Patienten. Der Chirurg erhält so Daten für die prä- und intraoperative Planung. Die Bilder links unten zeigen die schrittweise Rekonstruktion von Gehirn (grau), Hirnvenen (blau) und pathologischen Veränderungen (orange-grün) in der Großhirnrinde.

#### Analyse und 3D-Visualisierung – Neue Einblicke für Forschung und Lehre

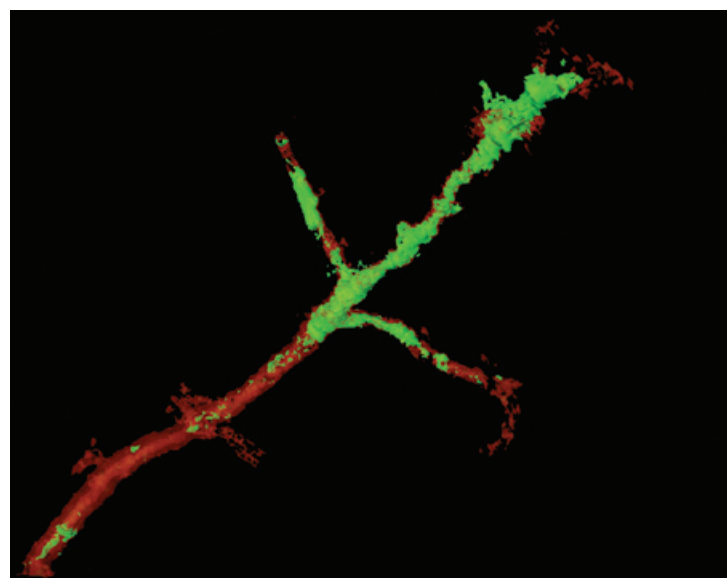
Die Arbeitsgruppe um Professor Heinzeller (Beate Aschauer und Peter Weinert) vom Lehrstuhl III für Neuroanatomie der Anatomischen Anstalt der LMU verwendet immersive Projektionstechnologie und 3D-Visualisierungsverfahren, um komplexe mikroskopische Strukturen zu analysieren und leichter verständlich zu präsentieren. Unter anderem werden Paraffinschnittserien von embryonalen Organen digital fotografiert. Die anschließende Aufbereitung der Daten im Rechner ist wesentlich aufwendiger als bei DICOM-Daten. Zum einen entstehen beim Schneidevorgang unvermeidliche Stauchungen, was



Sagittaler Schnitt durch die Rekonstruktion eines ca. 8 Wochen alten human-embryonalen Gehirns.

Korrekturen an den meisten Bildern erfordert, zum ändern müssen die Einzelbilder zueinander ausgerichtet werden (Alignierung). Ziel der Forschung ist das bessere Verständnis der komplexen embryonalen Entwicklung. Um die großen 3D-Datenmengen stereoskopisch visualisieren zu können, wurde von Peter Weinert ein angepasster und sehr leistungsfähiger 3D-Viewer programmiert. Das Teilprojekt B2 (Projektleiterin: Frau PD Dr. Wagner; Doktoranden: Lisa Kurtz, Katharina Machura, Alexander Sauter) des Sonderforschungsbereichs 699 am Lehrstuhl

für Physiologie Professor Kurtz an der Universität Regensburg verfolgt bei der Erforschung der Regulation des Nierenhormons Renin in der embryonalen Entwicklung einen ähnlichen Ansatz. Dabei werden histologische Serienschnitte von embryonalen Mausnieren mit einer Doppelimmunfluoreszenz-Färbung behandelt und anschließend mikroskopisch digitalisiert. Nachdem die Daten weiter verarbeitet worden sind, kann die dreidimensionale Rekonstruktion erfolgen. Neben verschiedenen statistischen Auswertungen können außerdem die



Darstellung eines Nierenblutgefäßes (rot) mit reninbildenden Zellen (grün).



MARTIN BINSER, ALLGEMEINE PSYCHOLOGIE II LMU

Allgemeine Psychologie II der LMU untersucht das Team von Prof. Dr. Friedrich Försterling und Dipl.-Psych. Martin Binsler in Kooperation mit dem Leibniz-Rechenzentrum verschiedene Aspekte Furcht auslösender Stimuli sowie die Reaktionen darauf. Es geht darum, zu erfahren, ob sich im Laufe der menschlichen Evolution verschiedene adaptive Antworten auf unterschiedliche Angst auslösende Situationen (Höhenangst und Furcht vor einem Angreifer) herausgebildet haben.

Dabei werden Versuchspersonen entsprechenden Situationen in der Virtuellen Realität ausgesetzt und ihre Reaktionen mittels Fragebögen sowie Bewegungssensoren erhoben. Dipl.-Psych. Martin Binsler und mit dem Projekt assoziierte Institute entwickelten eine innovative Lenkmethode auch für therapeutische Zwecke.

Ein Beispiel ist etwa die Behandlung der Höhenphobie. Die Technologie wurde deshalb über die bayerische Hochschul-Patentinitiative *BayernPatent* zum Patent angemeldet. Um möglichst realitätsgetreue Stimuli zu erzeugen, werden mit der Technologie des Computerspiels

Farcry der Fa. Crytek entsprechende Welten konstruiert. Diese werden Versuchspersonen mit dem vom LRZ bereitgestellten HMD präsentiert.

**Computational Steering – Interaktive Strömungssimulation im Bauwesen**

Ein wichtiger Aspekt bei der Planung von Gebäuden ist unter anderem die Berücksichtigung von Luftströmungen, zum Beispiel bei der Gestaltung ergonomischer Arbeitsplätze in Büroräumen: Um bereits in der Planungsphase eine möglichst realistische Abschätzung zu ermöglichen, wurde am Lehrstuhl für Bauinformatik der TUM unter Prof. Rank in Zusammenarbeit mit dem LRZ eine interaktive Anwendung zur Strömungssimulation entwickelt.

Durch den Einsatz des Bundeshöchstleistungsrechners HLRB können die aufwendigen Strömungsberechnungen nahezu in Echtzeit durchgeführt und auf geeigneten Grafikkomputern dreidimensional visualisiert werden. Dies erlaubt dem Architekten oder Bauingenieur, interaktiv die Belüf-

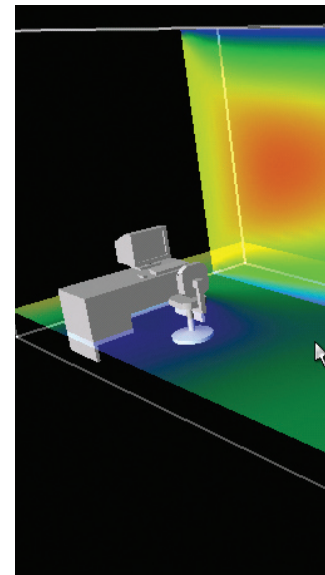
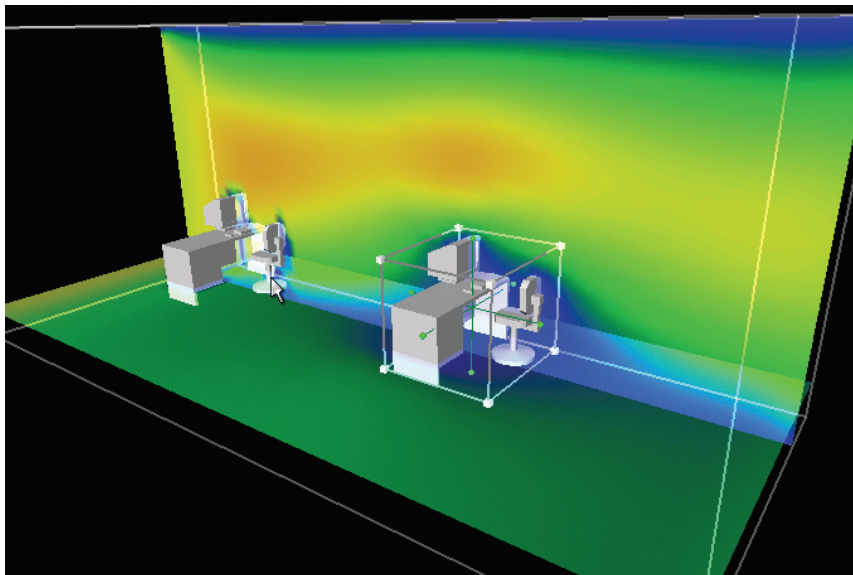
**Virtual Reality Experiment der Psychologen. Totales Eintauchen in die Virtuelle Welt dank HMD und Lenkapparat.**

räumlichen Zusammenhänge über verschiedene Entwicklungsstadien vergleichend an der Holobench immersiv analysiert werden.

**Psychologie – Fear Response mit Virtual Reality Technik**

In der Experimentalreihe „Fear Response“ des Instituts für

**Computational Steering in der Komfortanalyse: Die Anordnung von Einrichtungsgegenständen und die Belüftungseinstellungen eines Büroraumes können während der Simulation interaktiv verändert werden. Im Planungsprozess ist dies hilfreich, da die entsprechende Veränderung der Luftströmung in Echtzeit berechnet und visualisiert wird. (Kontakt Petra Wenisch, wenisch@bv.tum.de)**



tungs- und Zugluftkonfiguration eines geplanten Raumes zu analysieren und gegebenenfalls geeignet abzuändern.

### Raumerfahrung – Studenten der Kunstpädagogik erleben virtuelle Welten ganz real

Dass Virtual Reality nicht nur rein wissenschaftlich genutzt werden kann, sondern durchaus auch in praxisorientierte Seminare eingebunden ist, zeigt die seit 2002 bestehende Kooperation mit Dr. Karin Guminski vom Institut für Kunstpädagogik der LMU.

Ziel der Lehrveranstaltung ist es, den Studierenden einen Überblick in Theorie und Praxis über das Themengebiet der 3D-Computergraphik und der 3D-Computeranimation zu geben. Hierbei werden neben den Grundlagen für die dreidimensionale Darstellung, der Erzeugung von 3D-Szenen und der Animation von 3D-Objekten auch Aspekte der Echtzeit-3D-Darstellung behandelt.

Die Studenten lernen dabei den Umgang mit einer 3D-Visualisierungs- und Animationssoftware und sind in der Lage, die von



Ihnen konstruierten Modelle, Welten und Räume nach Fertigstellung am 2D-Monitor an der Holobench virtuell zu erforschen. Der „Aha“-Effekt ist dabei vorprogrammiert: die Diskrepanz zwischen der 2D-Planung und dem echten Raumgefühl, dem Erleben von Beleuchtungseffekten, die Wirkung von Texturen beim „davor

stehen“ oder die Verwunderung über den eigenen Geschmack beim ganz realen Erleben der eigenen, virtuellen Welt.

*Der Autor ist Arzt und betreut den Bereich Virtual Reality und wissenschaftliche Datenvisualisierung am Leibniz-Rechenzentrum.*



**Virtuelle Welten – ganz real! Studenten der Kunstpädagogik „begehen“ ihre eigenen Modelle.**

