

# ErgoViz – Vorrichtung und Verfahren zur ergonomischen Darstellung der räumlichen Tiefe in virtuellen Umgebungen

## Projektleiter

Prof. Dr. Michael Stark  
Dr. Dietmar Gude

## Zeitraum

2005

## Stud. Mitarbeiter

Christian Bräuning

## Kooperation

Dr. Dietmar Gude  
Institut für Arbeits-  
physiologie an der  
TU Dortmund  
Ardeystraße 67  
44139 Dortmund

## Kontakt

Prof. Dr. Michael Stark  
Fachbereich Informatik  
Fachhochschule  
Dortmund  
Emil-Figge-Straße 42  
44227 Dortmund  
Tel.: (0231) 755-6775  
E-Mail: michael.stark  
@fh-dortmund.de

## Kurzfassung

Virtuelle Umgebungen bestehen aus einem computergestützten 3D-Modell, der sog. Szene, von der mit Hilfe von Verfahren der Computergraphik Ansichten berechnet werden, die dem Benutzer den Eindruck vermitteln, sich in der Umgebung zu befinden. Ein wesentlicher Aspekt dabei ist, dass dem Benutzer ein realitätsnaher Eindruck der räumlichen Tiefe und damit der Dreidimensionalität der Szene vermittelt wird. Zu diesem Zweck werden zwei Ansichten der Szene berechnet und dem Benutzer über ein stereoskopisches Projektionssystem präsentiert. Beim Einsatz solcher Systeme existieren jedoch Probleme bzgl. der Akzeptanz durch die Benutzer, insbesondere bei zeitlich ausgedehnter Nutzung. Dies ist darauf zurückzuführen, dass stereoskopische Darstellungen bei zahlreichen Benutzern zu Beeinträchtigungen der Wahrnehmung führen. Diese Probleme adressiert ErgoViz durch ein innovatives Konzept zur Verbesserung der stereoskopischen Darstellung. Dazu werden mit Hilfe eines Systems zur Blickbewegungserfassung (eye tracking) kontinuierlich Eigenschaften des Benutzers wie z.B. Position der Augen und Blickrichtung erfasst und die Berechnung der Ansichten an die jeweiligen Betrachtungsbedingungen angepasst. Auf diese Weise können die oben genannten Beeinträchtigungen vermieden bzw. deutlich verringert werden. Der im Rahmen des Projekts ErgoViz erarbeitete Systemaufbau und die entwickelten Verfahren wurden zum Patent angemeldet.

## Forschungsgegenstand

Das räumliche Sehen in der realen Welt beruht darauf, dass eine reale Szene von den Augen von unterschiedlichen Positionen und unter verschiedenen Winkeln wahrgenommen wird. Auf den Netzhäuten entstehen dadurch zwei unterschiedliche monokulare Bilder, die vom Gehirn zu einem dreidimensionalen Gesamtbild integriert werden. Dieses Prinzip wird von stereoskopischen Projektionssystemen nachempfunden, indem zwei verschiedene Ansichten der virtuellen Szene berechnet werden, die mit Hilfe von speziellen Projektionstechniken dem rechten bzw. linken Auge dargeboten werden. Dadurch entsteht der Eindruck, einzelne Elemente der virtuellen Szene würden aus der Projektionsfläche herausragen bzw. in die Tiefe hineinreichen.

Solche stereoskopischen Projektionen sind für eine Reihe von Anwendungsgebieten von Bedeutung, sei es in der Produktentwicklung, in den

Medien oder in der Medizin. Allerdings führen stereoskopische Darstellungen bislang zu Beeinträchtigungen der Wahrnehmung, welche sich bei den Benutzern durch eine Ermüdung der Augen sowie Kopfschmerzen bis hin zu Übelkeit äußert. Dies ist ein wesentlicher Grund für die immer noch begrenzte Akzeptanz solcher Projektionstechniken, insbesondere im Hinblick auf eine mehrstündige Nutzung, etwa an CAD-Arbeitsplätzen oder im Rahmen des virtuellen Prototyping.

Bei der Wahrnehmung der räumlichen Tiefe ist die binokulare Stereopsis von wesentlicher Bedeutung. Den größten Teil des Gesichtsfeldes sieht der Mensch mit beiden Augen, also binokular, aus leicht unterschiedlichen Perspektiven. Befinden sich die monokularen Abbilder eines realen Objekts an korrespondierenden Stellen der linken und rechten Netzhaut, werden sie nicht doppelt gesehen, sondern „verschmelzen“ zu einer dreidimensionalen Wahrnehmung. Dies bezeichnet man als binokulare Fusion.

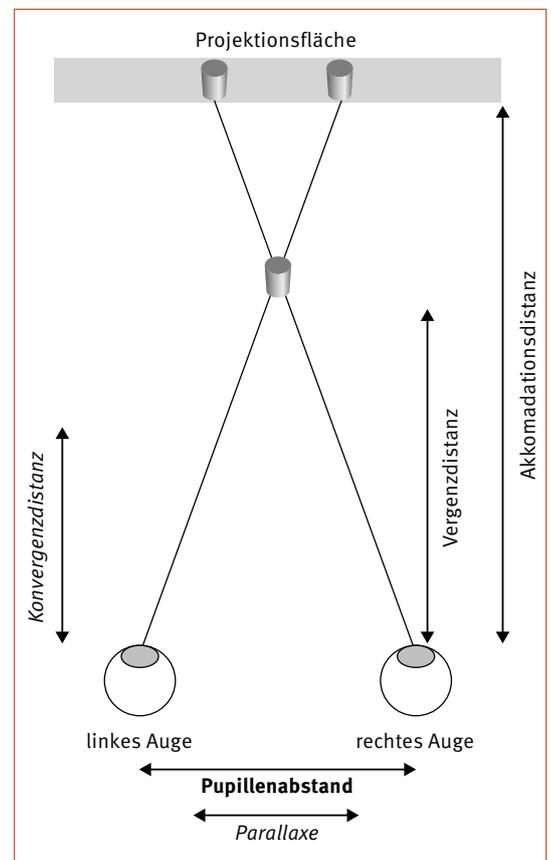


Abb. 1: Prinzip der stereoskopischen Projektion mit zentralen physiologischen und technischen Parametern

Bei der binokularen Fusion sind drei physiologische Parameter von besonderem Interesse, (a) der Pupillenabstand, (b) die Vergenz, also die Fokussierung des Blicks auf einen bestimmten Punkt im Raum, und (c) die Akkomodation, die Anpassung des Auges an die jeweilige Blickdistanz. Unter natürlichen Sehbedingungen sind Akkomodation und Vergenz aufeinander abgestimmt.

Stereoskopische Projektionstechniken beruhen darauf, dass dieser Prozess der Tiefenwahrnehmung mit technischen Mitteln nachempfunden wird. Hierbei berechnet der Computer zwei Ansichten, die dem rechten bzw. linken Auge dargeboten werden. Bei der Berechnung der beiden Bilder werden die Augen durch zwei virtuelle Kameras repräsentiert, deren horizontaler Abstand als Parallaxe bezeichnet wird. Ein zweiter technischer Parameter ist die Konvergenzdistanz, die den

Abstand bezeichnet, bei dem ein virtuelles Objekt auf der Projektionsfläche zu liegen scheint. Ist der Abstand des Objekts geringer, scheint es vor der Projektionsfläche zu schweben, ist er größer, erscheint es dahinter (siehe Abbildung 1).

Bei den aktuell eingesetzten stereoskopischen Projektionstechniken kommt es nun zu einer Dissoziation der physiologischen und technischen Parameter. So wird häufig für die Parallaxe ein konstanter Wert angenommen, obgleich der Augenabstand zwischen unterschiedlichen Personen variiert. Weiterhin sollte die Konvergenzdistanz mit der Vergenzdistanz übereinstimmen. Dieser Wert wird aber ebenfalls konstant gehalten, obwohl die Vergenz variiert – je nach dem, welches Objekt gerade betrachtet wird. Insbesondere kann es bei der Betrachtung von virtuellen Objekten aus der Nähe zu störenden Doppelbildern kommen.

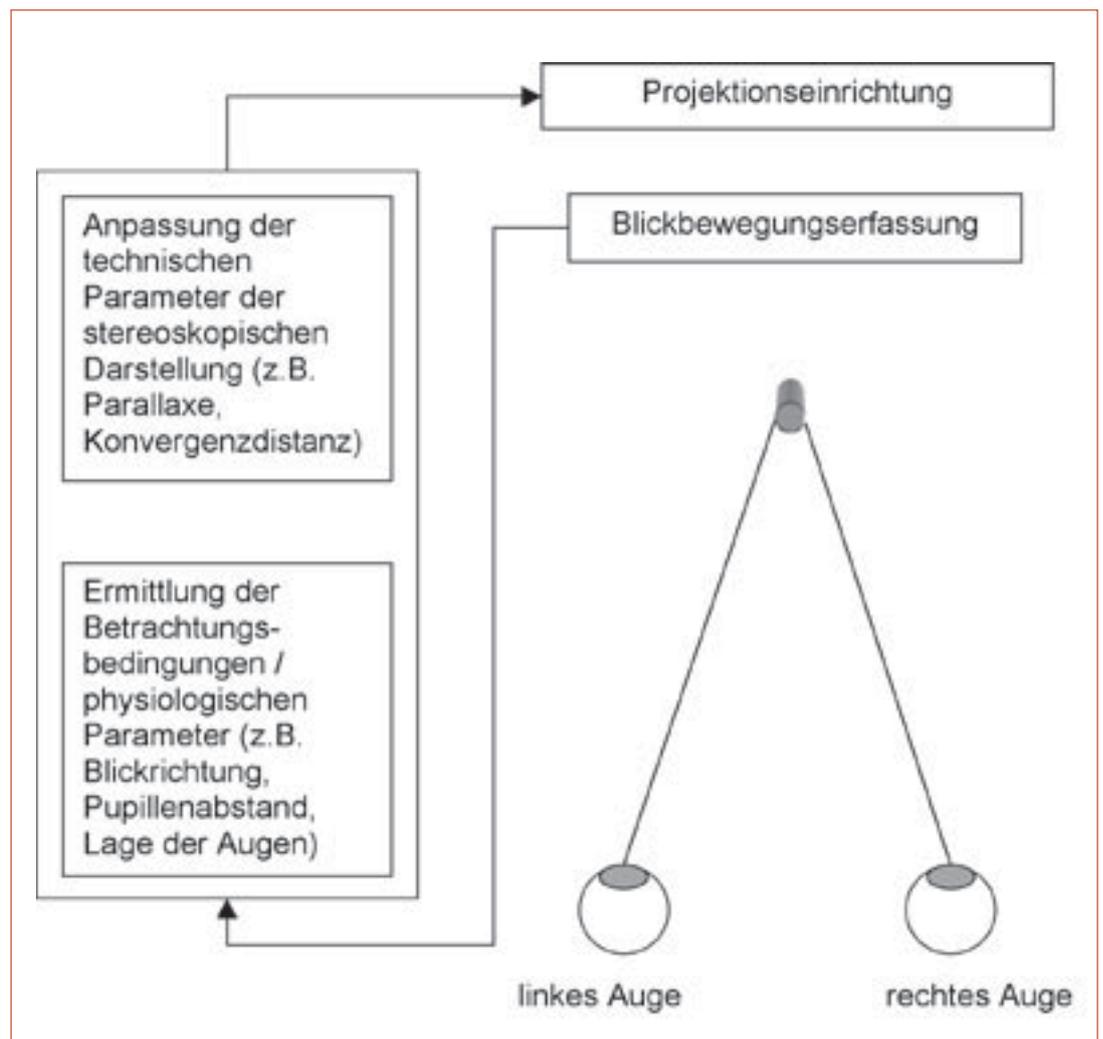


Abb. 2: Grundlegende Systemstruktur von ErgoViz

### Projekt ErgoViz

Im Rahmen des Projekts ErgoViz wurde ein Konzept entwickelt, mit dem die Dissoziationen zwischen den physiologischen Parametern der Betrachtungssituation einerseits und den technischen Parametern einer stereoskopischen Darstellung andererseits reduziert oder sogar aufgehoben werden können und somit eine ergonomische Darstellung der räumlichen Tiefe von Objekten in einer virtuellen Umgebung erzielt wird. Dazu werden kontinuierlich verschiedene Parameter der Betrachtungsbedingungen, wie z.B. Lage der Augen, Pupillenabstand, Blickrichtung der Augen erfasst. Anhand der gewonnenen Daten werden technische Parameter der stereoskopischen Darstellung, wie z.B. Parallaxe, Konvergenzdistanz in Echtzeit an die Betrachtungsbedingungen angepasst (siehe Abbildung 2).

So kann z.B. der Pupillenabstand des Betrachters gemessen und die Parallaxe entsprechend eingestellt werden. Die Konvergenzdistanz kann in unterschiedlicher Form an die jeweiligen Betrachtungsbedingungen angepasst werden. Naheliegender ist, die Konvergenzdistanz auf die gemessene Vergenz der Augen abzustimmen. Damit würde aber eine erhebliche Dissoziation mit der Akkomodation erhalten bleiben. Eine zweite Möglichkeit besteht darin, die Konvergenzdistanz an den Abstand von der Projektionsfläche anzupassen. Auf diese Weise wird zuverlässig die Entstehung von Doppelbildern vermieden, selbst bei der Betrachtung von virtuellen Objekten aus unmittelbarer Nähe. Und schließlich kann ein Wert zwischen Vergenz- und Akkomodationsdistanz gewählt werden, um einen Ausgleich zur Dissoziation dieser beiden physiologischen Parameter bei stereoskopischen Projektionssystemen zu schaffen. Hier besteht auch die Möglichkeit, dass der Benutzer entsprechend seinen individuellen Präferenzen Einstellungen vornimmt und diese in einem personalisierten Profil speichert.

Eine prototypische Umsetzung von ErgoViz ist in Abbildung 3 zu sehen. Als System zur stereoskopischen Projektion wird hier ein sogenannter autostereoskopischer Bildschirm eingesetzt. Dieser erlaubt ein räumliches Sehen ohne weitere Hilfsmittel wie z.B. spezielle Brillen. Zur Blickbewegungserkennung wird ein infrarotlichtbasiertes Gerät eingesetzt.

Das Konzept von ErgoViz ist jedoch nicht an ein spezielles Gerät zur Blickrichtungserfassung oder zur stereoskopischen Projektion gebunden. Vielmehr ist lediglich Voraussetzung, dass zum einen



Abb. 3: Prototypische Realisierung von ErgoViz mit einem autostereoskopischen Bildschirm (SeeReal C-i) und einem Gerät zur Blickbewegungserfassung (Tobii x50).

die relevanten Parameter der Betrachtungssituation wie Position und Blickrichtung der Augen erfasst werden können. Zum anderen muss die Berechnung der stereoskopischen Ansichten des 3D-Modells durch Parameter wie Parallaxe und Konvergenzdistanz beeinflussbar sein, wie dies bei der Darstellung virtueller Umgebungen in der Regel der Fall ist.

### Patentanmeldung

Gude, D., Bräuning C. & Stark, M. (2007), Vorrichtung und Verfahren zur ergonomischen Darstellung der räumlichen Tiefe von Objekten in virtuellen Umgebungen. München: Deutsches Patent- und Markenamt, Aktenzeichen 10 2007 028 654.8.

### Veröffentlichung

Gude, D., Bräuning, C. & Stark, M. (2008). ErgoViz – Vorrichtung und Verfahren zur ergonomischen Darstellung räumlicher Tiefe in virtuellen Umgebungen. In Bericht zum 54. Arbeitswissenschaftlichen Kongress (S. 725-728). Dortmund: GfA-Press.