

Erkenntnisgewinn durch Virtuelle Realitäten

Tobias Breiner

Fakultät für Informatik, SRH Hochschule Heidelberg, E-Mail: info@3D-Generation.de

Abstract

Virtual reality will gain a more and more important role in our everyday life. So it is very important to understand fully the impact and influence virtual reality will have on our view of the world. This article reveals that the interdependencies between the real space and the virtual space are much more subtle and profound than on first sight. Especially the value of several mathematical, physical and biological models and simulation methodologies will be re-estimated by the use of virtual reality in the long term. As an example the article describes the historical chain from quaternions to quaternions and how this may lead to a paradigm change in biology.

Keywords: virtual reality, simulation, insight, paradigm change

Manuscript received 08 October 2009, revised 16 October 2009, accepted 09 November 2009.

Copyright note: This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided that the original work is properly cited.

Bedeutungszuwachs Virtuelle Realitäten

Computergenerierte Räume, die unsere Umwelt möglichst realitätsnah interaktiv dreidimensional simulieren, werden im Fachjargon „Virtuelle Realitäten“ genannt. Sie werden schon in naher Zukunft eine große Rolle in unserem täglichen Leben spielen:

Flugsimulatoren werden schon seit Jahren erfolgreich im Pilotentraining eingesetzt. Zurzeit erobern ähnliche 3D-Simulatoren auch andere Bereiche, denn sie werden zunehmend für die Ausbildung von Astronauten, Fahrschülern, Gabelstapler-, Bus- und Taxifahrern, Spezialarbeitern, Polizisten und Sicherheitsbeamten verwendet.¹ Aber nicht nur für die Ausbildung, sondern auch für das Marketing, für Rehabilitationsmaßnahmen, für die Erholung und für die Touristik haben spielerische 3D-Simulatoren ein großes Zukunftspotential.²

Auch in der Chirurgie spielen Virtuelle Realitäten eine zunehmend wichtige Rolle. Immer mehr Chirurgen gehen dazu über, den Operationsverlauf im Vorfeld dreidimensional vorzuspielen. Dadurch können Fehler bei der eigentlichen Operation vermieden werden.³ In der Schönheitschirurgie sind interaktive Gewebesimulationen schon Standard und dienen nicht nur dem Chirurgen sondern auch dem Patienten als „computergrafische Glaskugel“, wie das Gesicht bzw. die Brust nach der Operation aussehen könnte. Die zugrundeliegenden physikalischen Modelle basieren meist auf speziellen Finite Elemente-Methoden oder Feder Dämpfer-Masse-Systemen, deren Parameter für das Soft Tissue Modelling feinjustiert wurden.⁴ In der

¹ Tobias Breiner: *Fahrsimulationen – Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft*; In: Forumsbericht Interaktive Visuelle Kommunikation des Cybernariums, Darmstadt 2004, 1-2.

² Alexander Henning: *Die andere Wirklichkeit; Virtual Reality, Konzepte - Standards - Lösungen*; CD-ROM von Addison-Wesley München 2001.

³ Miriam Kaplow: *Lebensecht: Operationstraining in virtueller Realität*; Pressemitteilung auf dem Informationsdienst Wissenschaft; 17.11.2008; Online unter: <http://idw-online.de/pages/de/news289151> Zugriff: 10.07.2009.

⁴ Olivier Comas et al.: *Efficient nonlinear FEM for soft tissue modeling and its GPU implementation within the open source framework SOFA*; Proceedings of the International Symposium on Computational Models for Biomedical Simulation (ISBMS); London 2008.

Computerforensik wird zunehmend der Tatort dreidimensional modelliert und der Tathergang nachsimuliert, um tiefere Erkenntnisse über den Täter zu gewinnen.^{5 6}

Die klinische Psychotherapie nutzt Virtuelle Realitäten zurzeit überwiegend in verhaltenstherapeutischen Settings zur Expositionsbehandlung. So liegt beispielsweise für viele Arachnophobiker die Hemmschwelle niedriger, eine Therapie mit virtuellen Spinnen als mit echten Spinnen zu beginnen.⁷

Spezialisten für Virtuelle Realitäten werden auch für Spezialeffekte von der Filmindustrie händelnd gesuch – ungeachtet der Finanzkrise.^{8 9}

Auch dreidimensionale Computerspiele, die ebenfalls zu Virtuellen Realitäten gezählt werden, boomen. Seit dem Jahrtausendwechsel wachsen die Umsätze dieser dynamischen Sparte mit einem jährlichen Wachstumsfaktor von ca. 15% und ein Ende dieser Entwicklung ist nicht abzusehen: 3D-Games werden in naher Zukunft zur dominierenden Infotainment-Sparte avancieren – noch vor Film und Musik.¹⁰

Im Bildungsbereich steigt ebenfalls zunehmend das Bewusstsein um die Wichtigkeit solcher computergenerierten Räume. So wird zurzeit an der SRH Hochschule Heidelberg gerade der erste Bachelorstudiengang für Virtuelle Realitäten akkreditiert. An der Fachhochschule Düsseldorf wird neuerdings ein Master für Virtuelle Realitäten angeboten. Auch an der TU Chemnitz gibt es einen ähnlichen Masterstudiengang. Es ist zu erwarten, dass andere Hochschulen nachziehen werden.

⁵ Jörg Subke: *3D-Rekonstruktion in Forensik und Kriminaltechnik*; 23.03.2005; Online: <http://www.laborpraxis.vogel.de/analytik/mikroskopie/bildanalyse/articles/106256/> Zugriff: 19.06.2009.

⁶ Wilhelm Bauer: *Virtual-Reality-System zur Verbrechenauflklärung*; 25.05.2005; <http://www.innovations-report.de/html/berichte/informationstechnologie/bericht-44736.html>; Zugriff: 05.05.2009.

⁷ Christine Eichenberg, *Einsatz von „virtuellen Realitäten“ in der Psychotherapie*, in: *Psychotherapeut*; V52, Nr. 5, Springer Heidelberg September 2007, 362-367.

⁸ Autodesk, *Autodesk Education Programme*, Broschüre, München 2009.

⁹ Daniil Dondureji, Natalia Venger, *Russische Filmindustrie 2001-2006*, CTC Media, Moskau 2006.

¹⁰ Sabine Mitternacht, *Beste Chancen für Informatikabsolventen auf dem Arbeitsmarkt - neue Informatikstudiengänge an der SRH Hochschule Heidelberg*; 11.03.2008; Online unter: <http://idw-online.de/pages/de/news250713>, Zugriff: 10.09.2009.

Extrapoliert man den aktuellen Preisverfall für die notwendige Hard- und Software in die Zukunft, so ist zu erwarten, dass die Deutschen schon 2020 durchschnittlich über anderthalb Stunden täglich in solchen virtuellen Räumen verbringen werden.¹¹

Vor dem Hintergrund dieses Bedeutungszuwachses sollten auch die Interdependenzen zwischen virtuellen Räumen und dem realen Gesamttraum möglichst gut verstanden werden.

Interdependenzen zwischen realer und virtueller Welt

Die meisten Menschen setzen intuitiv den Implikationspfeil von der „Realen Welt“ zur „Virtuellen Welt“. Sie sehen somit die Beziehung der beiden Räume als reine Einbahnstraße. Auf den ersten Blick scheint dies auch der Fall zu sein, denn steigen wir zum Beispiel in einen Flugsimulator, so können wir den virtuellen Airbus steuern. Sollte der Airbus dabei ins Meer abstürzen, so steigen wir nach der Havarie dennoch unbehelligt aus dem Simulator heraus. Verallgemeinert bedeutet dies, dass Objekte aus dem „echten Raum“ Objekte im „virtuellen Raum“ aber Objekte des „virtuellen Raumes“ nicht Objekte des „echten Raumes“ beeinflussen können – zumindest nicht direkt!

Eine indirekte Beeinflussung über die Psyche wird jedoch bald ersichtlich, wenn man sich den Virtuellen Räumen exponiert. Wer z.B. das Glück hatte, schon einmal einen professionellen Simulator bedienen zu dürfen, wird bestätigen können, dass man infolge der Immersion schon bald vergisst, dass man sich in einem anderen materiefreien Raum befindet, der keinerlei Konsequenzen für die eigene Unversehrtheit zeitigt. Für die Psyche ist der virtuelle Raum schon nach wenigen Minuten ebenso real wie der echte. So wird man beim Absturz ähnlich erschrecken, wie bei einem echten Absturz und dabei verzweifelt Höhen- und Seitenruder übersteuern.

Psychologen, Medienwissenschaftler und Philosophen erforschen zurzeit mit zahlreichen Studien diese indirekte Beeinflussung der Psyche.

Aufgrund der Amokläufe ist insbesondere die diesbezügliche Wirkung von Egoshootern schon eingehend exploriert worden. Doch da der

¹¹ Tobias Breiner, *A generalized View of Moore's Law and its Implications on Future Technology*, in: *SIPS proceedings*: 1/03; 2003, 3-4.



öffentliche Diskurs bei diesem Thema von so hoher populistischer Emotionalität geprägt ist, fällt die Wahrheitsfindung schwer – und so ist es auch zu erklären, dass die Studien zu diametral entgegengesetzten Ergebnissen kommen, je nach dem, wer die Studie finanziert hat. Andere Studien, die in diese Kategorie fallen, betreffen die Spielsucht oder den Lern- und Trainingseffekt.^{12 13 14}

In diesem Artikel soll nicht auf diese psychischen Effekte eingegangen werden. Es soll vielmehr aufgezeigt werden, dass die Rückkopplung und der Einfluss virtueller Realitäten auf uns wesentlich subtiler, vielfältiger und weitreichender ist, als die schiere psychisch-mentale Beeinflussung. Im Folgenden wird sich auf den wissenschaftlichen Paradigmenwechsel konzentriert, der durch Virtuelle Realitäten in Gang gesetzt wird. Dieser Paradigmenwechsel betrifft zurzeit lediglich die Programmierer der Virtuellen Realitäten, da sie versuchen, die reale Welt mit Hilfe von Methoden nachzubilden, die auf dem gängigen Weltbild basieren.

Beim Simulieren der realen Welt reicht es nicht aus, physikalische Einzelaspekte verstanden zu haben. Vielmehr müssen sich die einzelnen Formeln und Methoden in einem Gesamtkontext bewähren, um die Realität möglichst genau nachzubilden. Einerseits stellen die Entwickler dabei fest, dass es für die meisten Geschehnisse noch keine brauchbaren Beschreibungsmethoden existieren. Die durch die Aufklärung scheinbar entmystifizierte und weitestgehend analysierte Welt offenbart bei näherer Auseinandersetzung, dass erstaunlich wenige Phänomene tatsächlich naturwissenschaftlich verstanden sind, und für noch weniger Phänomene geeignete Formeln oder Generierungsmethoden existieren.

Als Beispiele für solche mystisch weißen Flecken auf der wissenschaftlichen Landkarte kann die Schleuderbewegungen bei Fahrzeugen herangezogen werden, die sich bislang jeglicher algorithmischen

Berechenbarkeit entziehen. Kristallisationseffekte, wie beispielsweise die individuelle, jedoch in sich symmetrische Ausbildung der sechs Arme von Schneeflocken, können bislang nicht komplett simuliert werden. Für viele biochemische Vorgänge gibt es keine bekannten Algorithmen. Das Verhalten von Luft, Wasser und Feuer kann bislang nur angenähert, jedoch nicht vollkommen beschrieben werden.

Ganz im Gegensatz zu dieser Wiederverzauberung unserer Welt tritt durch die Virtuellen Realitäten in anderen Bereichen eine Entmystifizierung ein.¹⁵ Denn computergrafische Methoden sind zum Teil in der Lage, altbekannte Rätsel des Alltags zu lösen. Lange Zeit galt zum Beispiel die Kronenbildung beim Aufschlag eines Tropfens auf die Wasseroberfläche als unerklärlich. Es zeigte sich nun mit neuen Methoden der Virtuellen Realität, dass dieses bizarre Phänomen auch bei der Simulation auftritt und somit nichts Mystisches an sich hat.¹⁶

Erstarken und Schwächung althergebrachter theoretischer Modelle durch Virtuelle Realitäten

Ein anderes interessantes Phänomen ist, dass es theoretische Modelle gibt, die über Jahrzehnte kaum beachtet wurden, und erst jetzt durch die Computergrafik ihre Renaissance erleben. Zu diesen zählen z.B. Lindenmeyersysteme. Solche L-Systeme haben lange Zeit lediglich in der Theoretischen Informatik eine Statistenrolle gespielt: Sie werden heute dagegen verwendet, um Pflanzen photorealistisch zu generieren. Bézierkurven spielten anfangs nur im Fahrzeugbau eine bescheidene Rolle. Mit ihren Formeln ließen sich geschwungene Linien der Karosserie berechnen. Nun erhalten Sie durch Bézierpatches ein Comeback, da man durch sie auf elegante Weise geschwungene Oberflächen in der Virtuellen Realität beschreiben kann. Andere Beispiele für das Erstarken von theoretischen Modellen sind Fraktale, die

¹² Kevon D. Browne, Catherine Hamilton-Giachritsis: *The Influence of Violent Media on Children and Adolescents: A Public Health Approach*, in: *The Lancet* 365; London, New York 2005; 702-710.

¹³ Brad J. Bushman, Craig A. Anderson, *Violent Video Games and Hostile Expectations: A Test of the General Aggression Model*, in: *Personality and Social Psychology Bulletin* 28, Washington 2002, 1679-1686.

¹⁴ Christopher J. Ferguson et al., *Violent Video Games and Aggression: Causal Relationship or Byproduct of Family Violence and Intrinsic Violence Motivation?* in: *Criminal Justice and Behavior* 35; Thousand Oaks, London 2002.

¹⁵ An dieser Stelle sei angemerkt, dass sich andererseits natürlich durch Virtuelle Realitäten andererseits gerade eine eigene Art von Mystik entwickelt. Man denke nur an die sich selbst referenzierenden Fantasy-Welten einiger Computerspiele, in der z.B. Elfen, Gnome und andere märchenhafte Fabelwesen auftreten. Doch dies ist ein anderes Thema, das eines eigenen Artikels bedarf.

¹⁶ Tobias Breiner, Daniel Groh, *Simulation von Ballons mittels SMD-Systemen in Kombination mit 3D-Blobfunktionen*, in: *Tagungsband 10. Workshop Sichtsysteme – Visualisierung in der Simulationstechnik in Bremen*, Reinhard Möller (Hrsg.), Gesellschaft für Informatik, Shaker-Verlag, Aachen Bremen 2007, 113-122.

unter Anderem für die überzeugende Nachbildung von Gebirgszügen, Städten oder Planeten verwendet werden. Weitere mathematische Methoden, die durch Virtuelle Realitäten einen großen Bedeutungszuwachs erfahren sind homogene Matrizen, Jakobimatrizen oder Iterierte Funktionen-Systeme.

Zuletzt gibt es Methoden und Formeln, die lange Zeit in der einschlägigen Fachliteratur als Basis-handwerk gehandelt wurden, aber in virtuellen Realitäten nicht den gewünschten Erfolg zeitigen und nun in Frage gestellt werden, zu diesen Methoden gehören z.B. die Formbildung durch Mutation und Selektion. Mit ihnen ist zwar eine einfache Formoptimierung möglich, die durch eine eindimensionale Optimierungsformel beschrieben wird. Bei multidimensionalen Optimierungsformeln, wie sie in der Natur üblich sind, versagen solche einfachen evolutionären Algorithmen jedoch kläglich.

Dieses Scheitern zeigt, dass der blanke Darwinismus Erweiterungen bedarf, wie sie z.B. die Frankfurter Evolutionstheorie beschreibt.

Ein Computergrafiker stellt sich daher großen Herausforderungen, ohne dass er sich dieser Tatsache vielleicht bewusst ist. Durch die Simulationstechnik werden alle bisherigen wissenschaftlichen Paradigmen einer strengen Prüfung unterzogen. Durch Sie wird unser Weltbild klamm und heimlich revidiert oder modifiziert.

Die derzeitige Situation in der Wissenschaftslandschaft kann metaphorisch anhand eines Gleichnisses besser verstanden werden. In diesem Gleichnis sei das Theaterstück die Simulation, das Theater der Virtuelle Raum, die Schauspieltrainer und Juroren die Programmierer virtueller Realitäten und die Schauspieler seien die naturwissenschaftlichen Modelle:

Man stelle sich vor, Schauspieler, welche ihre Rolle bisher nur theoretisch im stillen Kämmerlein geprobt haben, treffen sich erstmals gemeinsam zur Generalprobe und müssen sich vor einer erlesenen Jury bewähren. Die Juroren stellen dabei erstaunt fest, dass einige der Hauptakteure, auf die man große Hoffnungen gesetzt hatte, sich als glatter Flopp erweisen. Einige Statisten spielen ihre Rolle dagegen überraschend so gut, dass man ihnen wichtige Rollen im Theaterstück überlässt. Einige Schauspieler spielen zwar theoretisch gut, haben aber so starkes Lampenfieber, dass sie für die Praxis ungeeignet sind. Sie werden daher von der Bühne verwiesen und als Souffleusen eingesetzt. Im Großen und Ganzen

sind die Juroren gezwungen, das Theaterstück mit-samt der gesamten Mannschaft vollkommen umzu-krempeln. Die Öffentlichkeit hat allerdings bislang von dieser Revolution des Theaterstücks noch nichts mitbekommen. Sie glauben immer noch, dass das Theaterstück von den ursprünglichen Stars bestritten wird.

Von Quaternionen zum Quoaring

Anhand von aufeinander aufbauenden Beispielen soll im folgenden konkretisiert werden, wie alte, mehrfach vergessene mathematische Methoden eine Renaissance erleben, als Basis zu neuen Methoden der Virtuellen Realität verschmelzen, die wiederum unser gesamtes naturwissenschaftliches Weltbild umkrempeln. Wir beginnen dabei in Irland des 19. Jahrhunderts: Sir William Rowan Hamilton (1805-1865) suchte sein ganzes Leben lang nach einer Erweiterung der komplexen Zahlen in 3 Dimensionen. einem dreidimensionalen Skalarvektor, der ja einen Punkt oder Vektor im Euklidischen Raum beschreibt, es ein komplexes Analogon geben müsste, also sozusagen einen dreidimensionalen „komplexen Vektor“. Mittlerweile ist mathematisch bewiesen, dass es eine solche Erweiterung gar nicht gibt und Hamiltons Suche erfolglos sein musste. Die Qual, welche das ergebnislose Stochern in den mathematischen Gefilden bei Hamilton auslöste, beschreibt gut ein rückblickender Briefauszug, den Hamilton an seinen Sohn 1865 schrieb:

“Every morning, on my coming down to breakfast, you used to ask me: ‘Well, Papa, can you multiply triplets?’ Where to I was always obliged to reply, with a sad shake of the head: ‘No, I can only add and subtract them.’”

Es existiert zwar keine Erweiterung der komplexen Zahlen in die dritte Dimension, sehr wohl aber in den vierdimensionalen Raum. Diese „vierdimensionalen komplexen Zahlen“ fand Hamilton nach mehreren Jahren durch eine plötzliche Eingebung. Ein Geistesblitz erteilte ihn bei einem Spaziergang mit seiner Gattin, die er mit irischer Distanziertheit „Lady Hamilton“ nannte:

„They started into life, or light, full grown, on the 16th of October, 1843, as I was walking with Lady Hamilton to Dublin, and came up to Brougham Bridge [...] Nor could I resist the impulse – unphilosophical as it may have been – to cut with a knife on a stone of Brougham Bridge, as we passed it, the

fundamental formula with the symbols I,j,k namely:
 $i^2 = j^2 = k^2 = ijk = -1$ ¹⁷

Die köstliche Vorstellung, ein Mathematiker zückt in den Herbstnebeln Irlands plötzlich ein Messer, wirft sich auf die Brücke und ritzt vor seiner perplexen Gattin besessen kryptische Formeln in einen Brückenstein, mag uns heute wie ein übertriebener Horrorfilm anmuten, Fakt ist jedoch, dass dieser geritzte Brückenstein als Meilenstein in die Geschichte der Mathematik einging.

Hamilton, der wie die meisten Iren der damaligen Zeit streng gläubig war, nannte die neuen Zahlen „Quaternionen“. Der Name stammt aus der Apostelgeschichte 12, 4:

[...] he put him in prison and delivered him to four quaternions of soldiers to keep him [...]

Heute wissen wir, dass Hamilton nicht als erster Entdecker der Quaternionen und ihrer speziellen Mathematik gelten kann. Zumindest zwei weitere Mathematiker hatten die Quaternionen vor Hamilton beschrieben. Leonard Euler erwähnte sie schon ansatzweise 1748 in seinen „*Schriften zu Goldbach*“ in Berlin, der Inhalt dieser Schrift geriet infolge der kleinen Auflage jedoch schnell in Vergessenheit.¹⁸ Fast genau ein Jahrhundert später, nämlich 1849, beschrieb Karl Friedrich Gauß in „*Mutationen des Raums*“ in Göttingen die Quaternionen und ihre gesamte Mathematik. Sein Werk blieb jedoch damals unpubliziert.¹⁹

Bisher wurde ignoriert, dass die vierdimensionalen Quaternionen ein Gleichnis unseres Raum-Zeit-Kontinuums sind, denn sie können ohne weiteres als drei imaginäre Raumkoordinaten und eine reelle Zeitkoordinate interpretiert werden. Dabei würde der Zeitvektor durch $t^2 = 1$ und die drei Euklidischen Raumvektoren durch $x^2, y^2, z^2 = -1$ gegeben sein. Als Unterscheidungsmerkmal zwischen Raum und Zeit steht demnach lediglich eine -1. Zeit ist demnach nicht geradlinig sondern in Wirklichkeit multizirkulär. Nur durch die Überlappung mehrerer Zeitkreise entsteht die Illusion einer geradlinigen Zeit.

Quaternionen bekräftigen dadurch die Kant'sche Idee von der Zeit als phänomenaler Basis der Zahl.²⁰

Über Jahrhunderte galten Quaternionen als Forschungsgebiet verschrobener Nerds mit unmodischen Rollkragenpullovern und dicken Hornbrillen. Quaternionen gelangten allenfalls im Rahmen von Sondervorlesungen ans Licht der akademischen Öffentlichkeit, wo sie als Kuriosum der Mathematik in verstaubten Hörsälen präsentiert wurden.²¹ Von dieser akademischen Statistenrolle wurden sie erst durch den Fortschritt in der dreidimensionalen Computeranimation bei Virtuellen Realitäten befreit. Bei der Nachberechnung von Objektdrehungen bemerkte man, dass die klassischen mathematischen Verfahren zur Rotation, wie Matrizen, Polarkoordinaten oder Eulerwinkel teilweise ungeeignet waren. So suchte man nach geeigneten Alternativen und fand sie gemäß rein pragmatischen Gesichtspunkten in den Quaternionen. Mittlerweile sind Quaternionen nicht mehr aus der Computergrafik wegzudenken und haben sich als Basismethode ihren gebührenden Platz im Virtuellen Elysium erobert.

Mit Quaternionen lassen sich hervorragend Rotationen beschreiben und interpolieren. Bei der Konkatenation mehrerer hintereinander auftretender Rotationen benötigen Quaternionen zudem weniger Operationen als Matrizen.

Quaternionen sind zudem ein Hauptbestandteil des sogenannten „Quaoaring“, einem neuen Computerverfahren, mit dem sich virtuelle Tiere elegant erzeugen und animieren lassen. Der Name „Quaoaring“ stammt ursprünglich vom tongvaischen Schöpfungsgott „Quaoar“. In der Mythologie dieses Gottes erschafft Quaoar durch einen kreisförmigen Tanz alle Tiere der Welt, was als Anspielung auf den zirkulären Aufbau der Tiere in diesem speziellen Verfahren gelten kann. Die drei ersten Buchstaben von Quaoaring sind aber auch eine Hommage an die dem Verfahren zugrunde liegenden Quaternionen.

Quaoaring zeigt auf, dass folgende Modifikationen unseres Weltbildes sinnvoll sein könnten:

Die Anatomien von Menschen und Tieren werden vorzugsweise nicht durch Vektoren des uns bekannten Euklidischen Raumes beschrieben, son-

¹⁷ Hans Wussing et al., 6000 Jahre Mathematik: Eine kulturgeschichtliche Zeitreise- 1. Von den Anfängen bis Leibniz und Newton, Springer-Verlag, Heidelberg 2008, 378f.

¹⁸ Leonard Euler, Schriften zu Goldbach, Berlin 1748.

¹⁹ Carl Friedrich Gauß, Mutationen des Raums, Göttingen 1849.

²⁰ Tobias Breiner, *Paradigmenwechsel bei Simulationen*, Broschüre zum Forum „Interaktive Visuelle Kommunikation“ des Cybernariums, Darmstadt 2004.

²¹ Hans Wussing et al., 6000 Jahre Mathematik: Eine kulturgeschichtliche Zeitreise- 1. Von den Anfängen bis Leibniz und Newton; Springer Heidelberg 2008, 377.

dern durch spezielle Biovektoren, die sich eines Raumes bedienen, der durch einem dem Individuum eigenen Biologischen Koordinatensystems aufgespannt wird. Dieses Biologische Koordinatensystem ist Bestandteil des Quaoaring-Modells. Organismen gehören demnach nur bedingt unserer dreidimensionalen Euklidischen Welt an. Vom Wurm bis hin zum Menschen werden die Körper aller Tiere durch zwei Pole dieses Biologischen Koordinatensystems aufgespannt. Der vordere Pol sitzt beim Menschen zwischen den Brauen, der hintere am Steißbein. Zwischen den beiden Polen windet sich eine Zentrallinie quer durch den Körper. Bei Wirbeltieren, also auch dem Menschen, verläuft die Zentrallinie entlang des Rückenmarks.

Neue Anatomien bilden sich anhand von Parametern in diesem Biologischen Koordinatensystem aus, in anderen Worten, die biologische Evolution ist nicht frei, sondern kann nur entlang mathematisch vorgegebener Evolutionslinien verlaufen. Sie ist zudem nicht reversibel. Somit bestätigt Quaoaring voll und ganz die Frankfurter Evolutionstheorie.²²

Abschluss

Diese Beispiele zwischen Quaternionen und Quaoaring verdeutlichen, wie stark sich durch die Herstellung von „Virtuellen Räumen“ die naturwissenschaftliche Sichtweise auf unsere Welt, den „Realen Raum“ gewandelt hat.

Es wird allerdings noch lange dauern, bis diese Erkenntnisse tatsächlich interdisziplinär von der Informatik in andere Bereiche sickern. Es ist zu vermuten, dass diese neuen Erkenntnisse zu großen Paradigmenwechseln in Naturwissenschaft und Technik führen werden.

²² Tobias Breiner, *Dreidimensionale virtuelle Organismen*, Dissertation am Institut für Graphische Datenverarbeitung an der Johann Wolfgang-Goethe Universität, Frankfurt am Main 2006, Online verfügbar unter: http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?idn=980196914&dok_var=d1&dok_ext=pdf&filename=980196914.pdf; Zugriff: 20.09.2008.