



Gert Bär

TU Dresden, Institut für Geometrie

Geometrische Aufgaben im Maschinenbau

Im Maschinenbau ergeben sich bei der Konstruktion und Fertigung von Maschinenelementen zahlreiche Aufgaben der ebenen und räumlichen Geometrie. Oft treten dabei Regel-, Dreh- und Schraubflächen als Funktionsflächen auf, aber auch als Bewegflächen von Werkzeugschneiden, deren Hüllflächen dann zu berechnen sind. Hüllflächen treten auch als Funktionsflächen an Zahnrädern auf. Ihre Berechnung erfordert oft eine angepasste Visualisierung und Bewegungssimulation, um Kollisionsprobleme bequem zu erkennen. Eine Präsentation gelöster und ungelöster geometrischer Aufgaben mit vorwiegend antriebstechnischem Hintergrund soll auf die Bedeutung und Aktualität dieses Anwendungsbereichs der Geometrie hinweisen.

Udo Beyer

KIT – Universität Karlsruhe (TH), Fakultät für Architektur

Visualisierungsstrategien im architektonischen Entwurfsprozess

Mit der zunehmenden technischen Perfektionierung und leichteren Erzeugbarkeit von fotorealistischen Darstellungen ungebauter Architektur tritt die Frage nach den Inhalten verstärkt in den Vordergrund. Ausschlaggebend ist nicht mehr allein das beeindruckende Präsentationsbild, erst im treffenden Zusammenklang zwischen Dargestelltem und Darstellung entfaltet sich die Kraft und Überzeugungswirkung der jeweiligen Visualisierung. Dabei sind digitale Renderings nur eine Methode einer Vielzahl etablierter Techniken: Modell, Zeichnung, Storyboard, Diagramm und Collage beispielsweise werden von Architekten im Entwerfen schon immer ergänzend angewendet und kombiniert. Die detaillierte Erkundung verschiedenster Visualisierungstechniken und ihres spezifischen Einflusses auf das Ergebnis und die Vorgehensweise des Entwurfsprozesses war Thema einer Serie von Lehrveranstaltungen und Vorträgen an der Architekturfakultät der Universität Karlsruhe im vergangenen Jahr.

Stichworte: Rendering, Modell, Architektur, Fotorealismus, Zeichnung, Storyboard, Diagramm, Collage

Karl-Heinz Brakhage

RWTH Aachen, Institut für Geometrie und Praktische Mathematik

Isoflächen-Extraktion – verallgemeinerte adaptive *Marching Cubes*

Marching Cubes ist ein Algorithmus, um Isoflächen aus Volumendaten zu extrahieren und zu visualisieren. Der Algorithmus wurde von Lorensen and Cline entwickelt und – nachdem sie darauf ein Patent erhalten hatten – 1987 veröffentlicht (SIGGRAPH 1987). Ziel war es, zu vorgegebenen (medizinischen) Volumendaten, die eine Funktion repräsentieren, zu jedem vorgegebenen so genannten Isowert die Grenzfläche zu finden, die die Bereiche mit Funktionswerten über und unter diesem Wert voneinander trennt. Die Ausgabe ist ein Dreiecksmodell der Isofläche. Die Anwendung solcher Algorithmen findet auch in der wissenschaftlichen Visualisierung von numerischen Simulationen, etwa Isobaren bei Strömungsberechnungen, eine breite Anwendung. Der Algorithmus kann im Original nur auf kartesische Daten angewendet werden. Zudem sind 256 verschiedenen Konfigurationen zu unterscheiden. Von diesen sind zwei trivial und durch Ausnutzen von Symmetrien kann man sich auf 14 Grundkonfigurationen beschränken. Die Topologie der Isoflächen ist zu vorgegebenen diskreten Daten nicht eindeutig – auch wenn dies nach wie vor in einigen Arbeiten behauptet wird. In dem Vortrag wird gezeigt, dass man sich mittels adaptiver Unterteilungen auf zwei Konfigurationen beschränken kann. Zudem wird der Algorithmus auf nicht-kartesische Datensätze erweitert und es werden Zusatzkriterien angegeben, unter denen die Isoflächen topologisch eindeutig sind.

Susanne Harms und **Margitta Pries**

HfT Stuttgart

TFH Berlin

Die Approximation einer Punktmenge mittels rationaler B-Splines - projektive Geometrie im Anwendertest

Berechnet man zu einer Punktmenge einen approximierenden (integralen) B-Spline, erhält man bei folgendem Vorgehen ein lin. Gleichungssystem zur Berechnung der gesuchten Steuerpunkte der Kurve: Bei vorgegebener Segmentanzahl, vorgegebener Ordnung und gegebenem Knotenvektor ordnet man jedem Messpunkt einen Parameterwert zu, welcher sich an der Bogenlänge der zu bestimmenden Kurve orientiert. Eine nachträgliche Parameterkorrektur verbessert die Eingangswerte und ermöglicht ein schrittweises Verbessern der Approximation. Werden rationale Kurven zugrunde gelegt (und im euklidischen 3D Raum gerechnet), ist die direkte Berechnung der Steuerpunkte und Gewichte nicht mehr geschlossen möglich. Die Lösung muss numerisch ermittelt werden, siehe Dissertation Schneider [Schn92]. In der Dissertation Elsässer [Els98] wird ein Verfahren mit Mitteln der projektiven Geometrie beschrieben, welches auf ein lineares Gleichungssystem zur Berechnung der (homogenen) Steuerpunkte führt. Dies scheint dieses Verfahren zu favorisieren. Nachteilig ist jedoch, dass die Parameter nicht mehr die Bogenlänge widerspiegeln und die Anpassung eines zusätzlichen Terms die Positivität der Gewichte gewährleisten muss.

Das Verfahren wurde in MATLAB programmiert, Beispiele und Ergebnisse werden vorgestellt.

[Schn92] Schneider, F.-J.: Interpolation, Approximation und Konvertierung mit rationalen B-Splines, Dissertation TH Darmstadt (1992).

[Els98] Elsässer, B.: Approximation mit rationalen B-Spline Kurven und Flächen, Dissertation TH Darmstadt (1998).

Alexander Heinz

Herdecke

Umstülpung: Geometrie in Bewegung

Räumliches Denken bildet sich an räumlichen Erfahrungen. Diese vollziehen sich in der Bewegung, also in zeitlichem Verlauf. Bei der Umstülpung zeigen sich mannigfache Metamorphosen der räumlichen Gebilde in ihrem zeitlichen Wandel. Anhand von beweglichen Modellen wird praktisch und in lebendiger Weise anschaulich, was geometrisch unter Umstülpung verstanden werden kann. Dies kann sich in sehr unterschiedlicher Weise zeigen: an einfachen Gelenk-Ketten (Kaleidozyklen); an Modellen, die ihr gesamtes Volumen umstülpen; an zwangläufigen Modellen, wie der umstülpbare Würfel von Paul Schatz, und an Modellen, die alle ihre geometrischen Elementen (Ecken, Kanten, Flächen, Volumen) gleichzeitig umstülpen. Daran lassen sich verschiedene Kriterien der Umstülpung entwickeln. Eine Reihe von Modellen steht während der Tagung für eigene Erfahrungen zur Verfügung.

Klaus Holländer

FH Giessen-Friedberg

Über die Lösung des apollonischen Berührungsproblems auf der Kugel und im Raum mittels geometrischer Transformationen

Das apollonische Berührungsproblem auf der Kugel verlangt die Konstruktion aller Kreise, die drei auf der Kugel gegebene Kreise berühren, im allgemeinen Fall sind es 8 Kreise. Das apollonische Berührungsproblem im Raum verlangt die Konstruktion aller Kugeln die vier im Raum gegebene Kugeln berühren, im allgemeinen Fall sind es 16 Kugeln.

Das Berührungsproblem auf der Kugel wird mit Hilfe der stereographischen Projektion und Modellierung gelöst, das Berührungsproblem im Raum mit Hilfe der räumlichen Inversion (Transformation durch reziproke Radien). Beide Transformationen sind winkeltreu sowie kreis- bzw. kugeltreu.

Geesche Intveen und Claus Pütz

RWTH Aachen, Institut für Geometrie und Praktische Mathematik

Visualisierungen zur Förderung individueller Lernprozesse

Mit der spezifischen Visualisierung verschiedener didaktischer Ebenen können individuelle Lernprozesse in der Grundlagenvermittlung optimal angeregt und begleitet werden. Basis unserer Veranstaltung „Einstieg in räumliches Denken und Konstruieren“ bilden visuell dokumentierte Konstruktionseingaben, die an geeigneten Stellen mit Hintergrundwissen angemessener Tiefe angereichert sind. Die Anleitungen werden den Studierenden online in Form von Filmen oder Bildern der Seiten aus dem Lückenskript zur Verfügung gestellt. Alternativ werden die Softwareeingaben gemeinsam während einer Präsenzveranstaltung im Hörsaal grafisch protokolliert: der Dozent ergänzt das Lückenskript am Overhead, die Teilnehmer im Ausdruck. Für die eigene Bearbeitung am Rechner werden die Aufgabenstellungen den Leistungsständen angepasst visualisiert. Durch die Visualisierung des didaktischen Konzepts in den Präsentations- und Übungsformen kann der Studierende seinen individuellen Lernweg zum einheitlichen Kursziel auswählen.

Heike Kern

TU Kaiserslautern, Studiengang Architektur

Häkeln

Ich nutze das Häkeln in meiner plastischen künstlerischen Arbeit als Technik, um über die Linie – den Faden – zur Fläche und damit zu Raumfiguren zu kommen. Dabei geht es nicht um das Herstellen zuvor entworfener Formen, um ein Modellieren mit der Häkelnadel, sondern um die Untersuchung der Ordnungs- oder Wachstumsmuster, die der Technik selbst innewohnen. Der schrittweise Herstellungsprozess, das Wachsen einer Form Knoten um Knoten, Reihe um Reihe nach bestimmten Regeln, kann als Verfahren überraschende plastische Bilder erzeugen, die ich nicht entwerfen, nicht zeichnen kann. Der Vortrag erläutert anhand von gehäkelten Bildern einige Bauprinzipien, die zu einfachen und komplexen geometrischen Figuren führen. Er kann als Anleitung zum eigenen Ausprobieren verstanden werden.

Ekkehard Kroll

Universität Mainz, Institut für Mathematik

Wirklichkeit, Vorstellung und digitaler Schein – mit Bezug zur Lehrerbildung –

Ein reales Objekt erzeugt beim Anschauen in unserer Vorstellung ein Abbild, das wir mittels geeigneter Software der Computeralgebra oder dynamischen Geometrie in ein virtuelles (digitales) Objekt überführen können; die Auseinandersetzung mit seinen (meist geometrischen) Eigenschaften erweitert unsere Vorstellung. Eine entsprechende Ergänzung der systematischen Mathematik-Ausbildung von Lehramtsstudierenden durch problemorientierte praktische Phasen lässt eine Bereicherung nicht nur der universitären Ausbildung, sondern auch des Mathematikunterrichts erwarten, damit auf beiden Ebenen „mehr hängen bleibt“. (Erläuterung an Beispielen aus der Raumgeometrie)

Friedhelm Kürpig

HfbK Hamburg

Geomathikum in Aachen: Traum oder Realität

Der Betrag berichtet über den aktuellen Planungsstand, in Aachen - Kornelimünster eine Dauerausstellung geometrischer Objekte in der ehemaligen Reichsabtei zu installieren.

Cornelie Leopold

TU Kaiserslautern, Architektur, Raum- und Umweltplanung, Bauingenieurwesen

Rekonstruktion und Visualisierung am Beispiel Pfaffbad

Wie kann ein nicht mehr vorhandenes Gebäude rekonstruiert und visualisiert werden? Diese Frage stand im Mittelpunkt eines Seminars mit Architekturstudierenden an der TU Kaiserslautern. Als Beispiel wählten wir das Pfaffbad in Kaiserslautern, das 1912-1924 gebaut und 1975 unter Protesten der Bevölkerung abgerissen wurde. Ziel war es, das Gebäude aus den Plänen und Fotos zu rekonstruieren und so zu visualisieren, dass das Gebäude in der heutigen Umgebung vorstellbar wird. Die Vorgehensweise musste unter den Studenten genau koordiniert werden, da die einen mit den Ergebnissen der anderen weiterarbeiteten. Die Rekonstruktionen der 3D-Modelle des Gebäudes und des Platzes waren Grundlage sowohl für digitale und physische Modelle als auch für Fotomontagen. Im Vortrag werden Vorgehensweise und Ergebnisse vorgestellt.

Daniel Lordick

TU Dresden, Institut für Geometrie

Der virtuelle Raum in Vermeers Gemälde „Brieflesendes Mädchen am offenen Fenster“

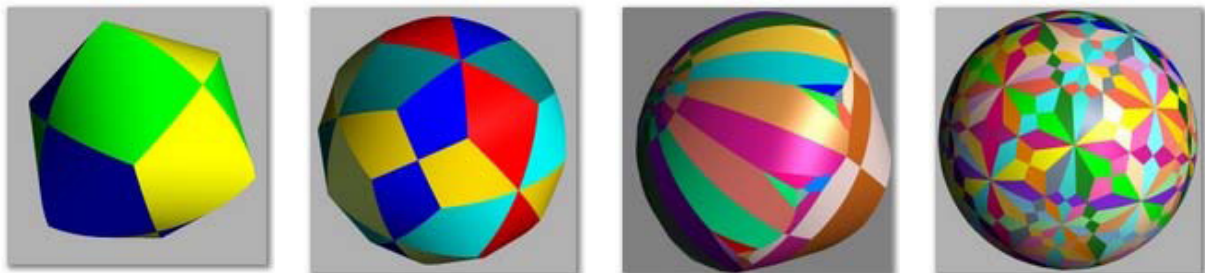
Die Gemäldegalerie Alte Meister Dresden plant 2009 eine Ausstellung zum Frühwerk von Johannes Vermeer. In diesem Zusammenhang und für ein Weiterbildungsprogramm soll die räumliche Situation in dem berühmten Dresdner Gemälde „Brieflesendes Mädchen am offenen Fenster“ nachgebaut werden. Ausgangspunkt ist eine möglichst exakte Rekonstruktion der zugrunde liegenden Zentralprojektion. Im „möglichst exakt“ steckt eine Bandbreite von Möglichkeiten, die in einer Spielumgebung transparent gemacht werden soll. Neugierige können die Annahmen für die Perspektive verändern und erhalten Bildvarianten, die anschließend Vermeers Gemälde gegenüber gestellt werden. Das Ziel ist, sowohl im Maßstab 1:1 als auch interaktiv am Computer die technischen Methoden der Bilderzeugung aufzuspüren.

Ulrich Mikloweit

Universität Duisburg Essen

Zylinderdurchdringungen mit dem Programm Stella4D

Stella4D ist in erster Linie für die Darstellung und Bearbeitung von Polyedern konzipiert. Aus einer umfangreichen Bibliothek kann auf hunderte von Polyedern zugegriffen, mit wenigen Mausklicks können Polyeder in unbegrenzter Zahl konstruiert, analysiert und bearbeitet werden. So ist es möglich, mit wenigen Schritten Zylinderdurchdringungen zu erzeugen:



Die Zylinder sind dabei als vielseitige Prismen dargestellt. Stella4D ist preiswert und kann nach kurzer Einarbeitungszeit beherrscht werden.

Helmut Pottmann

TU Wien, Institut für diskrete Mathematik und Geometrie

Freiform-Geometrie für die Architektur

Freiformstrukturen nehmen in der zeitgenössischen Architektur einen wichtigen Stellenwert ein. Die hierbei verwendeten Methoden sind allerdings durch Anforderungen in ganz anderen Anwendungsgebieten (Automobilindustrie, Computergraphik) entstanden. Daher bringt der Einsatz dieser Techniken in der Architektur eine Reihe von ungelösten Problemen mit sich. Der Bau architektonischer Freiformflächen erfordert u.a. die Berechnung einer Aufteilung in Paneele, welche mit der vorhandenen Technologie aus dem gewünschten Material kostengünstig gefertigt werden können. Je nach Material und Fertigungsmethode sind daher gewisse geometrische Eigenschaften der Paneele von besonderem Interesse. Als Paneeltypen diskutieren wir insbesondere ebene Vierecke, einfach gekrümmte Flächen und Regelflächen. Ebenso werden eng mit den Paneel-Aufteilungen verbundene Tragstrukturen und Mehrschichtaufbauten vorgestellt. Die eingesetzten Methoden kommen vor allem aus der diskreten Differentialgeometrie, der konstruktiven Geometrie, der geometrischen Datenverarbeitung und der Optimierung. Es wird auch anhand konkreter Projekte gezeigt, wie die Geometrie zur Realisierung von Freiform-Architektur beitragen kann.

Jürgen Richter-Gebert

TU-München, Zentrum Mathematik, Lehrstuhl für Geometrie und Visualisierung

Mathe Vital

Bei Mathe Vital handelt es sich um eine modulare, frei zugängliche Sammlung interaktiver Materialien, für Unterricht in Mathematik und mathematiknahen Fächern. Hierbei ist das Verbindende der Materialien weniger eine inhaltliche Fokussierung auf bestimmte Lehr- und Lerneinheiten, als vielmehr die dahinter liegende Philosophie qualitativ hochwertige Materialien zu schaffen, die einen echten Mehrwert aus dem Medium Computer ziehen. Hierbei sollen für den Lernenden Materialien entstehen, die durch Einsatz geeigneter Simulations-Umgebungen einen möglichst konkreten, stark visuell orientierten, haptischen Umgang mit ansonsten relativ abstrakten Sachverhalten ermöglicht. Das Projekt verfolgt hierbei bei der Erstellung von Materialien mehrere Designziele:

- 1) Die Materialien sollen ein hohes Interaktionsniveau haben.
- 2) Die Materialien sollen inhalts- und beziehungsreich sein und zu weiteren Fragen anregen.
- 3) Die Materialien sollen Plattformunabhängig über das Internet benutzbar sein.
- 4) Die Erstellung der Materialien soll für Dozenten so einfach wie möglich sein und sich in seinem normalen Workflow einbetten.
- 5) Die Aufbereitung der Materialien soll auf fachlich hohem Niveau erfolgen

Albert Schmid-Kirsch

Universität Hannover, Fakultät für Architektur, Institut für Gestaltung und Darstellung (AIDA)

Visualisierung in der Architektur - Die Rolle des physischen Modells

Während der Rechner alle Bereiche der Visualisierung durchdringt, bleibt der Stellenwert des physischen Modells hoch. Als 3D-Plot steht das physische Modell oft wieder am Ende des Entwurfsprozesses, der am virtuellen Modell durchgeführt wurde. 3D-Plots erlauben einen durchgängigen workflow vom 3D-Scan über digitale Datenverarbeitung bis zum 3D-Plot. Hinweise auf eine tendenziell steigende Bedeutung kommen auch aus anderen Industriezweigen wie z.B. aus der Automobilindustrie. Das neue Entwicklungszentrum der BMW AG in München ist um das 1:1-Modell des jeweils neuen Auto-Modells gruppiert.

Es stellt sich in diesem Zusammenhang als Kommunikationskatalysator zwischen den einzelnen Entwicklungsabteilungen heraus. Die Übertragbarkeit dieser Strategie auf die Architektur ist zu überprüfen. Dass das Begreifen räumlich-geometrischer Zusammenhänge durch den Einsatz didaktischer physischer Modelle unterstützt wird, soll an einigen Beispielen demonstriert werden.

Frank Schmitt

Universität Hannover, Fakultät für Architektur, Institut für Gestaltung und Darstellung (AIDA)

„Standpunkte“ - Geometrie und Architekturfotografie

Die (Architektur-) Fotografie ist ein bedeutendes Medium der Architekturdarstellung. Fachpublikationen - Bücher, Zeitschriften, Websites - sind ohne anspruchsvolles Fotomaterial nicht denkbar. Die Kamera ist gleichzeitig längst zum Gegenstand des Alltagsgebrauchs geworden; ihr sinnvoller Gebrauch im Studium sollte frühzeitig angeregt werden. Im Grundstudium erworbene Kenntnisse zur Darstellenden Geometrie (insbes. zur Perspektive) bilden eine ideale Voraussetzung für den Einstieg in die Architekturfotografie. Das Wissen um die Perspektive spielt dabei eine größere Rolle als die eines „theoretischen Überbaus“. Sie ist vielmehr nötig, um in der Abwägung zwischen objektiver Darstellung und subjektiver Erfahrung die richtigen Aufnahmeparameter für eine gute Architekturdarstellung zu wählen. Ziel des vorzustellenden beispielhaften Fotokurses ist es, eine praktische Einführung in Fotografie und Bildbearbeitung zu geben, die technische und ästhetische Elemente mit geometrischen Fragestellungen verbindet. Als übergeordnetes Lehrziel werden die Teilnehmer so ihre geometrische Bildkompetenz als eine der zentralen Grundkompetenzen des Architekten ausbauen können.

Sergei Sirotkin

Hannover

Ein neuer Zugang zu einer Volumenformel

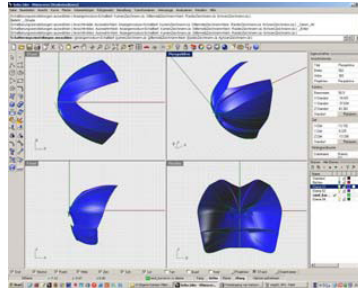
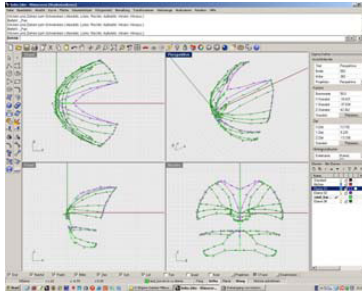
Das **Element Siro** dient unter anderem dazu, abstrakte Vorstellungen zu visualisieren, wie zum Beispiel Potenzfunktionen. Beim Versuch, visuelle Modelle für die Quadratfunktion und für die dritte Potenz zu schaffen, wurden Bauteile entdeckt, aus denen sich solche Modelle aufbauen lassen. Um alle Quadratzahlen visualisieren zu können, legt man gleichseitige Dreiecke in der Ebene mit einer Spitze nach oben oder nach unten geeignet aneinander. Um alle dritten Potenzen zu visualisieren, verwendet man reguläre Tetraeder mit einer Spitze nach oben, Tetraeder mit einer Spitze nach unten und ein Bauteil mit dem Namen **Element Siro**. Wird das **Element Siro** nicht nur zeichnerisch oder am Bildschirm dargestellt sondern z.B. aus Metall oder aus Kunststoff hergestellt, so kann man es nicht nur zur Visualisierung verwenden sondern auch dazu, die dritten Potenzen materiell zu verwirklichen. Es zeigt sich, dass man mit Hilfe des Elements Siro auch einen neuen Zugang zum Tetraedervolumen finden kann, wenn die Koordinaten der vier Tetraederecken bekannt sind.

Milena Stavrić

TU Graz, Institut für Architektur und Medien

Intelligentes digitales Formen

Das digitale Formen und Gestalten mit Oberflächen-Objekten (Surfaces) - vor allem im Bereich der Freiformgeometrien - verlangt eine andere Herangehensweise, als das Designen (Gestalten) mit Standard-Objekten und Volumenkörpern (Solids). Die teils unkontrollierte Manipulation der Steuer- und Kontrollpunkte bzw. -kurven der Freiformflächen, führt immer wieder zu zwar optisch passablen, aber strukturell und geometrisch falschen Ergebnissen. Diese Erscheinung beginnt schon in der Hochschulausbildung und zieht sich weiter hinaus bis in die Praxis. Nicht selten müssen z.B. architektonische Entwürfe von speziellen Büros überarbeitet und in eine konkrete, exakte und baubare Form gebracht werden. Dieser Vortrag zeigt anhand eines realen Beispiels, wie durch geometrisches Know-how, eine nahezu einwandfreie und angepasste Formgenerierung durchgeführt werden kann, die die zur Verfügung stehenden geometrischen Gestaltungsmöglichkeiten optimal einsetzt.



Martin von Gagern

TU München

Hyperbolisierung von Ornamenten

Die Symmetriegruppen der Ebene mit Translationen in mindestens zwei linear unabhängige Richtungen bilden die Grundlage fast aller ornamentalen Kunstwerke. In der euklidischen Ebene gibt es nur 17 derartige kristallographische Gruppen. In der hyperbolischen Ebene hingegen gibt es unendlich viele diskrete Symmetriegruppen. Eschers Kreislimit-Drucke stellen Beispiele dar für Ornamente in dieser hyperbolischen Geometrie.

Der Vortrag untersucht die Fragestellung, wie sich ein gegebenes euklidisches Ornament in ein „entsprechendes“ hyperbolisches umformen lässt. Dazu wird die Symmetriegruppe eines Ornaments automatisch erkannt, die Zähligkeit der Drehzentren angepasst, die Fundamentalzelle entsprechend der geänderten Eckwinkel deformiert und abschließend das Endergebnis mit einem „Reverse Pixel Lookup“ berechnet, gegebenenfalls unter Benutzung der Grafikkarte.

Die Deformation der Fundamentalzelle sollte mit Ausnahme der Drehzentren konform sein, um Winkel zu erhalten und somit Verzerrungen des Ornaments zu minimieren. Dazu wird der Ansatz diskret konformer Dreiecksnetze verwendet, wie er von Springborn et al. (SIGGRAPH 2008) eingeführt wurde.

Für Gruppen mit hoher Symmetrie, also mit mindestens dreizähligen Drehzentren, ist die Form der Fundamentalzelle allein durch die Kombinatorik bestimmt. Sie kann durch ein euklidisches Dreiecksnetz approximiert werden, welches anschließend konform abgebildet wird. Für Gruppen mit nur zweizähligen Drehzentren wird die euklidische Orbifold trianguliert und ins Hyperbolische abgebildet, da die Form der hyperbolischen Fundamentalzelle zusätzliche reelle Freiheitsgrade aufweist und somit a priori nicht bekannt ist.

Der Vortrag wird illustriert durch einige Computerdemonstrationen sowie viele Abbildungen transformierter Ornamente.

Albert Wilsche

TU Graz, Institut für Architektur und Medien

Vom Bleistift zum Head-Mounted-Display

Die Lust, der Wunsch und die Notwendigkeit Geometrie zu visualisieren, ist eine jahrtausend alte Menschheitsgeschichte. Stand am Beginn einfach das Skizzieren geometrischer Zusammenhänge mittels eines Stabes oder Astes in Sand, so spezialisierte sich im Laufe der Zeit das Teilgebiet der Darstellenden Geometrie auf die „Visualisierung“ komplexer ebener wie auch räumlicher Inhalte auf einem zweidimensionalen Medium (Blatt Papier). Mittels der Computertechnologie wurden die Darstellungsmöglichkeiten im 20. Jahrhundert auf ungeahnte Weise erweitert. Man spricht nun nicht mehr vom Darstellen, sondern Visualisieren oder auch vom Rendern komplexer Geometrien.

Die Technik ist schon so weit, dass herkömmliche Fotos von fotorealistischen Renderings nicht mehr zu unterscheiden sind. Was aber geblieben ist, ist die Zweidimensionalität des Mediums. Sandboden, Papier oder auch Bildschirm sind zweidimensionale „Wesen“. Der nächste logische Schritt der Darstellung bzw. Visualisierung, ist der Sprung in die dritte Dimension. Zum Beispiel mit Hilfe eines Head-Mounted-Displays (HMD) lässt sich dieser Übergang im virtuellen Bereich bereits erfolgreich durchführen. In einem Workshop mit Schülern aus der Sekundarstufe 2 wurde versucht die Entwicklung von der Skizze zum HMD im Zeitraffer nachzuvollziehen. Verwendet wurden dabei die Bleistiftskizze, die CAD-Programme Sketchup sowie Maya für die Ansteuerung des HMD.