

Master-Projektgruppe “Mesh Exploration Engine” (2024/25)

Ziele

Übergeordnetes Ziel ist die Entwicklung eines **Visualisierungs- und Explorations-Toolkits** für 3D-Objekte. Gerade im Kontext der Forschung und Entwicklung neuer Technologien und Algorithmen im Bereich der 3D-Datenverarbeitung ergeben sich regelmäßig Bedarfe, Ergebnisse und Zwischenschritte sowie Konzepte visuell darstellen zu können, um Einsichten zu gewinnen. Die genaue Untersuchung von teils komplexen Strukturen im Innern der Objekte erfordert dabei spezielle Funktionen und Werkzeuge, da eine Standardvisualisierung lediglich die Oberfläche sichtbar machen würde.

Konkret liegt der Fokus auf Netzen, Polygonnetze (unter anderem Dreiecksnetzen), die Oberflächen bilden, und vor allem Polyeder-netze (unter anderem Tetraeder- und Hexaedernetze), die das innere Volumen von Objekten ausfüllen.

Dabei sollen beliebig strukturierte Netze unterstützt werden, also keine Anforderungen an Mannigfaltigkeit, Geschlossenheit o.ä. gestellt werden.

Auch sollen neben klassischen linearen (also geraden und ebenen) Netzelementen auch kurvige Elemente, die durch polynomielle oder rationale Funktionen definiert werden (Stichwort Bézier-Kurven und -Flächen), unterstützt werden.

Besonderes Augenmerk soll dabei gelegt werden auf die visuelle Klarheit der Visualisierung, so dass die räumlichen Zusammenhänge deutlich werden, gerade bei volumetrischen **dreidimensionalen Volumennetzen**. Dazu wird es insbesondere von Relevanz sein, Aspekte und Effekte wie Shading, Schatten, Semi-Transparenz u.a. adäquat einzusetzen.

Mindestens genau so wichtig ist jedoch der Fokus auf das Thema **Geschwindigkeit**, auf die Effizienz des Renderings.

Diese Anforderung ergibt sich unter anderem daraus, dass die Möglichkeit geboten werden soll, die Visualisierung nicht nur am Bildschirm, sondern auch “in VR”, mittels **Virtual-Reality-Headsets**, zu betrachten – was besonders hohe Bildwiederholraten erfordert um Motion-Sickness zu vermeiden. Erhofft wird sich von dieser Möglichkeit der VR-Visualisierung insbesondere die bessere räumliche Wahrnehmung der komplexen volumetrischen Daten.

Daneben bieten sich Möglichkeiten, auf Basis von verfügbaren räumlich-getrackten Hand-Controllern aus dem VR-Kontext Explorationsfunktionen und -werkzeuge zu realisieren, die sich intuitiv interaktiv bedienen lassen. Beispiele umfassen Werkzeuge zum visuellen Aufschneiden von Objekten mittels Schnittebenen, zum Auseinanderziehen von Objektteilen oder zum intuitiven Zoomen ins Innere. Dies könnte sogar vor einem normalen Bildschirm (also unabhängig von einer VR-Visualisierung) wertvoll sein.

Um sowohl den Geschwindigkeitsansprüchen als auch den Interfacingaufgaben mit VR-Hardware gerecht werden zu können, werden wir auf Basis der **Unreal Engine** arbeiten. Diese 3D-App- (und Game-) Engine bringt hochoptimierte Komponenten mit, die es zur bestmöglichen Erreichung der Ziele geeignet einzusetzen gilt. Die Erweiterung der Engine durch eigene Komponenten kann dabei für manche der angestrebten Features durchaus von Vorteil sein.

Eine gute Möglichkeit für einen Demonstrator, der zum Abschluss auf Basis der entwickelten Engine realisiert werden könnte, um die Fähigkeiten vorzuführen und zu testen, bietet sich in Form eines Simulators für sogenannte geometrische “High-level Interlocking Puzzles” (<https://sutd-cgl.github.io/supp/Publication/projects/2022-SIGGRAPH-High-LevelPuzzle/index.html>). Durch visuelle Analyse der inneren Strukturen und Hohlräume lässt sich bei diesen der Lösungsweg erarbeiten.

Vorwissen

- Nicht zwingend erforderlich aber von Vorteil ist Vorwissen aus Vorlesungen wie Computergrafik oder Geometry Processing.
- Nicht zwingend erforderlich aber von Vorteil ist weitergehende Erfahrung mit der Programmiersprache C++.

Lernziele

Die folgenden Erfahrungen und Skills werden sich ergeben:

- Tiefgehender Umgang mit einer der weitverbreitetsten 3D-App-Engines.
- Umgang mit Netzdatenstrukturen und -algorithmen verschiedenster Art.
- Erfahrungen in Interaction Design und mit Virtual-Reality-Techniken.
- Einblicke in Aspekte der Themen Softwarearchitektur und GPU-Programmierung,
- Kenntnisse im Bereich der Projektkoordination.

Sprache

- Besprechungen und Präsentationen werden regulär auf deutsch stattfinden, auf Wunsch ist jedoch immer auch Englisch möglich.
- Die Dokumentation des Codes und der entwickelten Software wird in englischer Sprache stattfinden.

Ablauf

- Für die Bearbeitung des Projekts steht der Zeitraum April 2024 - Februar 2025 zur Verfügung.
- Es steht in dieser Zeit durchgehend ein Raum zur gemeinsamen Arbeit am Projekt zur Verfügung.
- An einem Wochenhalbtage (welcher zu Beginn noch mehrheitlich abgestimmt wird) besteht dabei (zumindest in der Vorlesungszeit) Anwesenheitspflicht, um eine koordinierte Betreuung sicherstellen zu können.
- Ungefähr alle zwei Monate findet eine interne Milestone-Präsentation statt, die letzte in Form einer institutsöffentlichen Abschlusspräsentation.
- Davon abgesehen wird Eigenkoordination innerhalb der Gruppe gefragt sein, sowohl was die zeitliche Einteilung als auch was die Verteilung der Aufgaben und Verantwortlichkeiten betrifft.

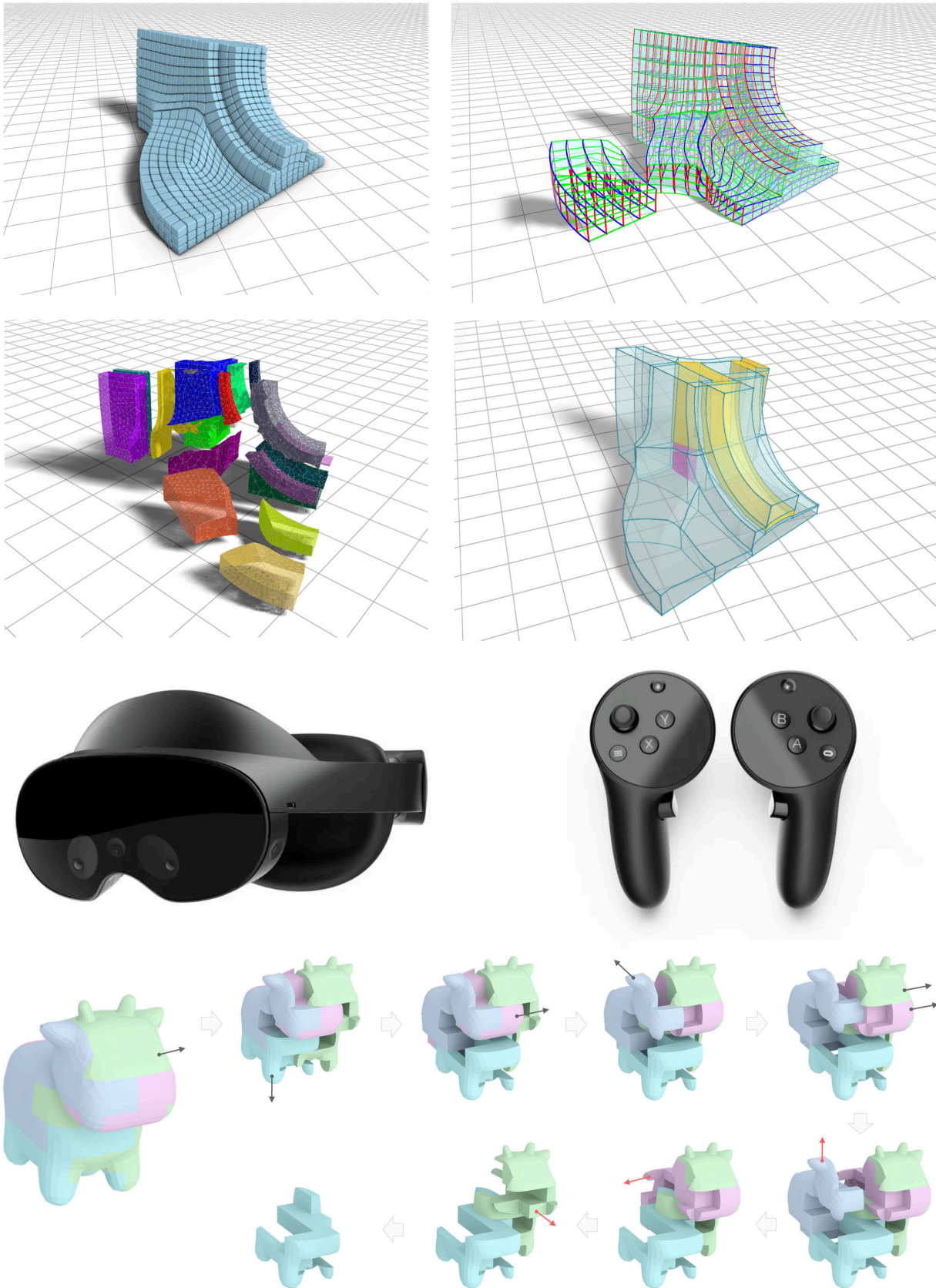


Fig. 1. Oben: Einige Beispielvisualisierungen von Volumennetzen; ggf. als Inspirationsquelle nützlich. Mitte: Eines von mehreren zur Verfügung stehenden VR-Hardware-Modellen. Unten: Beispiel eines räumlichen Interlocking Geometric Puzzle; potenziell interessant im Rahmen einer Demonstratoranwendung.