

Konzeptausarbeitung

Unity Anwendung zur Erreichung der Grenzen patentierter Stereopsis

Die Kammer des Schreckens

in der Vorlesung
Advances in Media Production
bei Prof. Nikolaus Hottong

Abgabe: 12.02.2019

Marlene Dillig, 259233
Florian Neuweiler, 261160
Florian Schweitzer, 261208
Markus Weiß, 259149

Aufgabenstellung

Ziel der vorliegenden Ausarbeitung war die Entwicklung einer Virtual-Reality-Anwendung, bei der ein VR-Nutzer dauerhaft positiver Stereopsis ausgesetzt ist. Die virtuelle Szene der Anwendung soll außerhalb über eine entsprechende Benutzerschnittstelle änderbar sein. Diese Benutzerschnittstelle soll auf einem zweiten Bildschirm ansteuerbar sein, sodass der VR-Nutzer nichts von den Eingaben über die Benutzerschnittstelle erfährt oder selbige sieht. Des Weiteren soll dem Anwender der Benutzerschnittstelle Informationen über Sichtfeld und Blickrichtung des VR-Nutzers gegeben werden. Um möglichst unverfälschte Ergebnisse zu erzielen, soll auf monokulare Depth-Cues innerhalb der virtuellen Szene verzichtet werden.

Patente Stereopsis

Unser Auge kann nur in einem schmalen Segment der Retina scharf sehen. Dieses Segment beschreibt einen Bereich von maximal $\pm 6^\circ$ um den Fixationspunkt und wird auch Schärfebereich genannt. In genau diesem Bereich findet im primär visuellen Kortex eine Links-Rechts-Feinauswertung korrespondierender Punkten und Kanten statt (sogenannte retinale Links-Rechts-Querdisparitäten). Dadurch erhalten wir neben einer Fusion beider Schärfebereiche zusätzliche Tiefeninformationen von Objekten, die wir im Schärfebereich wahrnehmen. Anhand dieser Tiefeninformationen und dem Abgleich der von uns erlernten Tiefenwahrnehmung können wir Objekte innerhalb des Schärfebereichs räumlich einschätzen. Diese Auswertung der retinalen Querdisparitäten und der Abgleich der von uns erlernten Raumtiefe fällt unter den Begriff patente Stereopsis. Mithilfe der patenten Stereopsis ist es uns optimal möglich, beispielsweise einen Faden durch ein Nadelöhr zu führen.

Optimale patente Stereopsis erfahren wir in einem Bereich von $\pm 0.6^\circ$ um den Fixationspunkt. Wir erhalten zunehmend Probleme in der patenten Stereopsis, je größer die Links-Rechts-Querdisparitäten werden. Hier dazu ein Beispiel: In unserem Schärfebereich befinden sich ein Würfel und ein Zylinder, wobei der Würfel sich näher am Betrachter befindet als der Zylinder (s. Abbildung 1). Dadurch wird der Würfel zu unserem Nah-Objekt und der Zylinder zu unserem Fern-Objekt. Fixiert unser Auge die Kante des Würfels, so berechnet sich die Querdisparität anhand der Winkelsummen von Nahpunkt zum Fernpunkt.

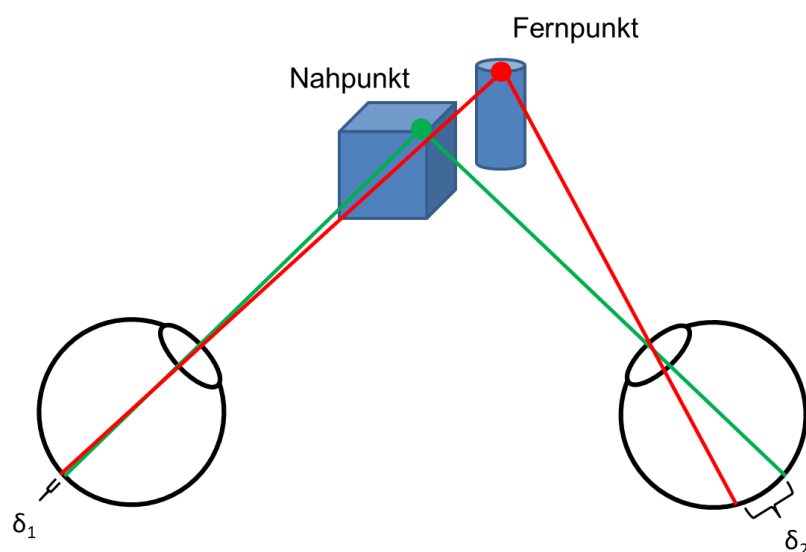


Abbildung 1: Beispiel Querdisparitäten und patente Stereopsis

$$\text{Retinale Disparität (in Winkelminuten)} = \sum |\delta_1| + |\delta_2|$$

δ_1 = Abstand Nah- zu Fernpunkt in Winkelminuten linkes Auge

δ_2 = Abstand Nah- zu Fernpunkt in Winkelminuten rechtes Auge

Die größte detektierbare Links-Rechts-Differenz zur quantitativen Tiefeninterpretation beträgt ca. 30' - 40'. Wahrgenommene Querdispäritäten oberhalb dieser Grenze führen zu nachlassender Fusionsfähigkeit im primär visuellen Kortex und zu zunehmender Doppelwahrnehmung. D.h., dass mit zunehmendem Abstand von Nah- zu Fernpunkt häufiger Doppelwahrnehmungen beim Betrachter auftreten. Um somit Probleme patenten Stereopsis für unseren Anwendungsfall zu erzeugen, müssen sich permanent mindestens zwei Objekte im Schärfebereich des VR-Nutzers befinden. Diese Objekte müssen variabel in Ihrer Distanz zum VR-Anwender einstellbar sein. Für die Berechnungen und Auswertungen der Abstände und Querdispäritäten nahmen wir den 3D-Stereo-Kalkulator zur Hand, den uns Prof. Hottong für die Ausarbeitung zur Verfügung gestellt hat.

Stereo-Kalkulator

Der 3D-Stereo-Kalkulator dient unter anderem zur Berechnung von Entfernungen zwischen Nah- und Fernpunkt zum Betrachter einer virtuellen, 3D-generierten Szene. So lässt sich zum Beispiel an einem VR-Nutzer mit einem Augenabstand von 65 Millimeter und einem Sehkomfort von 45 Winkelminuten berechnen, dass sich der Fernpunkt in ca. 32 Meter Entfernung befindet und der entsprechende Nahpunkt bei ca. 4,3 Meter vom Benutzer entfernt ist.

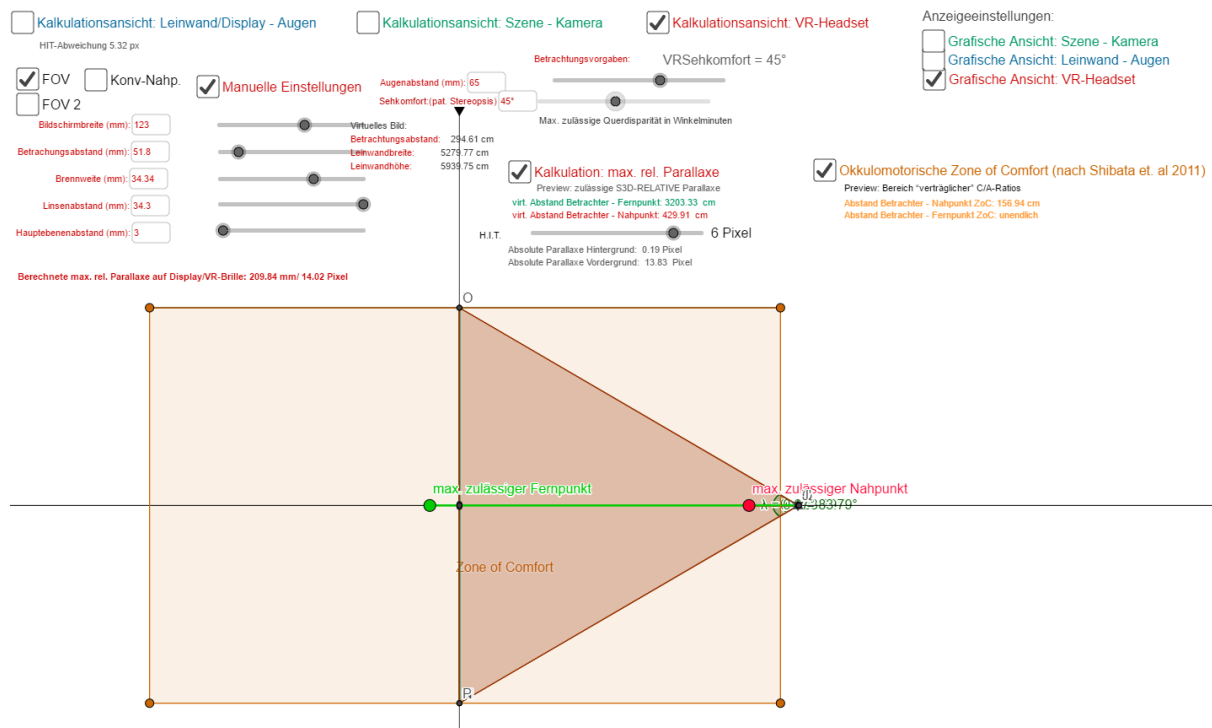


Abbildung 2: 3D-Stereokalkulator für die HTC-Vive

Zur Bestimmung von Nah- und Fernpunkt sowie zur Berechnung des Sehkomforts in Winkelminuten orientierten wir uns am Stereo-Kalkulator und stellten unten beschriebene Formeln auf. Für den Nahpunkt ergab sich die Gleichung

$$n = \frac{a}{2} \times \tan\left(\arctan\left(\frac{2 \times f}{a}\right) - \frac{s}{120}\right)$$

wobei

n der Abstand Betrachter zum Nahpunkt,

f der Abstand Betrachter zum gegebenen Fernpunkt,

a der Augenabstand und

s der Sehkomfort in Winkelminuten des VR-Nutzers ist.

Parallel ergibt sich für den Fernpunkt die Gleichung

$$f = \frac{a}{2} \times \tan\left(\arctan\left(\frac{2 \times n}{a}\right) - \frac{s}{120}\right)$$

und für den Sehtkomfort in Winkelminuten die Gleichung

$$s = \left(\arctan\left(\frac{2 \times f}{a}\right) - \arctan\left(\frac{2 \times n}{a}\right)\right) \times 120.$$

Mit diesen Formeln ist es uns möglich, Objekte in einer virtuellen Szene so zu modifizieren, dass wir patente Stereopsis beim VR-Anwender erzeugen können.

Ideen zur Umsetzung

Erster Ansatz

Um einen Probanden in Grenzbereiche patenter Stereopsis zu bringen, wurde zu Beginn eine Szene angedacht, welche dem User innerhalb einer Sphäre mehrere Objekte in regelbaren Abständen anzeigt.

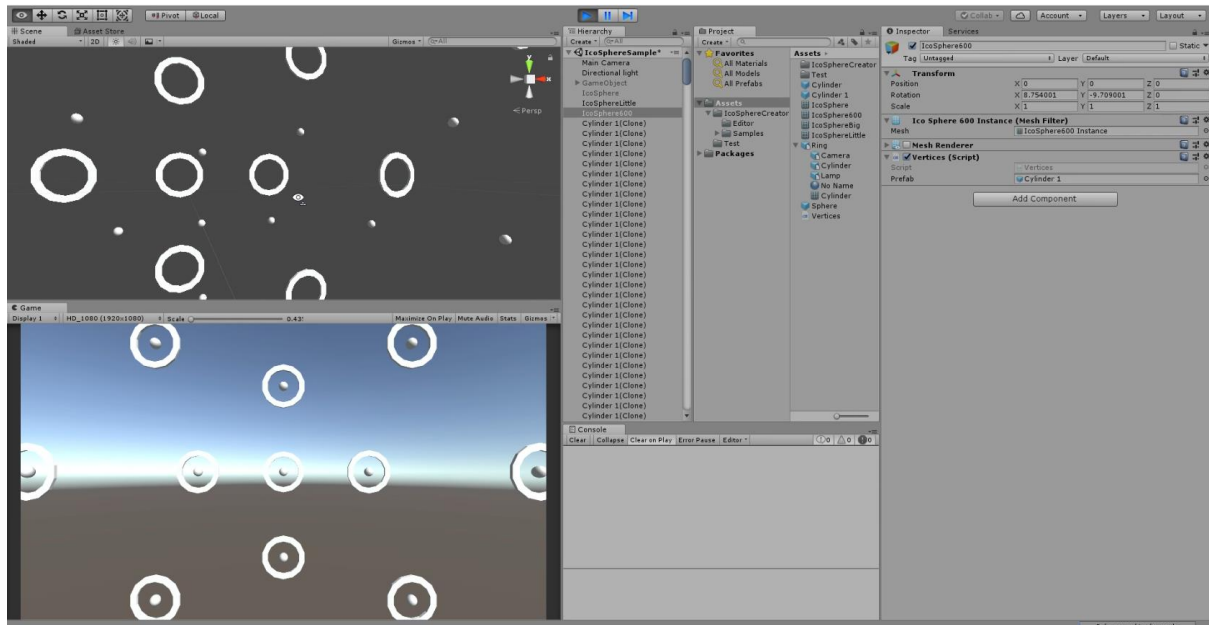


Abbildung 3: Screenshot aus der prototypischen Anwendung

Durch das Anheften von Objekten an die Eckpunkte der Polygone der Sphäre wollten wir einen generellen Grenzkonflikt für patente Stereopsis erreichen. Dieser Ansatz wurde verworfen, da es genügt mit zwei fixierten Objekten zu arbeiten, welche an die Kamera des Users gebunden sind. Somit werden nicht nur Programmier- sondern auch Renderaufwand minimiert.

Zweiter Ansatz und finales Konzept

Der neue und finale Ansatz arbeitet nur noch mit zwei Objekten (Scheibe und Sphäre), welche in variablem Abstand zueinander positioniert werden können. Die Grundlage der Objektdistanzen beruht auf den berechneten Ergebnissen von maximal möglichen Fern- und Nahpunkt bei einer angenommenen virtuellen Leinwand in 30m Entfernung. Die Textur der Objekte ist prozedural generiertes Rauschen, um etwaige monokulare Tiefen-Eindrücke zu unterbinden. Der Proband muss somit allein mit patenter Stereopsis auskommen, um einen möglichen Tiefeneindruck zu gewinnen. Für den Versuchsleiter wurde ein UI erstellt, an

welchem der Augenabstand, der Nah- und Fernpunkt verstellt werden kann. Zudem werden im User Interface die Sicht von Oben auf die Szene und das Renderbild mit Zusatzinformationen angezeigt.

UNITY Manual

Hinweise zum Start der Anwendung

Beim Start der Anwendung muss die im "KopfWeh_UnityFile" befindliche "Kopfweh_2.exe" ausgeführt werden. Hier wird eine Screen resolution von: "1280 x 720" empfohlen. Des Weiteren muss "Windowed" angehakt werden.

Aufbau der Szene

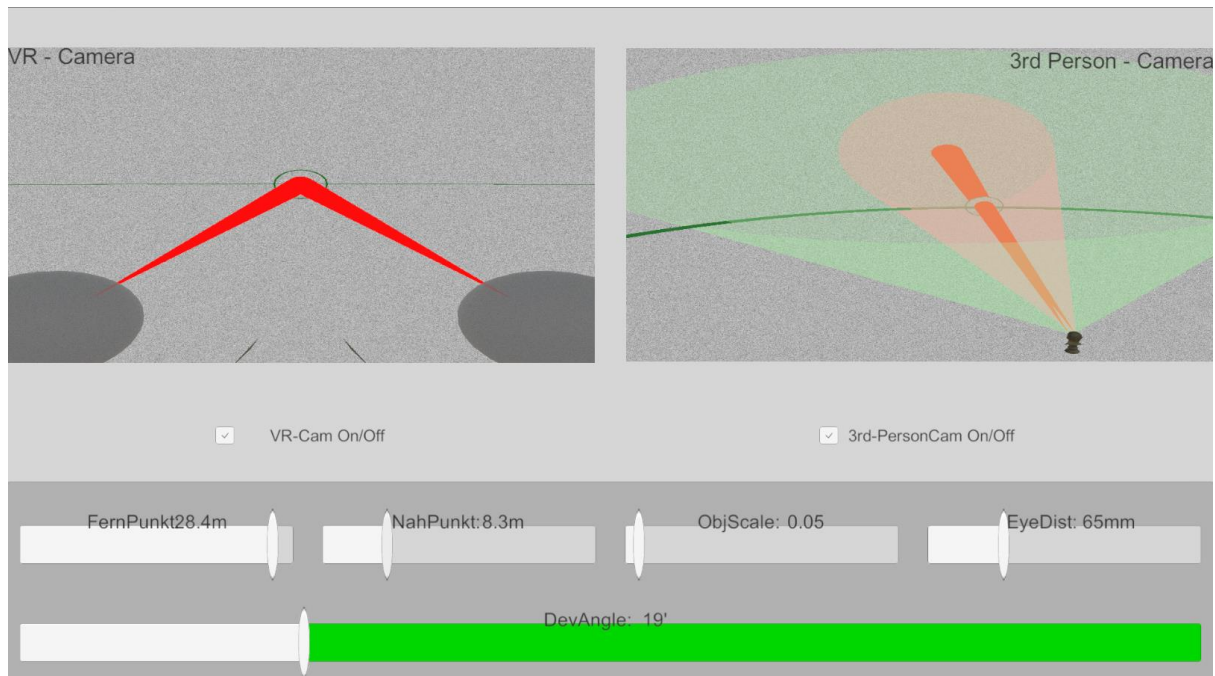


Abbildung 4: Screenshot aus der finalen Anwendung

Die Unity-Anwendung hat zwei Kamera-Anzeigen:

- Ansicht VR-Camera (on/off)
- Ansicht 3rd Person-Camera (on/off)

Darüber hinaus gibt es fünf Daten der Umgebung, die der Bediener während der Sitzung beeinflussen kann:

- Fernpunkt
- Nahpunkt
- ObjScale
- EyeDist
- DevAngle (indirekt durch Fern- und Nahpunkt steuerbar)

Ansicht VR-Camera

Der Bediener des Programms sieht hier das, was der VR-Nutzer gerade sieht. Zusätzlich wurden hier noch zwei Augen eingefügt, die die Augen des VR-Nutzers darstellen sollen. So kann der Bediener sogar sehen, ob sich die Augen gerade eindrehen und wohin der VR-Nutzer theoretisch blickt, wenn er auf das Nah-Objekt akkomodiert. Des Weiteren ist ein grünlicher Kegel zu sehen, der das Sichtfeld des VR-Nutzers repräsentiert. Die dunkelroten Kegel stellen den Schärfebereich (mit jeweils $1,6^\circ$) dar und geben zusätzlich den Bereich der patenten Stereopsis mit an. Die hellroten Kegel stellen die 12° dar. Die Scheibe mit grünem Rand ist das Nah-Objekt, auf das der VR-Nutzer akkomodiert. Dahinter liegt das Fern-Objekt. Je nachdem wie weit die Objekte voneinander entfernt liegen, kommt der VR-Nutzer in einen Patente-Stereopsis-Konflikt, nämlich genau dann, wenn das hintere Objekt nicht mehr im Bereich liegt, wo patente Stereopsis möglich ist. Benötigt der Bediener die Ansicht nicht, kann er sie durch den On-/Off-Toggle ein- oder ausblenden.

Ansicht 3rd Person-Camera

Der Bediener hat in diesem Bild eine Übersicht über die komplette Umgebung und sieht hier live alle Veränderungen, die er an den Reglern vornehmen kann. Der VR-Nutzer wird unten rechts als Kopf-Modell dargestellt. Der grüne Ring auf Höhe des Sichtfeldes, zeigt den Bereich, auf dem das Nah-Objekt liegt. Das Objekt selbst hat ebenfalls einen feinen Ring in der gleichen Farbe um seine Außenkante. Der grüne Kegel stellt das Sichtfeld des VR-Nutzers dar (in VR 110°). Die roten Kegel ($1,6^\circ$) stehen für den Schärfebereich. Benötigt der Bediener die Ansicht nicht, kann er sie durch den On-/Off-Toggle ein- oder ausblenden.

FernPunkt Regler

Der Bediener der Anwendung hat hier die Möglichkeit die Sphäre größer oder kleiner zu skalieren. Maximale Entfernung sind 30 Meter. Hier liegt die theoretische Leinwand in der VR-Szene der HTC-Vive. Minimale Distanz sind 2 Meter bzw. die Sphäre liegt direkt auf dem vorderen Objekt.

NahPunkt Regler

Der Nahpunkt-Regler steuert die Distanz des vorderen Objekts bezüglich des VR-Nutzers. Minimal sind 2 Meter einzustellen, maximal kann es auf 30 Meter nach hinten verschoben werden. Es kann aber nie hinter, sondern maximal auf der Sphäre liegen.

ObjScale Regler

Der Object-Scale-Regler kann verwendet werden, um das Nah-Objekt zu vergrößern oder zu verkleinern. Hier sind Bereiche vom gesamten VR-Sichtfeld bis hin zu ca. $1,6^\circ$ möglich.

EyeDist Regler

Am EyeDist-Regler kann der Bediener die Eye-Distance einstellen. Standardmäßig ist diese bei 65mm gesetzt und kann zwischen den Werten 61,2mm und 74,4mm vergrößert bzw.

verkleinert werden. Dies sind die Augenabstände, die von der HTC unterstützt werden. Hierbei ist zu erwähnen, dass der Augenabstand in der Unity-Szene nur beispielhaft eingebunden wurde und sich nicht am Schieberegler der HTC-Vive orientiert.

DevAngle Regler

Der Regler für DevAngle zeigt den Deviation Angle in Winkelminuten an. Diesen Regler kann der Bediener nicht direkt ansteuern. Der Regler verschiebt sich bzgl. der eingestellten Werte für Fern- und Nah-Objekt. Der Deviation Angle berechnet sich aus der im Kapitel Stereo-Kalkulator beschriebenen Formel. Im optimalen Blickfeld des VR-Nutzers sind bis zu 30' angenehm. Hier färbt sich der Balken des Reglers grün. Zwischen 30' und 40' färbt sich der Balken gelb. Hier kann der Nutzer auch noch gut sehen. Ab 40' bricht der Tiefenreiz zusammen, der VR-Nutzer bekommt Doppelwahrnehmungen, daher färbt sich der Balken ab diesem Wert rot.

Link zum Git-Repository

<https://github.com/markus-weiss/AdvancedMedia>

Finales Unityprojekt

https://github.com/markus-weiss/AdvancedMedia/tree/master/Kopfweg_2Folder/Kopfweh_2

Finaler Standalone

https://github.com/markus-weiss/AdvancedMedia/tree/master/KopfWeh_UnityFile