

Mit Brille und Smartphone
Virtual Reality
selbst erleben

Die besten
Apps & Spiele



PROJEKT IN DER **PIPELINE?**

Hier kommt Stoff zum Tüfteln

c't wissen

Raspberry Pi

Praxis-Einstieg • Spannende Projekte • Die beste Software

Den Mini-Computer perfekt im Griff

Einführung in die Raspi-Welt
Schritte zum ersten Projekt
So geht Kommandozeile

Sets mit Raspberry 2
Zum Sonderpreis und nur hier
Basispaket • Komplettspaket

16 kreative Projekte erfolgreich umsetzen

Mediencenter und Streaming
Raspi als 38-E-PC-Ersatz
Spielekonsole von Gameboy bis Doom
Die eigene, sichere Cloud
Die Pi-Kamera einsetzen
Windows 10 auf dem Raspi
...

Jetzt für
nur **8,40 €**
bestellen.

www.ctspecial.de

shop.heise.de/ct-raspberry-2015 service@shop.heise.de
Auch als eMagazin erhältlich unter: shop.heise.de/ct-raspberry-2015-pdf



Generell portofreie Lieferung für Heise Medien- oder Maker Media Zeitschriften-Abonnenten
oder ab einem Einkaufswert von 15 €

 **heise shop**

shop.heise.de/ct-raspberry-2015

Editorial

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

was war ich aufgeregt, als ich Mitte der Neunziger zum ersten Mal auf die CeBIT fahren durfte: Schulausflug mit dem Informatikkurs. Als ich damals einen der damals sagenumwobenen Virtual-Reality-Helme (ja, wirklich, Helm) aufsetzen durfte, explodierte mein kleines Nerd-Herz fast vor Glück. Hier ging ein Jahrhunderte alter Menschheitstraum in Erfüllung: die universelle Fantasieerfüllungsmaschine, das Holodeck für alle. Dachte ich jedenfalls.

Geklappt hat das in den Neunzigern dann doch nicht mit der virtuellen Realität: Die Helme waren zu schwer und zu klobig, die Grafik zu pixelig, das Kopf-Tracking zu langsam.

Heute, 20 Jahre später, klopft mein Nerd-Herz schon wieder ganz aufgeregt. Seit ich den ersten, noch mit Klebeband zusammengehaltenen Oculus-Rift-Prototypen ausprobieren durfte, bin ich überzeugt: Virtual Reality hat das Potenzial, die Welt zu verändern. Und zwar diesmal wirklich.

Seit über zwei Jahren bin ich fast jeden Tag in der virtuellen Realität unterwegs, mit unterschiedlichen Brillen. Und weil es die finale Oculus-Rift-Version noch nicht gibt, ist mein derzeitiger VR-Favorit die charmante Low-Budget-Variante aus Pappe: Sie erzeugt mit unglaublich einfachen Mitteln ein fast genauso gutes Mittendrin-Gefühl wie hundertfach so teure Brillen. Und: Es gibt für Smartphone-VR deutlich mehr Software als für die „professionellen“ VR-Systeme.

Wenn sie dieses Heft in der Hand halten, brauchen sie keinen Cent mehr auszugeben, um Virtual Reality selbst auszuprobieren: Unsere Papphalterung und ihr Android- oder Apple-Smartphone genügen fürs eigene Holodeck. Ich hoffe, Sie sind davon ebenso begeistert wie ich.

Viel Spaß beim Lesen und Ausprobieren wünscht



Jan-Keno Janssen

Inhalt

SOFORT LOSLEGEN

Pappbrille vom Heft lösen, aufklappen, App auf dem Smartphone installieren – und schon erleben Sie die Faszination Virtual Reality selbst.

- 6 Mit der Pappbrille sofort loslegen

WORAUF ES LÄUFT

Welche der vielen Pappbrillen taugen? Wie gut ist die Oculus Rift wirklich? Und welche Virtual-Reality-Brillen gibt es noch? Wir haben sie alle getestet.

- 8 Wie Smartphone-VR funktioniert
- 12 VR-Halterungen fürs Smartphone im Test
- 18 FAQ: VR-Halterungen
- 20 Oculus Rift DK2 im Test
- 26 VR-„Laufstall“ statt still sitzen
- 28 Gear VR für Samsung Galaxy S6 (Edge) und Note 4
- 32 VR-Brille von AntVR und VR-Kappe VirtualVisor
- 33 360-Grad-Kamera Theta von Ricoh

WAS KOMMT

2016 soll die Consumer-Version der Oculus Rift an den Start gehen, genauso wie Sonys Morpheus und Vive von HTC. Wir haben uns die Prototypen schon aufgesetzt.

- 34 Virtual Reality auf der Game Developers Conference
- 42 Ausprobiert: Zukünftige Virtual-Reality-Brillen im Praxis-Check
- 50 Googles Virtual-Reality-Offensive

WAS LÄUFT

Runterladen, installieren, Brille aufsetzen: Die besten Apps für Smartphones (Android, iOS), Oculus Rift und Gear VR stellen wir hier vor.

- 52 Die besten Virtual-Reality-Apps für Pappbrillen (Android, iPhone), Oculus Rift und Gear VR

WAS GEHT

Und jetzt sind Sie dran: Erzeugen Sie VR-Welten mit der Kinect, programmieren Sie Android-VR-Apps und lassen Sie sich vom selbst gebauten Holodeck inspirieren.

- 70** Moved Reality: Mit anderen Augen sehen lassen
- 76** Langzeit-Erfahrungen mit der Oculus Rift DK2
- 80** Holodeck im Eigenbau
- 84** Das Holodeck im Fraunhofer IIS
- 88** Animierte Punktewolken aufnehmen
- 94** Android-Programmierung für Google Cardboard mit OpenGL



ZUM HEFT

- 3** Editorial
- 6** Montage der Pappbrille
- 98** Impressum

Die Pappbrille können Sie für
14,95 Euro versandkostenfrei
im heise shop bestellen:

shop.heise.de/ct-vr-brille

Für E-Book-Nutzer:

Die Brille können Sie für 14,95 Euro versandkostenfrei im heise-shop.de bestellen:
shop.heise.de/ct-vr-brille



So nutzen Sie die beigelegte VR-Brille

Es mag auf den ersten Blick seltsam erscheinen, aber mit dem diesem Heft beigelegten „Pappkarton“ machen Sie aus Ihrem Smartphone diese vollwertige Virtual-Reality-Brille (ohne Kopfband). Wie das funktioniert, lesen Sie hier.

Von Jan-Keno Janssen

Wenn Sie dieses Heft als gedruckte Version gekauft haben, sind sie nun im Besitz einer echten Virtual-Reality-Brille. Sie brauchen lediglich ein Smartphone. Auch wenn Brillen von Oculus und Konsorten in einigen Punkten deutlich überlegen sind, bietet Pappbrillen-Virtual-Reality einen tollen, preisgünstigen Einstieg in die neue Technik. Die Umsetzung der Kopfbewegungen in die virtuelle Realität mag mit „Papp-VR“ manchmal etwas stottern, aber das grundsätzliche Mittendrin-Gefühl ist absolut vergleichbar mit zifach so teuren Brillen.

Übrigens: Unsere Papphalterung ist nicht nur in Deutschland hergestellt, sondern bietet unserer Meinung nach auch ein schärferes Bild als die von Google entwickelte Original-„Cardboard“-Brille – und eine deutlich bessere Bildqualität als Billig-Klone. Was nach schamloser Eigenwerbung klingen mag, ist das Ergebnis etlicher Tests in der c't-Redaktion.

Aufbau

Anders als bei vielen billigen VR-Pappbrillen aus China gelingt der Aufbau unserer beigelegten Brille in wenigen Sekunden. Stellen sie die Halterung auf, indem sie Ober- und Unterseite des Pappaufbaus seitlich gegeneinander schieben. Danach klappen sie den Linsenträger nach unten, sodass er in die Nut einrastet. Das war's schon!

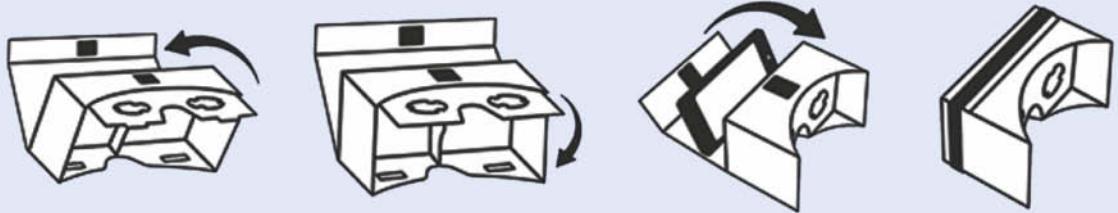
Sie können nun in der offiziellen Cardboard-App für Android und iOS den QR-Code auf der Innenseite (!) unserer Papphalterung abscrenen (Menüpunkt „Settings“/„Switch Viewer“). Alle mit dem Cardboard-SDK entwickelten Apps verwenden von nun an die Parameter von „VR-Pappe Deluxe“. Einen großen Effekt hat diese Anpassung jedoch nicht, der optische Eindruck ist auch ohne ordentlich.

Wenn Sie nun eine VR-App auf dem Handy starten (App-Tipps ab Seite 52), können Sie das Smartphone einfach in die Halterung einlegen, indem Sie die mit einem Klettverschluss gesicherte Klappe öffnen. Achten Sie darauf, dass der vertikale Steg zwischen den Linsen genau mittig auf dem Display liegt. Viele Apps markieren den Mittelpunkt mit einem kleinen Symbol.

Welche Smartphones sind kompatibel?

Am besten funktionieren Smartphones mit Displaygrößen um 5 Zoll mit unserer Papphalterung. Ausprobiert und für gut befunden haben wir iPhone 6, Samsung Galaxy S5, S6 (Edge) und Alpha, Nexus 4 und 5 und Motorola Moto X. Geräte, die kleiner als 4,7 Zoll sind, funktionieren ebenfalls, erzeugen aber ein leichtes „Guckkasten-Gefühl“ – sie füllen also nicht das komplette Blickfeld aus. Dazu gehört zum Beispiel das iPhone 5(S). Größere Geräte wie iPhone 6 Plus, Galaxy Note 4 und Ascend Mate 8 sind zwar

Aufbauanleitung



1. Cardboard aufstellen

2. Linsenträger nach unten klappen

3. Handy einlegen, Klappe schließen

4. Handy mit Gummiband sichern

grundsätzlich kompatibel, man bekommt die Klappe aber nicht mehr richtig zu. Theoretisch laufen auch Windows-Phone-Geräte mit unserer Papphalterung, leider gibt es für die Plattform aber noch so gut wie keine VR-Apps.

Feintuning

Wenn Sie Angst haben, dass Ihr Smartphone herausfällt, können Sie es mit dem beigelegten Gummiband sichern. Spannen Sie das Band dafür über die V-förmigen Aussparungen (siehe Bild unten).

Bei der ersten von Google entwickelten Papp-VR-Halterung „Cardboard“ war ein Magnetschalter eingebaut. Da man bei eingespanntem Smartphone nicht mehr an den Touchscreen kommt, sollte man die VR-Apps damit bedienen: zieht man den äußeren Magneten herunter, registriert der Magnetometer-Sensor im Smartphone eine Veränderung des Magnetfelds.

Diese zweifellos charmante Technik hat Google aber mit der aktuellen Cardboard-Version verworfen. Der Grund: Da das Magnetometer

in Smartphones an unterschiedlichen Stellen eingebaut ist, klappt die Technik nicht mit allen Geräten. Schlimmer noch: Manchmal stört das Magnetfeld das Headtracking. Wir haben uns deshalb ebenfalls für eine Papphalterung ohne Magnet entschieden. Wir legen aber ein kleines Pappteil bei, mit dem sie den Magnetschalter selbst nachrüsten können. Dafür brauchen Sie zwei Magneten mit 20 mm Durchmesser. Die besten Erfahrungen haben wir mit jeweils einem Ferrit-Scheibenmagneten (innen) und einem Neodym-Ringmagneten (außen) gemacht. Allerdings sollten Sie sich bewusst sein, dass der Schalter nur von sehr wenigen Apps unterstützt wird.

Wenn Sie Augmented-Reality-Apps wie Glitzer VR verwenden möchten, können Sie in die vordere Seite einfach mit einem Teppichmesser eine Aussparung für die Kameralinse Ihres Smartphones schneiden.

Eine weitere, praktische Modifikation: Mit einem elastischen Textilband und etwas Klettband können Sie sich Ihre Pappbrille um den Kopf schnallen. (jkj) ct

Das mitgelieferte Gummiband sorgt dafür, dass das Smartphone nicht an den Seiten herausfällt. Optional können Sie noch ein elastisches Kopfband an unsere Papphalterung anbringen – zum Beispiel mit Klettverschlüssen.



Ebenfalls optional: ein Magnetschalter. Die benötigte Papp-Lasche mit passenden Löchern liegt diesem Heft bei, die Magneten gibt es im Baumarkt.





Das Smartphone als Virtual-Reality-Brille

Lieber ein Smartphone als ein Brett vorm Kopf: Virtual-Reality-Halterungen sind mehr als Scherzartikel – sie eignen sich tatsächlich für ernsthafte VR-Anwendungen. Die Pioniere der Low-Budget-Technik kommen aus Deutschland.



Von Jan-Keno Janssen

Dass eine olle Pappschachtel mit zwei Linsen drin nicht sonderlich spektakulär aussieht, ist uns durchaus bewusst. Aber wir hoffen, dass Sie die VR-Halterung auf diesem Heft trotzdem ausprobieren (siehe „Sofort-Loslegen“-Artikel auf Seite 6). Unserer Meinung nach gibt es zurzeit keine andere so preisgünstige Technik-Gerätschaft, mit der man so viel Spaß haben kann – ein halbwegs aktuelles Smartphone vorausgesetzt.

Die „Head-mounted Smartphone“-Technik macht aus dem Handy eine waschechte Virtual-Reality-Brille. Das Besondere daran: Statt wie mit älteren Videobrillen nur das Gefühl zu haben, in einem dunklen Raum auf eine weit entfernte Leinwand zu schauen, füllen die VR-Handyhalter fast das gesamte Blickfeld aus. Hinzu kommt das Headtracking: Die Sensoren im Smartphone setzen alle Kopfbewegungen originalgetreu in die virtuelle Welt um. All das überzeugt das Gehirn davon, ganz woanders zu sein.

Über 200 VR-Apps

So absurd die Idee klingen mag, sich ein Smartphone vor den Kopf zu schnallen: Sie ist wahnsinnig erfolgreich. Fast täglich kommen neue VR-Apps heraus – für Android gibt es be-

reits mehr als 200, für iOS sind es etwas weniger. Dabei handelt es sich nicht nur um schnelle Programmierübungen von VR-Freaks – auch große Firmen sind schon auf den Virtual-Reality-Zug aufgesprungen; unter anderem haben Mercedes Benz und Volvo Apps für umgeschnallte Smartphones veröffentlicht. Auch die Wissenschaft arbeitet bereits mit Handy-VR: Am Fraunhofer IIS in Nürnberg entstand zum Beispiel ein riesiges „Holodeck“ mit der günstigen Technik (siehe Report auf Seite 84). Angefangen hat alles vor ungefähr drei Jahren, als der damals 20-jährige Palmer Luckey eine Virtual-Reality-Brille erfand, die statt der sonst eingesetzten Mikrodisplays für jedes Auge ein einzelnes großes Display verwendete – eine lukrative Idee: Sein Unternehmen Oculus VR wurde im letzten Jahr für über zwei Milliarden US-Dollar von Facebook aufgekauft.

Die von Luckey entwickelte Rift-Brille jedoch setzt einen Computer voraus. Dabei könnte man doch auch einfach ein Smartphone verwenden, dachte sich der Bonner Informatiker Stefan Welker, als er 2013 einen 3D-gedruckten Handyhalter mit zwei Linsen entwickelte. Ungefähr zeitgleich entstand an der University of Southern California das ähnliche „VR2Go“-Projekt – hier haperte es allerdings an der Software. Welker dagegen hatte nicht nur eine 3D-gedruckte

Smartphone Halterung de ignt (laut eigener Aussage nur eine Fingerübung), sondern auch ein sehr latenzarmes Headtracking-Plug-in für die 3D-Entwicklungsumgebung Unity. Darin steckte die Hauptarbeit sagt Stefan Welker. Sowohl die Druckdateien („OpenDive“) als auch das Plug-in stellt er der Entwicklergemeinde kostenlos zur Verfügung – es wird inzwischen laut Walker von den meisten VR-Apps eingesetzt. Auf Basis der OpenDive-Hardware wurde mit der Durrovis Dive dann auch die erste kommerzielle Smartphone-VR-Halterung in Deutschland entwickelt. Parallel dazu kam mit der Refugio 3D die erste VR-Pappbrille auf den Markt – ebenfalls in Deutschland entwickelt und hergestellt. Die Idee fand offenbar auch Google gut: Im Rahmen eines „20-Prozent-Projekts“ (Google-Mitarbeiter dürfen ein Fünftel ihrer Arbeitszeit für eigene Projekte nutzen) entstand eine eigene VR-Papphalterung. Obendrein wurde eine App programmiert, die unterschiedliche Google-Produkte (YouTube, Earth, Streetview) in die virtuelle Rea-

lität überführt. Als „Cardboard“ stellte Google App und Pappkarton dann auf der letzten haus-eigenen Entwicklerkonferenz vor – nicht als kommerzielles Produkt, sondern als Inspiration für Entwickler.

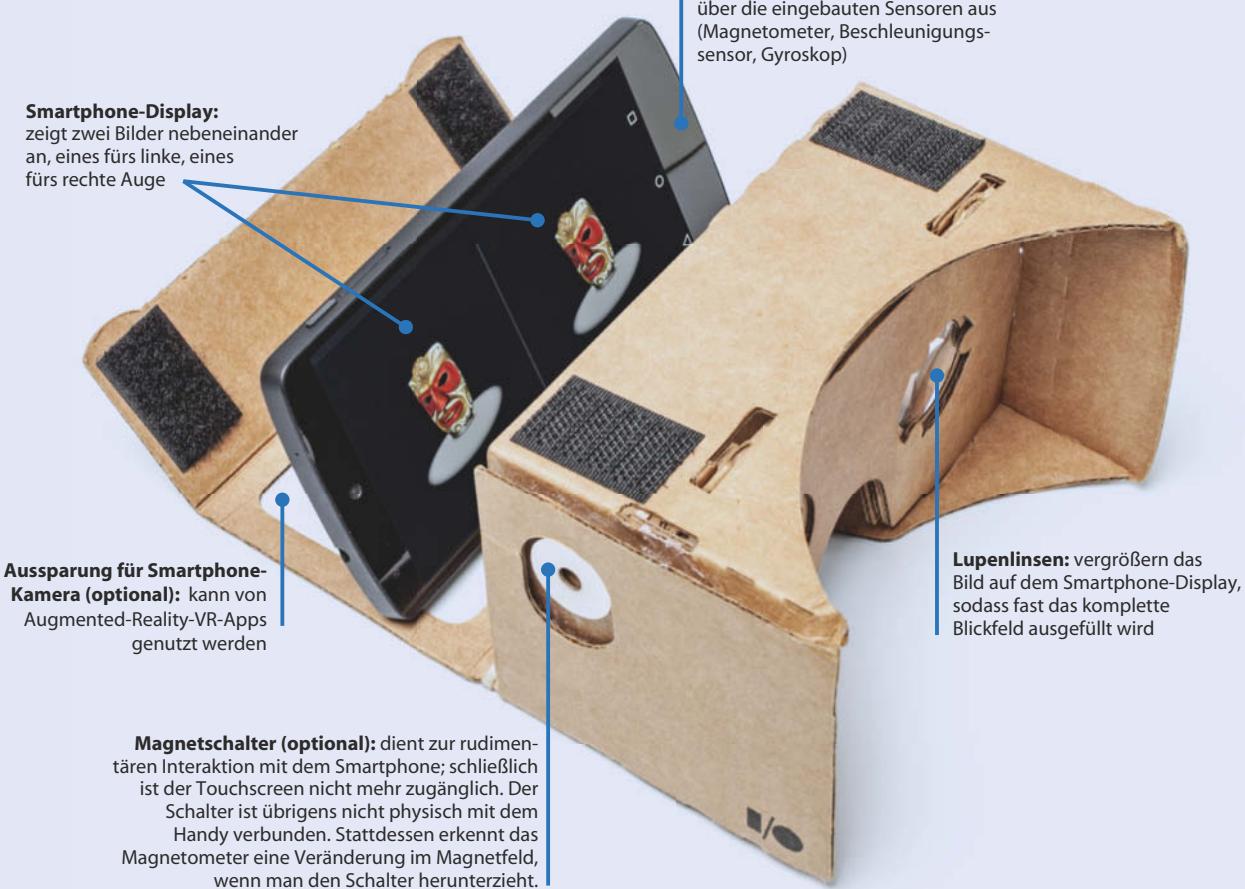
Spätestens jetzt wurden die seltsamen Handy-Umschall-Gehäuse ernstgenommen, nicht nur von App-Entwicklern, sondern auch von Hardware-Herstellern. Nur Tage nach der Cardboard-Vorstellung waren etliche Papp-Klonen auf dem Markt (ganz legal übrigens, Google hat die Cardboard-Baupläne freigegeben). Nicht viel länger dauerte es, bis edlere Gehäuse aus Kunststoff erhältlich waren, unter anderem von etablierten Firmen wie Zeiss. Einen Vergleichstest unterschiedlicher VR-Gehäuse finden Sie auf Seite 12.

Nicht nur Spiele

Die Auswahl an VR App ist erstaunlich vielfältig (unsere Favoriten ab Seite 52). Neben Spielen

Head-mounted Smartphone: So funktionieren Virtual-Reality-Gehäuse

Wenig Technik, viel Effekt: Nach diesem Prinzip funktionieren nicht nur die Google-Cardboard-Klonen aus Pappe, sondern auch alle Kunststoff-VR-Brillen für Smartphone.





Al wäre man auf Wangerooge:
Mit dem Smartphone fotografierte Kugelpanoramen („Photo Sphere“) wirken mit einer VR-Halterung betrachtet sehr lebensecht.

gibt es faszinierende 360-Grad-Video-Apps – obendrein kann man mit wenig Aufwand selbst reale Orte in die virtuelle Realität holen. Dazu braucht man nur ein Android- oder iOS-Smartphone. Unter Android verbirgt sich die Funktion hinter dem kugelförmigen „Photo Sphere“-Icon in Googles Standard-Kamera-App (bei Handys mit herstellereigener Kamera-Funktion kann man die App „Google Kamera“ nachinstallieren); unter iOS benötigt man die App „Photo Sphere-Kamera“.

Die Photo-Sphere-Funktion leitet leicht verständlich durch den Fotografievorgang: Nach

jedem Foto zeigt einem die App, wo man die Kamera als Nächstes hinbewegen muss. Hat man die Umgebung von allen Seiten fotografiert, fügt die App die Fotos automatisch zu einem Kugelpanorama zusammen. Auf Android-Handys kann man sie dann sofort in der Cardboard-App im Photo-Sphere-Bereich per VR-Gehäuse begucken oder anderen später zeigen – fast, als wäre man wirklich da. Unter iOS geht's seit Kurzem auch, ist aber etwas komplizierter. Eine Anleitung finden Sie auf Seite 18.

Ausblick

Die günstigen Smartphone-VR-Gehäuse könnten sich zu einem Standard-Handy-Accessoire mausern – schließlich bieten sie neben Spaß echten Mehrwert. Aktuelle Apps erlauben einen einfachen Einstieg in die Virtual-Reality-Welt, auch wenn es hier und da noch ein wenig ruckelt. Vor allem beim Headtracking hapert es noch: Aktuelle Smartphone-Sensoren arbeiten maximal mit 200 und meist mit 100 Hertz. Spezielle Headtracking-Sensoren liefern deutlich häufiger neue Daten – weshalb „echte“ VR-Brillen wie Oculus Rift DK2 und Samsung Gear VR zurzeit auch ein besseres Mittendrin-Gefühl liefern. Aber wer weiß: Vielleicht erkennen Smartphone-Hersteller den Trend und bauen in künftige Geräte bessere Sensoren ein. (jkj) **ct**



Der Bonner Informatiker Stefan Welker hat nicht nur eine der ersten Smartphone-VR-Halterungen entwickelt, sondern auch eines der populärsten Headtracking-Plugins für App-Programmierer.

ZEISS VR ONE

Virtual Reality for everyone.

129 €
UNVERBINDLICHER
VERKAUFPREIS



»The idea of a moderately priced solution that works with your existing phone is an attractive one indeed.«

WIRED | PETER RUBIN



Sei die Zukunft. Jetzt! Mit der ZEISS VR ONE verwandelst Du Dein Smartphone ganz einfach in ein Virtual Reality Device: Schiebe einfach Dein Handy in die ZEISS VR ONE Brille und werde Teil Deiner 3D-Spiele, indem Du unmittelbar in die Szenerie eintauchst. Genieße Filme – überall und in brillanter Qualität, dank der integrierten ZEISS Präzisionslinsen. Wähle aus mehreren hundert VR-Apps und werde Teil der VR Community. **Und das Ganze für nur 129,- €.**

zeissvrone.tumblr.com



We make it visible.



VR-Halterungen fürs Smartphone im Test

Virtual-Reality-Gehäuse für Smartphones boomen gerade gewaltig: Von einfachen Papphaltern für drei Euro bis hin zur Edel-Variante für 100 Euro ist für jeden etwas dabei. Auch wenn diesem Heft eine solche Brille beiliegt, haben wir uns durchs Angebot gewühlt und 14 Brillen getestet.

Von Jan-Keno Janssen, Benjamin Kraft und Ulrike Kuhlmann

Das Prinzip „Smartphone vorm Kopf“ ist eigentlich ausgesprochen simpel: Halter fürs Handy, zwei Lupenlinsen, fertig ist die Virtual-Reality-Brille. Doch in der Praxis unterscheiden sich die Gehäuse fürs „Head-mounted Smartphone“ gewaltig in Sachen Bildqualität, Tragekomfort und Handhabbarkeit. Das Konzept scheint noch nicht ausentwickelt, das Angebot wird kontinuierlich größer. Als Käufer der Papierversion dieses Hefts besitzen Sie bereits eine qualitativ hochwertige VR-Halterung – aber vielleicht wollen Sie ja noch eine verschenken oder interessieren sich für andere Varianten, zum Beispiel mit Kopfgurt oder aus Kunststoff. Für diesen

Test haben wir 14 VR-Halterungen ausgewählt; auf dem Markt tummeln sich mindestens noch mal so viele unterschiedliche Modelle.

Die wohl populärsten VR-Gehäuse sind die sogenannten Cardboard-Klone, die (eigentlich) dem von Google entwickelten Design entsprechen – das Unternehmen hat die Baupläne und Spezifikationen freigegeben. Google hat inzwischen auch ein neues Design vorgestellt (siehe S. 50), das wir allerdings bis Redaktionsschluss noch nicht testen konnten. Auf Googles Cardboard-Website finden sich nicht nur Schnittmuster für Hobbybastler, sondern auch welche für professionelle Stanzmaschinen und Lasercutter.

Dann kann also nicht viel schiefgehen beim Cardboard-Nachbau, denken Sie? Pustekuchen. Von den sieben Klonen gefiel uns keiner genauso gut wie das Google-Original, das ausschließlich auf der hauseigenen Entwickler-Konferenz Google I/O verteilt wurde (zu kaufen gab es den Google-Pappkarton nie).

Billiges aus Fernost

Den Billigvarianten, die man (inklusive Verand!) für unter drei Euro in China bestellen kann, merkt man schnell an, dass hier jeder Cent dreimal umgedreht wurde. So ist Googles Originalversion in einem flachen Umschlag verpackt, den man nur aufreißen muss. Die Brille besteht aus einem Stück Pappe; Linsen, Klettverschlüsse und Magnetschalter sind vormontiert – nach etwas Falten und Stecken ist die Brille fertig.

Viele Billig-Cardboards kommen dagegen in einer Plastiktüte ins Haus, in der einzelne vorgestanzte Pappteile liegen – aber ohne Anleitung. Was wohin muss, ist für Ungeübte schwierig zu ergründen. Klebt man beispielsweise die Klettverschlüsse an die falschen Stellen, hat man die Brille womöglich schon zerstört, bevor man sie überhaupt benutzen konnte – beim Wieder-Abziehen der Klettkleber reißt die Pappe meist. Hat man sich durch den Aufbau gefummelt, ist das Gehäuse aber ähnlich stabil wie die Original-Cardboard – mit einem Unterschied: Die Linsen sind anders.

So stecken im Google-Original und der dem gedruckten Heft beigelegten Pappbrille ordentlich gefertigte Bikonvex-Linsen mit Wölbungen auf beiden Seiten. Bis auf die Nachbauten von „I am Cardboard“ und „Eight Ones“ nutzen alle Cardboard-Klonen Plankonvex-Linsen mit nur einer gewölbten Seite und abstehenden Graten. In der Praxis kann das zu einem schlechteren Bildeindruck führen: Einer von drei Testern beklagte ein schlechteres räumliches Bild, den anderen fiel der Unterschied bei aufgesetzter Brille nicht auf. Perfektionisten können für

rund 7 Euro bei Amazon das „Durovis OpenDive Lens Kit“ bestellen. Die eigentlich für die im 3D-Drucker ausdruckbare OpenHardware-Variante der Dive-Brille gedachten Linsen sind bikonvex und passen auch in die Cardboard-Klonen. Im Google-Original stecken offenbar die gleichen Linsen wie im OpenDive-Kit.

Andere Klone patzen an anderer Stelle: So fehlte beim Nachbau von Lumen die obere Nut für den Mittelsteg. Dadurch wackelt nicht nur der Steg, sondern auch das Smartphone – und die Bildwahrnehmung wird stark beeinträchtigt.

Pappe statt Plastik

Für die Ewigkeit sind die Pappbrillen zweifellos nicht gemacht. Findige Hersteller übersetzen das Cardboard-Konzept deshalb schnell in stabilere Kunst- oder Schaumstoffbrillen. Diese „Edel-Cardboards“ sind aber nicht prinzipiell besser, ganz im Gegenteil: So muss man das Smartphone in vielen Kunststoff-Gehäusen blind hineinschieben, bis man die optimale Stelle gefunden hat. Bei den Cardboard-Klonen klappt die Ausrichtung dagegen problemlos – die Mitte des Displays auf den Mittelsteg legen, zuklappen, fertig.

Komfortabel ist auch der Magnetschalter fast aller Cardboard-Klonen – an den Touchscreen kommt man ja nicht mehr dran, wenn das Handy erst mal im Gehäuse steckt. Der aus zwei Magneten bestehende Schieber funktioniert komplett berührungslos: Zieht man den Magneten auf der Außenseite herunter, registrieren die Sensoren im Smartphone eine Veränderung des Magnetfelds. Unter den Kunststoff-Brillen unterstützt nur die Durovis Dive den Schalter – allerdings auch nicht ab Werk, man muss ihn zusätzlich kaufen. Immer mehr VR-Apps unterstützen den Magnetschalter, aber noch längst nicht alle.

Eine eigene Lösung für das „Man kommt nicht mehr an den Touchscreen“-Problem hat sich die polnische Firma Vrizzmo für ihre Kunststoffbrille ausgedacht: Oben am Gehäuse ange-



Googles Original-Cardboard (und einige Klone) nutzen sogenannte bikonvexe Linsen mit doppelseitiger Wölbung (rechts). Billige Nachbauten haben dagegen plankonvexe (auf einer Seite flache) Linsen. Den Unterschied nehmen einige Menschen beim VR-Gucken wahr.



Auch wenn sie komplett anders aussehen, machen alle Gehäuse im Test dasselbe: das Bild des eingespannten Smartphones mit Lupenlinsen vergrößern.



brachte Tasten betätigen kleine Klöppel, die den Touchscreen berühren – in vielen Apps kommt man nur weiter, indem man irgendwo aufs Display drückt. In der Praxis funktionierten die Vrizzmo-Klöppel aber nur unzuverlässig.

Plastik statt Pappe

Die Cardboard-Klonen sind den Kunststoff-Modellen in Sachen schneller Handy-Arretierung und Magnetschalter zwar überlegen. Es hapert aber bei der Haltbarkeit und dem Komfort: Die unge-

polsterte Pappe drückt unangenehm im Gesicht, außerdem fehlt den meisten Klonen ein Kopfgurt. Die Brillen aus Kunststoff und Schaumstoff bringen dagegen ein Umschnallband mit und sind gepolstert. Besonders angenehm tragen sich Durovis Dive, Stooksy VR-Spektiv, Homido und VR One von Zeiss.

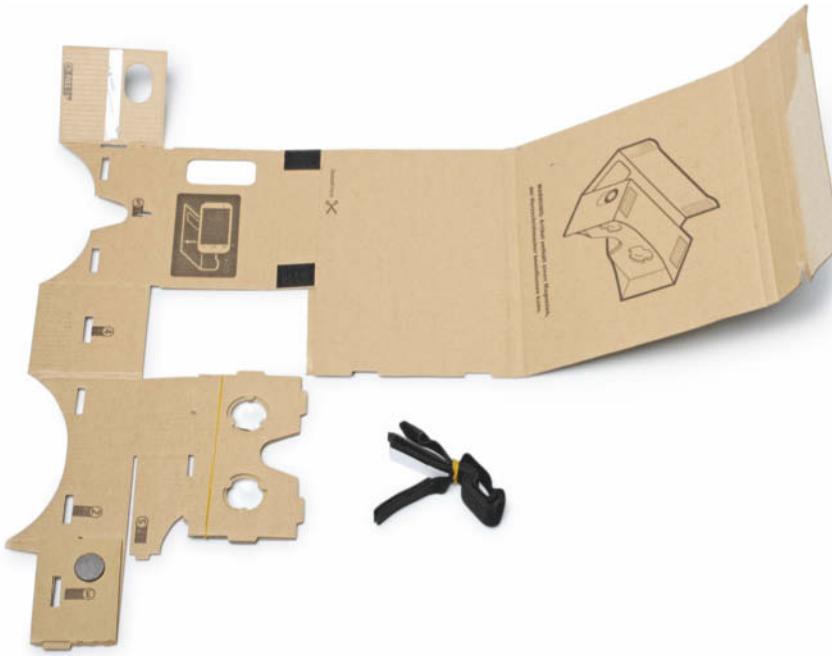
Das 100 Euro teure Gehäuse vom deutschen Traditionshersteller Zeiss fiel uns auch in anderen Belangen positiv auf. So bietet es nicht nur den besten Tragekomfort, sondern auch mit Abstand die größten und hochwertigsten Linsen –

Die VR-Brille aus dem Pizzakarton

Fertigen Bausatz kaufen? Langweilig! Das findet jedenfalls die rheinland-pfälzische Medienpädagogik-Einrichtung medien+bildung.com. Sie hat auf Basis des Google-Bauplans eine Bastelanleitung entwickelt, mit der man sich mit einem Pizzakarton, Klettband, Klebstoff und einem Cuttermesser einen VR-Guckkasten bauen kann. Tatsächlich macht die Pizzakarton-Variante einen stabileren Eindruck als viele andere Cardboard-Nachbauten – sie hat zwar keinen Magnetschalter, funktioniert sonst aber genauso gut.

Die Anleitung gibt es auf medienundbildung.com/weitere-projekte/mein-guckkasten/. Die benötigten Linsensets können Schulen und andere Bildungseinrichtungen für 2,50 Euro direkt bei medien+bildung.com beziehen, alle anderen kaufen das bei Amazon erhältliche OpenDive-Lens-Kit von Durovis für 7 Euro.





Teurere Cardboard Klone werden vormontiert geliefert (links), hier dauert der Aufbau nur wenige Sekunden. Bei unmontierten Billig-Cardboards (unten) muss man selbst basteln: Frustrationsgefahr.



mit 40 Millimeter haben sie fast einen so großen Durchmesser wie die Linsen der zurzeit wohl besten (bereits erhältlichen) VR-Brille Oculus Rift DK2 (41 mm). Das Blickfeld ist dadurch deutlich größer als bei den anderen Testkandidaten. Allerdings verzerrn die großen Linsen stärker, weshalb die drei von Zeiss entwickelten VR-Apps „Media“, „Cinema“ und „AR“ das Bild auf dem Smartphone ähnlich wie die Oculus-Rift-Brille kissenförmig vorverzerren. Die meisten konventionellen VR-Smartphone-Apps bringen jedoch keine Vorverzerrung mit – das geht manchmal gut, einige Apps sehen mit der VR One aber ein wenig seltsam aus, so haben bei der „Dive City“-Achterbahn die Gebäude gewölbte Kanten.

Steckt das Smartphone erst im VR-One-Gehäuse, kommt man nicht mehr an den Lautstärkeregler und natürlich auch nicht an den Touchscreen. Bei anderen Gehäusen ohne Magnetschalter kann man das Display wenigstens durch die Nasenöffnung antippen – bei der VR One muss man das Smartphone umständlich herausnehmen. Zeiss zeigt sich allgemein sehr kompromisslos: Die für den Betrieb benötigte Smartphone-Schublade ist bislang nur fürs Samsung Galaxy S5 und fürs iPhone 6 erhältlich. Da das iPhone etwas kleiner ist, wirkt auch das Blickfeld kleiner. Mangels Universal-Halterung lassen sich andere Smartphones nicht mit der VR One betreiben. Wer allerdings Zugriff auf einen 3D-Drucker hat, kann sich von Zeiss kostenlos auf zeissvrone.tumblr.com angebotene 3D-Druck-Dateien für Schubladen herunterladen: Hier gab es bei Redaktionsschluss Vorlagen für Galaxy S4, S5, S6, LG G3 und Google Nexus 5.

Menschen mit einem anderen Augenabstand als 65 Millimeter kommen bei der Durovis Dive, dem Stooksy-Spektiv und der Homido auf ihre Kosten, denn hier lassen sich die Linsen horizontal verstellen. Bei der Dive muss man die Linsen-

position beim Aufsetzen leider jedes Mal aufs Neue anpassen, da sie sich nicht fest arretieren lässt.

Die einige Gehäusen beigelegten NFC-Tags sind übrigens unnötig: Sie sorgten bei das Original-Cardboard lediglich dafür, dass beim Einlegen automatisch die Cardboard-App gestartet wurde.

Passt mein Telefon?

Viele VR-Gehäusehersteller machen sich die Frage nach den kompatiblen Smartphones leicht – und bewerben sie einfach mit „Für alle Handys mit Diagonalen von 4 bis 6 Zoll“. Ganz so einfach ist das allerdings nicht. Erst mal benötigt das Smartphone einiges an CPU-Power, um Echtzeitgrafik und Headtracking verzögerungsfrei zu berechnen. Als Faustregel gilt: Alles, was älter ist als zwei Jahre, macht mit VR-Apps wenig Spaß. Außerdem sollte man bedenken, dass so gut wie alle Gehäuse für Smartphones mit Displaydiagonalen um 5 Zoll optimiert sind – das Original-Cardboard wurde explizit fürs Nexus 5 (4,95 Zoll) entwickelt. Geräte jenseits der 5 Zoll passen nur in einige Gehäuse (siehe Tabelle). Kleinere Telefone (kleiner als 4,7 Zoll) wie zum Beispiel das iPhone 5/5s/5c und das HTC One S funktionieren zwar generell, sitzen aber nicht in jedem Gehäuse stabil. Größtes Manko: Man sieht bei den Kleinen den Displayrand ums VR-Bild, das zerstört das Mittendrin-Gefühl.

Außerdem wichtig: Für das Headtracking benötigt das Smartphone einen Gyrosensor – der fehlt bei einigen Handys wie zum Beispiel der ersten Version des Motorola Moto G. Damit das Smartphone den Magnetschalter auswerten kann, muss das Magnetometer richtig platziert sein – ist es das nicht, kann man versuchen, den

VR-Gehäuse für Smartphones

	Cardboard-Klone					
Gerät	Eight Ones VR Kit red	I am Cardboard 45 mm Focal Length – blue	I am Cardboard Foam	Lumen-Google-Cardboard-Nachbau	VRB50.3D	No-Name-Google-Cardboard-Nachbau
Hersteller	Eight Ones	I am Cardboard	I am Cardboard	Lumen/Cougars (über amazon.de)	Pearl	TinyDeal (EPAH-334753)
Material	Pappe (vormontiert)	Pappe (vormontiert)	Schaumstoff	Pappe (unmontiert)	Pappe (vormontiert)	Pappe (unmontiert)
Linsendurchmesser	25 mm (bikonvex)	25 mm (bikonvex)	25 mm (bikonvex)	25 mm (plankonvex)	25 mm (plankonvex)	25 mm (plankonvex)
maximale Smartphone-Größe	5 Zoll	5 Zoll	5 Zoll	5 Zoll	5 Zoll (6 Zoll bei VRB55.3D)	5,5 Zoll
Magnetschalter / Kopfband	✓ / ✓	✓ / -	✓ / -	✓ / -	✓ / ✓	✓ / -
Bewertung	⊕ / ○	⊕ / ○	⊕ / ○	⊕ / ○	⊕ / ○	⊕ / ○
Bildqualität / Blickfeld	⊕ / ○	⊕ / ○	⊕ / ○	⊕ / ○	⊕ / ○	⊕ / ○
Tragekomfort	○	○	○	○	○	○
Preis	16,99 €	22,95 €	34,95 €	8,99 €	6,90 €	2,61 €
Bezugsquelle	diverse Webshops	diverse Webshops	diverse Webshops	Amazon.de	www.pearl.de	TinyDeal (aus China)
Besonderheiten			NFC-Tag mitgeliefert	Magnethalterung nicht an der richtigen Stelle, Mittelrahmen locker (Nut oben fehlt), NFC-Tag mitgeliefert auch als größere VRB55.3D für größere Smartphones erhältlich (7,90 €)		bei versandkostenfreier Bestellung 5 Wochen Lieferzeit, schnellerer Versand kostet extra

¹ optional **⊕⊕ sehr gut** **⊕ gut** **○ zufriedenstellend** **⊖ schlecht** **⊖⊖ sehr schlecht** ✓ vorhanden – nicht vorhanden k. A. keine Angabe

Magneten an der anderen Seiten des Gehäuses zu befestigen.

Wir haben etliche Smartphones mit den Testkandidaten ausprobiert. Am wenigstens Probleme hatten wir erwartungsgemäß mit dem Nexus 5, Samsungs Galaxy S5 und dem iPhone 6. Nexus 4 und Galaxy S4 funktionieren ebenfalls gut, wegen ihrer schwächeren Rechenleistung ruckelten einige Apps allerdings.

Fazit

Teuer ist nicht gleich gut: Den unkompliziertesten Virtual-Reality-Spaß bieten die preisgünstigen Cardboard-Klone. Das Einsetzen des Smartphones klappt hier kinderleicht, außerdem gibt es (bei unterstützten Apps) einen praktischen Magnetschalter. Die besten Cardboard-Nachbauten bieten „I am Cardboard“ und „Eight Ones“. Die anderen Klone haben weniger gute Linsen eingebaut – die reichen den meisten Menschen aber.

Die teureren Plastikvarianten sind robuster und tragen sich angenehmer, dafür muss man hier mehr Kompromisse eingehen. So gibt es nur für die Durovis Dive einen Magnetschalter. Noch schwerer wiegt das viel zu kleine, quadratische Blickfeld bei der VRB60.3D von Pearl und der ColorCross-Brille – statt Mittendrin-Feeling hat man hier das Gefühl, als würde man in einem dunklen Raum auf eine Leinwand

schauen. Vergleichbares bieten die seit Langem erhältlichen Videobrillen von Vuzix, Sony & Co. – das ist nicht mittendrin, sondern nur „dabei“.

Alle Gehäuse kann man auch über einer normalen Brille tragen. Fehlsichtige, die das nicht mögen, können bei der Durovis Dive und der ColorCross ihren Dioptrienwert manuell anpassen.

Die Durovis Dive, das Stooksy-VR-Spektiv, die Schaumstoff-Cardboard von I am Cardboard sowie das Gehäuse von Vrizzmo funktionieren ordentlich, allerdings ist bei allen die Smartphone-Arretierung fummiger als bei den Pappvarianten. In Sachen Bildqualität und Tragekomfort liegt die Zeiss VR One mit Abstand vorn, das Gehäuse ist mit 100 Euro aber auch am teuersten und funktioniert bislang ausschließlich mit Galaxy S5 und iPhone 6, außer man hat einen 3D-Drucker.

„Perfekte“ Virtual Reality bietet bislang kein rein mechanisches Smartphone-Gehäuse – wer das sucht, ist mit Oculus Rift DK2 (für Computer) oder Samsung Gear VR (für Galaxy-Note-4- oder S6-Smartphones) besser bedient. Bei beiden Brillen funktioniert das Headtracking dank spezieller Sensoren geschmeidiger als bei rein mechanischen Smartphone-Gehäusen. Für den Einstieg in Virtual Reality oder das gelegentliche Anschauen von 360-Grad-Videos oder -Fotos reicht die günstige VR-Technik aber vollkommen aus. (jkj)

Individuelle Designs



ColorCross	Dive	Homido VR Headset	VRB60.3D	Refugio 3D XL	Stooksy VR Spektiv	Vrizzmo Imperial Black VR Goggles	VR One
Andoer (Brille wird unter etlichen Markennamen verkauft)	Durovis	Homido	Pearl	Refugio 3D	Stooksy	Vrizzmo	Zeiss
Kunststoff	Kunststoff	Kunststoff	Kunststoff	Pappe (kein Cardboard-Design)	Schaumstoff	Kunststoff	Kunststoff
32 mm	32 mm (plankonvex)	35 mm (bikonvex)	Fresnel-Linsen	30 mm in Röhre	32 mm (plankonvex)	Doppellinsenkonstruktion	40 mm (bikonvex)
5 Zoll	5,5 Zoll	6 Zoll	5,7 Zoll	S: 4,7 Zoll, L: 5 Zoll, XL: 5,5 Zoll	5,7 Zoll	5,5 Zoll	nur iPhone 6 und Galaxy S5
- / ✓	✓ ¹ / ✓	- / ✓	- / ✓	- / ✓	- / ✓	- / ✓	- / ✓
⊕ / ⊖	⊕⊕ / ○	⊕⊕ / ⊕	⊕ / ⊖	○ / ○	⊕ / ○	○ / ○	⊕⊕ / ⊕
○	⊕	⊕	○	○	⊕	⊖	⊕⊕
18,99 €	56,98 €	69 €	19,90 €	9,95 €	45,95 €	59,99 €	99 €
Andoer (über amazon.de)	www.durovis.com	www.homido.com	www.pearl.de	refugio3d.jimdo.com/	diverse Webshops	www.vrizzmo.com	direkt über zeiss.de
Blickfeld nur quadratisch, clevere Einstellmechanik, Dioptrien pro Auge einstellbar	Pupillenabstand und Dioptrien einstellbar, Magnetschalter und Leap-Motion-Halterung optional erhältlich, auch als Version für 7-Zoll-Tablets verfügbar	Pupillenabstand und Seh-abstand einstellbar, drei Linsenhalter und Trage-box mitgeliefert, Smartphone-Platzierung nicht eindeutig, großes Sicht-feld	Blickfeld nur quadratisch	Tunnelblick durch Röhren-linsen, fummelige Smartphone-Fixierung (verbesserte Version ange-kündigt), in den Größen S, L und XL erhältlich	Pupillenabstand einstellbar	Touchscreen-Klöppel, Brille drückt trotz Schaum-stoffpolster stark, Blickfeld okay aber teilweise mit sichtbaren Kanten (je nachdem, wie das Handy sitzt und wie groß es ist)	benötigte Halterungen sind nur für iPhone 6 und Samsung Galaxy S5 er-hältlich, funktioniert wegen starker Linsenver-zerrung besser mit spe-ziel angestellten Apps

Außer Konkurrenz: Samsung Gear VR

In einer anderen Liga als die hier getesteten VR-Gehäuse spielt die 200 Euro teure Samsung Gear VR (Test auf Seite 28): Während die Standardgehäuse keinerlei Elektronik eingebaut haben, stecken in der Gear VR zusätzliche Headtracking-Sensoren sowie ein Touchpad. Eine Kopp-lung per USB ans Handy ist unbedingt notwendig; bislang unterstützen die Samsung-Brille ausschließlich Galaxy Note 4 und Galaxy S6 (Edge).

Durch das nahezu perfekte Headtracking ist das Eintauch-gefühl bei der Gear VR deutlich besser als bei konventionellen VR-Gehäusen. Der Nachteil des geschlos-senen Ökosystems: Standard-Smartphone VR-Apps laufen nicht auf der Gear VR. Die Brille benötigt speziell angepasste Programme, von denen es bislang erst um die 40 gibt. Mehr dazu in c't 5/15 auf Seite 74.



FAQ: VR-Halterungen fürs Smartphone

Antworten auf die häufigsten Fragen

Von Jan-Keno Janssen

Kugelpanoramen unter iOS



Ich habe gehört, dass es noch keine iOS App zum Anschauen von Kugelpanoramen gibt. Ist das immer noch der aktuelle Stand?

Nein. Mit der App „Kolor Eyes“ lassen sich selbst gemachte Photosphere-Kugelpanoramen auch auf dem iPhone und einem Virtual-Reality-Gehäuse betrachten - allerdings nur über einen Umweg, weil der Viewer nicht direkt auf die iOS-App Fotos zugreifen darf. Zunächst exportieren Sie das gewünschte Bild vom iPhone auf Ihren Rechner, am Mac beispielsweise über iPhoto oder die neue Fotos-App für den Mac, unter Windows einfach mit dem Explorer. Nun öffnen Sie iTunes, klicken oben links auf das iPhone-Symbol und wählen in der Listenspalte darunter „Apps“ aus. Aus der Apps-Liste klicken Sie „Kolor Eyes“ an und wählen das Photo-Sphere-Panorama dann entweder über den „Hinzufügen...“-Dialog oder per Drag and Drop auf „Dokumente von Kolor Eyes“ aus. Nach einem Klick auf „Synchronisieren“ findet die Kolor-Eyes-App das Bild beim nächsten Start unter „Local Videos“. (bkr)

Plastik, Pappe, Schaumstoff



Ich will mir eine VR-Halterung für mein Smartphone kaufen, aber mich verwirren die vielen Dutzend Modelle aus unterschiedlichsten Materialien. Machen die Dinger nicht alle das Gleiche?



Stimmt, theoretisch funktionieren die Halterungen alle auf identische Weise: Sie nehmen ein Smartphone auf und zeigen den Inhalt vergrößert durch zwei Luppenlinsen an. Dennoch sind die Unterschiede immens (siehe auch „VR-Halterungen fürs Smart-

phone im Test“, S. 12). Für Einsteiger empfehlen wir - sofern eine Brille zusätzlich zu der in diesem Heft gebraucht wird - die preisgünstige Papp-Variante (auch als „Google Cardboard“ bekannt). Solche Halterungen gibt es ab rund drei Euro bei chinesischen Händlern (siehe Link unten rechts) oder für sieben Euro bei Pearl oder im heise-Shop. Die Pappbrillen haben den Vorteil, dass das Ein- und Ausbauen des Smartphones sehr bequem und schnell funktioniert, außerdem haben viele Modelle einen Magnetschalter, mit dem man einige VR-Apps steuern kann - schließlich kommt man nicht an den Touchscreen, solange das Smartphone in der Halterung steckt.

Bis auf die Durovis Dive von Shoogee haben die Plastik-Varianten keinen Magnetschalter, außerdem sind sie deutlich teurer und der Handy-Einbau ist fummeliger. Und: Die Bildqualität ist bei den teureren Modellen nicht zwangsläufig besser. Von allen uns bekannten rein mechanischen VR-Halterungen liefert Zeiss mit seiner 130 Euro teuren VR One die beste optische Qualität. Um den Qualitätsvorteil voll auszuspielen, benötigt die Zeiss-Brille allerdings speziell angepasste Smartphone-Apps, außerdem funktioniert sie bislang nur mit iPhone 6 und Samsung Galaxy S5. (jkj)

Handy geht ständig aus



Wenn ich mein Smartphone in meine VR-Papphalterung einspanne, drückt der Pappdeckel auf den Einschalt-Knopf - und das Display schaltet sich aus. Verhindern kann ich das nur mit sehr viel Fingerspitzengefühl. Lässt sich der Knopf deaktivieren?



Ohne Root-Rechte ist das schwierig. Ein anderer Lösungsansatz hilft schneller: Schneiden Sie einfach an der Stelle, wo sich der Smartphone-Knopf befindet, ein

Alle Links zum Artikel:
www.ct.de/hb1506018

kleines Loch in die Pappe - das mag nicht sonderlich elegant scheinen, klappt in der Praxis aber prima.
(jkj)

Wo gibts VR-Apps?

Wo genau finde ich - zusätzlich zu den hier vorgestellten - Apps, die VR-Halterungen unterstützen?

Suchen Sie einfach im Play- oder Appstore nach „cardboard vr“ oder nach „durovis“ - so heißt die erste erhältliche Smartphone-VR-Halterung. Das Angebot ist allerdings erschreckend riesig - und viele Schrott-Apps gibts auch. Orientierungshilfe bieten kuratierte App-Zusammensetzungen. So ist in Googles „Cardboard“-App für Android eine „Best-of“-Liste integriert; die vom VR-Halterungshersteller Homido angebotene App „Homido Center“ enthält ebenfalls eine brauchbare App-Liste für Android und iOS.
(jkj)

Welches Smartphone?

Ich will mir ein günstiges Smartphone nur für Virtual Reality anschaffen. Welches soll ich kaufen?

Das schon etwas betagte, aber günstige Smartphone Nexus 5 eignet sich sehr gut für VR-Brillen.

Für Smartphone-VR-Halterungen eignen sich unserer Erfahrung nach am besten Geräte mit Display-Diagonalen um 5 Zoll. Eine gute Wahl ist das Nexus 5, das von Google als Referenz-Gerät für die hauseigene Cardboard-Plattform genutzt wird. Gebrauchte Geräte kosten rund 250 Euro. Apple-Fans kommen mit dem iPhone 6 am besten auf ihre Kosten - ältere Modelle sind ein wenig zu klein für die meisten Halterungen, das iPhone 6 Plus zu groß. Allgemein gilt: Je schneller das Smartphone, desto besser das VR-Gefühl - Ruckler stören den Mittendrin-Eindruck immens. Außerdem sollte das Display mindestens Full-HD-Auflösung bieten. (jkj) ct



"Highlight" der CeBIT 2015 (Handelsblatt)
"sehr praktische Erfindung" "knackscharfes Bild" (C't)
"erstaunlich gut" (Gizmodo)

VirtualVizor

Diese Virtual Reality Brille verwandelt Dein Smartphone in ein virtuelles Kino zum Betrachten von:

Videos, Fotos, Games & Apps in 2D, 3D, 360°, VR & AR.

Infos, Apps & 3D-Videos/Fotos auf VirtualVizor.com
Investors welcome!

dr dream
Betrachten mit VR-Brille & App "VR ONE AR"

auch mit Gamepad für:

BOMBSQUAD VR

TRINUS
PC GAMES. IN VR.
ON YOUR PHONE

TRY IT FREE | TRINUSVR.COM

Oculus Rift DK2 im Test

Die finale Version der Oculus Rift ist immer noch nicht erhältlich – demnach ist die Oculus Rift DK2 zurzeit die einzige ernsthafte VR-Brille für den Anschluss an den Rechner. Wir haben sie getestet.



Von Jan-Keno Janssen und Stefan Porteck

Wer nicht mehr warten will (oder kann) und sofort eine ausgewachsene Virtual-Reality-Brille für den Rechner braucht, dem bleibt nur die Oculus Rift DK2. Die Brille ist zwar als „Entwicklergerät“ klassifiziert, bestellen kann sie aber jeder für rund 430 Euro inklusive Versand. Die größten Kritikpunkte an der ersten Entwicklerversion („Developer Kit 1“, kurz „DK1“) waren der arg pixelige Bildeindruck und die bei schnellen Kopfbewegungen verschmierte Darstellung. Beiden Problemen hat sich Oculus mit dem Nachfolger gewidmet: Statt eines 7-Zoll-LC-Displays mit 1280 × 800 Pixeln steckt im zweiten Kit („DK2“) nun ein 5,7-Zoll-OLED-Bildschirm mit 1920 × 1080 Bildpunkten. Durch das kleinere Display wirkt die DK2 im Vergleich zum Vorgänger etwas handlicher, das Gewicht ist trotzdem von knapp 400 Gramm auf

rund 450 Gramm gestiegen. Beim Tragen stört das allerdings nicht.

Mitten drin

Die mehr als doppelt so hohe Pixelzahl fällt sofort nach dem Aufsetzen auf – erstmals kann man auch kleine Schriften lesen. Obendrein sorgen die selbstleuchtenden Pixel des OLED für kräftigere Farben und vor allem für ein sattes Schwarz. Die Darstellung der Brille ist dadurch sehr knackig und dunkle Szenen – beispielsweise Sternenhimmel – wirken sehr kontrastreich. Beim Display haben sich die Oculus-Entwickler bei Samsung bedient: Nachdem wir die Brille zerlegt hatten, entdeckten wir das OLED des Galaxy Note 3 – inklusive Frontblende mit aufgedrucktem Samsung-Logo und Aus-

parungen für die Druckknöpfe der Smart phones.

Da das OLED schneller schaltet und in der Oculus Rift mit 75 statt mit 60 Hz getaktet wird, bleibt die Darstellung bei Kopfbewegungen schärfer als beim vormaligen LC-Display. Im „Low Persistance“-Modus, den man bei der hersteller-eigenen Toskana-Demo mit der P-Taste ein- und ausschaltet, leuchtet jedes Bild nicht über die Dauer eines ganzen Frame (13 ms), sondern nur zwei oder drei Millisekunden. Durch diese Impuls-Darstellung sinkt zwar die wahrgenommene Helligkeit, es tritt aber fast keine Bewegungsschärfe mehr auf. Das wiegt das etwas dunklere Bild klar auf. Ein störendes Flimmern verursachte der „Low Persistance“-Modus in unseren Tests nicht.

Das Display hat aber auch seine Schattenseiten: Anders als bei LCDs, wo jedes Pixel sich aus exakt einem roten, grünen und blauen Subpixel zusammensetzt, hat das OLED der DK2 eine Pen-tile-Matrix. Jedes Pixel besteht aus einem roten, einem blauen und zwei grünen Subpixeln. Da jeder Bildpunkt hierdurch karoförmig ist, verläuft das dunkle Pixelraster diagonal und nicht wie bei LCDs horizontal und vertikal. Feine Linien und Strukturen wirken deshalb weniger scharf und sehen an den Rändern leicht bunt aus.

Unabhängig von der Pentile-Matrix stören uns bei der DK2 außerdem die deutlich sichtbaren Farbsäume an Objektkanten. Diese treten im Vorschaubild auf dem konventionellen Monitor noch stärker hervor als in der Brille – die Oculus-Software rechnet vermutlich die durch die Vergrößerungslinsen entstehenden chromatischen Aberrationen heraus. Da bei der DK2 das Display kleiner ist und wegen ihrer flacheren Linsen dichter vor den Augen sitzt, ist das Gesichtsfeld im Vergleich zur DK1 merklich kleiner.

Unter Beobachtung

Während die DK1 Version mit ihren eingebauten Sensoren ausschließlich die Orientierung im Raum erfasste, trackt die neue Rift-Brille auch die Position. Für das Positionstracking muss man die mitgelieferte CMOS-Kamera so aufbauen, dass sie die im Brillengehäuse versteckten Infrarot-Leuchtdioden erfasst. Die Kamera wird über den USB-Port des Computers mit Strom versorgt und muss zusätzlich mit einem Klinkenkabel mit der Brille verbunden werden.

Im Test klappte das Tracking problemlos bei einem in normalem Arbeitsabstand aufgestellten Monitor. Das Mittendrin-Gefühl wird dadurch immens erhöht, denn meist bewegt man beim

Mir wird schlecht ...

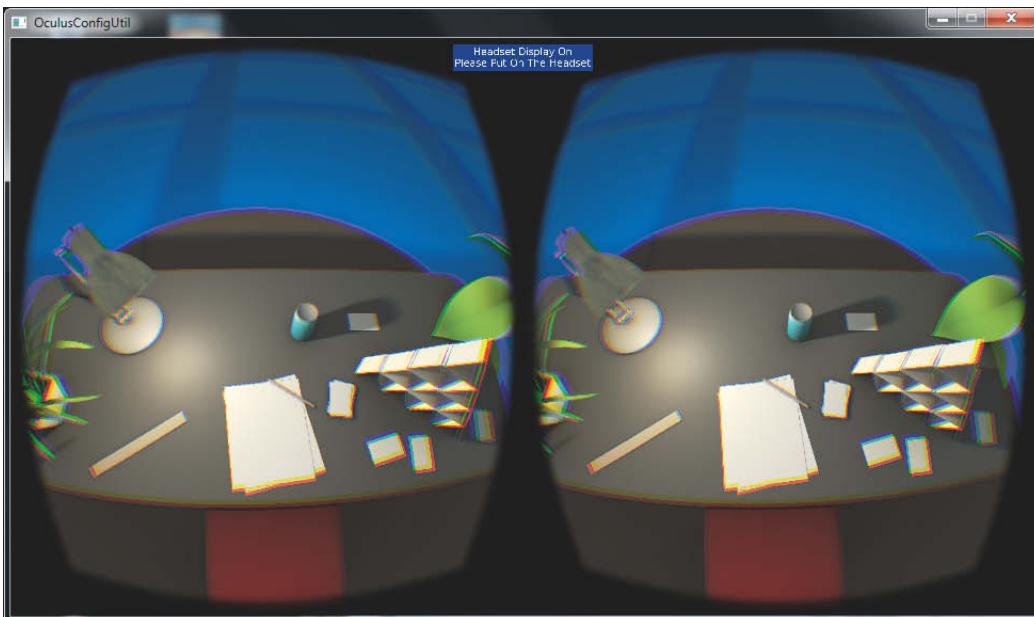
Wer beim Spielen am PC kalte Schweißausbrüche bekommt, von Schwindel und Übelkeit befallen oder von Kopfschmerzen geplagt wird, kann entweder nicht verlieren oder leidet an der sogenannten Simulatorkrankheit. Diese tritt auf, wenn die Sinnesorgane dem Gehirn ungewohnte und widersprüchliche Informationen liefern: In der virtuellen Realität rennt man durch die Gegend, doch in der realen Welt sitzt man relativ still am Schreibtisch. Die Augen sehen Bewegung, die das für den Gleichgewichtssinn zuständige Innenohr-Organ und weitere Rezeptoren an den Gelenken partout nicht nachvollziehen können – sie senden stattdessen Ruhesignale.

Weitere Störungen treten auf, wenn die Augen verspätet oder unscharf etwaige Lage- und damit Bildänderungen zu sehen bekommen. Hier hat Oculus durch das OLED in der DK2 deutliche Verbesserungen erzielt: Das organische Display ist flink genug, Kopfbewegungen unverzüglich und

scharf wiederzugeben; die höhere Bildfrequenz und die Tracking-Sensoren in der Brille tun ein Übriges.

Mit der neuen externen Kamera, die die Position des Brillenträgers im Raum erfasst, kann Oculus den Widerspruch zwischen der wahrgenommenen räumlichen Lage und der Bewegung des Körpers ein wenig auflösen. So kommen Objekte nun tatsächlich näher beziehungsweise werden größer, wenn man sich ihnen entgegenneigt. Dadurch wird auch der von 3D-Filmen bekannte Konflikt zwischen Akkommodation und Augenbewegung ein wenig gemildert.

Dass bei den meisten Trägern der Oculus Rift nach längerem Einsatz dennoch Schwindelgefühle aufkommen, wird sich erst durch Gerätschaften ausmerzen lassen, die dem Körper die Bewegung erlauben, die das Auge sieht – und damit den Widerspruch zwischen gesehen und gefühlt auflösen.
(uk)



Beugt man sich Objekten entgegen, folgt dank Tracking mit externer Kamera das Bild nun auch diesen Bewegungen.

Umher schauen den ganzen Körper mit. Auch bewusstes Nach-vorne-Beugen oder Zur-Seite-Neigen wirkt sich aufs Bild aus – die virtuelle Welt fühlt sich so insgesamt viel echter an. Sehr irritierend ist allerdings, dass das Tracking abrupt aussetzt, wenn man sich aus dem Kamera-Sichtfeld heraus bewegt oder zu weit nach hinten dreht.

Die Eingangselektronik ist nun in die Brille integriert, eine auswechselbare Kabelpeitsche mit HDMI- und USB-Stecker wird über den Hinterkopf geführt. Eine weitere Verbesserung: Das für die DK1 zwingend benötigte Netzteil muss nur noch an die Steckdose, wenn man (optionales) Zubehör an die USB-Buchse der Brille anschließt. Ohne Zusatzgeräte wird die Brille über USB mit Strom versorgt.

Drumherum

Gespärt hat Oculus beim Zubehör. Der schicke – und vor allem stabile – Kunststoffkoffer der DK1 wurde durch einen Pappkarton ersetzt. Außerdem gibt es keine drei Linsen-Paare mehr (für Normal-, Kurz- und Weitsichtige), sondern nur noch zwei (für Normal- und Kurzsichtige). Während die DK1-Kurzsichtigen-Linsen auch für Kurzsichtige mit mehr als -3 Dioptrien funktionierten, gleichen die DK2-Linsen nur eine geringe Kurzsichtigkeit aus. Dafür lässt sich das neue Entwicklermodell leichter mit einer Korrekturbrille nutzen – richtig Spaß macht das aber immer noch nicht. Für längere Sessions empfehlen sich Kontaktlinsen.

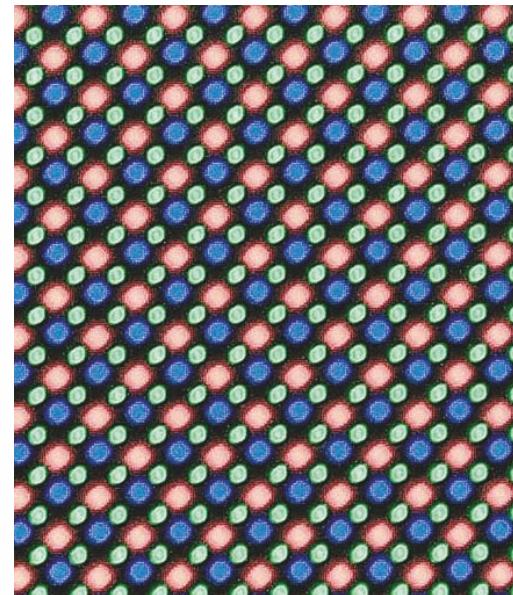
Gut gelungen ist das neue Runtime-Modul der Oculus-Software. Es sorgt dafür, dass die



Das Sichtfeld der DK2 (linke Seite) ist kleiner als das der Vorgängerversion (rechte Seite), was das Gehirn aber nach kurzer Eingewöhnung ausblendet. Das Mittendrin-Gefühl wird deshalb nicht schlechter.



Ein alter Bekannter: In der Oculus Rift steckt das Display des Samsung-Smartphones Galaxy Note 3.



Bei OLED-Displays mit Pentile-Matrix setzt sich jedes Pixel aus einem roten, zwei grünen und einem blauen Subpixel zusammen.

Brille automatisch eingeschaltet wird, sobald man ein Programm mit Oculus-Unterstützung startet. Auf dem primären Monitor öffnet sich zu gleich ein Fenster mit der Oculus-Videoausgabe. Die DK1-Brille meldete sich am Betriebssystem als zweiter Monitor an, weshalb man ständig an den Bildschirmeinstellungen herumfummeln musste.

Fazit

Die Oculus Rift DK2 bietet ein deutlich besseres Mittendrin-Gefühl als der Vorgänger. Das schärfere und schnellere Display sorgt maßgeblich für eine realere Darstellung. Auch das Positionstracking macht sich sofort nach dem Aufsetzen positiv bemerkbar: Hatte man bei der

alten Oculus noch das Gefühl, im Raum zu schweben und lediglich den Kopf bewegen zu können, ist man nun wirklich in der virtuellen Welt anwesend.

Beides wirkt sich auch leicht positiv auf den Magen aus: Bei der alten Version wurde den meisten c't-Testern schnell übel - zumindest bei einigen Spielen. So war mit der alten Version das Hoch- und Runterlaufen der Treppe in der Toskana-Demo ein zuverlässiger Auslöser der Simulatorkrankheit. Mit der DK2 fühlte sich das Treppensteigen angenehmer an, insgesamt wurde den meisten Testern unserer DK2 aber doch schwindelig.

Trotz des farbstarken OLED mit höherer Auflösung hat uns die Bildqualität etwas enttäuscht; vor allem Farbsäume und andere Artefakte nerv-





**Die externe Kamera (rechts) erfasst das Licht der Infrarot-LEDs im Brillengestell.
Für das menschliche Auge ist das Licht der IR-Dioden unsichtbar.**

Kommentar: Facebook und Oculus – locker bleiben!

Als Mark Zuckerberg zwei Milliarden US-Dollar für die Entwickler der Virtual-Reality-Brille Oculus Rift auf den Tisch legte, ließen deren Fans alle Hoffnung fahren. Facebook genießt in gewissen Kreisen inzwischen einen höchst zweifelhaften Ruf und schickt sich an, Microsoft als das offizielle Evil Empire zu beerben.

Man darf sich fragen, ob das Wehklagen im Falle einer Übernahme durch Google auch so laut gewesen wäre. Zuckerberg verfolgt mit der Übernahme eine Strategie, die Google – übrigens trotz des niedlichen Firmenmottos auch so ein Kandidat für das Microsoft-Erbe – seit Jahren erfolgreich vorexerziert: Innovative Start-ups übernehmen, hochpäppeln und dann mal gucken, was passiert. Das klappt nicht immer, aber im besten Fall kommt so etwas wie Android dabei raus.

Im Falle von Oculus VR muss man kein Insider sein, um das Potenzial der Brille zu erkennen – zumindest für die Computerspielbranche dürfte Oculus Rift ein Game Changer sein. Wer die Brille einmal aufgehabt hat, sieht das sofort. Erst die Rift wird dem oft missbrauchten Label

„Virtual Reality“ wirklich gerecht. Die Aussichten für den Computerspielmarkt alleine rechtfertigen schon das Zweimilliarden-Investment.

Auch jenseits der Daddelei birgt das System viel Potenzial: Visualisierung in der Planungsphase, zu Ausbildungszwecken, in der Telemedizin. Es ist eine vielseitige Plattform, die Facebook da jetzt hat. Zuckerberg ist Nerd genug, um das zu wissen. Als Unternehmer hat er genug Kapital, um Oculus zur Serienreife und in Masse auf den Markt zu bringen. Und seine Investoren sind schlau genug, sie erst mal machen zu lassen. Das neue DK2 sollte Anlass genug für weiteren Vertrauensvorschuss sein.

Mit Facebooks Finanzkraft kann Oculus direkt große Stückzahlen und das nötige Marketing stemmen, wenn die Rift serienreif ist. Das ist wichtig, denn mit Sony steht ein alter Hase der Elektronik- und Spielebranche bereit, die junge Konkurrenz platzumzumachen. Deshalb sollten auch die Oculus-Fans ein bisschen Gelassenheit aufbringen und es begrüßen, wenn jemand neue Technik nicht der alten Garde zum Fraß überlassen will. Lasst sie mal machen. (vbr)



Unter die Haube geschaut: Die Steuerelektronik und der Signaleingang sind nun auf der Hauptplatine untergebracht. Die externe Box der DK1 entfällt damit.

ten. Diese Probleme kann Oculus womöglich durch Software-Updates in den Griff bekommen – die immer noch deutlich sichtbaren Pixel aber ganz sicher nicht. Für komplett unsichtbare Bildpunkte braucht man vermutlich ein 4K-Display.

Vielleicht hat die Consumer-Version ja eins eingebaut. Sie soll Anfang 2016 in den Handel kommen. Wer schon jetzt mit Virtual Reality

herumspielen will und sich nicht am noch mauern Software-Angebot stört, kann getrost zur DK2 greifen; Oculus VR verschickt das Entwicklerkit auch an Nicht-Entwickler.

Die Brille kostet inklusive Zoll und Versand nach Deutschland 480 US-Dollar, also rund 430 Euro – vergleichsweise wenig für das zurzeit überzeugendste Virtual-Reality-Gerät. (spo) ct



Die Linsen der DK2 sind austauschbar. Ein zweites Linsen-Paar für Kurzsichtige gehört zum Lieferumfang.

In der Software lässt sich unter anderem der Augenabstand anpassen.



Virtual-Reality-Laufstall ausprobiert

Wer Egoshooter oder Ähnliches in der virtuellen Realität spielt, riskiert Übelkeit – zumindest wenn man mit konventionellen Controllern steuert. Mit VR-„Laufställen“ wie dem Virtuix Omni soll man genauso durch die virtuelle Welt sprinten können wie durch die echte. Wir haben es ausprobiert.



Von Jan-Keno Janssen

Zurzeit muss man in der Virtual Reality immer noch klassische Eingabegeräte wie Gamepad, Maus oder Tastatur bemühen, um sich in der virtuellen Welt zu bewegen. Das mindert nicht nur den Realismus, sondern schlägt sogar auf den Magen: Der Körper reagiert mit Übelkeit, wenn Sehapparat und Gleichgewichtssinn widersprüchliche Signale senden – zum Beispiel weil das virtuelle Ich hektisch durch die Gegend rennt, der echte Körper aber unbewegt auf dem Stuhl sitzt.

Dieses Problem will das texanische Start-up Virtuix mit seinem Virtual-Reality-Laufstall Omni lösen. Virtuix bezeichnet sein Produkt als „omnidirectional treadmill“, also „omnidirektionales Laufband“. Solche Geräte sind in der professionellen Virtual-Reality-Szene schon seit Jahren gebräuchlich, eine günstige Variante für den Massenmarkt gab es aber noch nie – bis jetzt.

Wie im Fitnessstudio

Mit einem Laufband, wie man es aus Fitnessstudios kennt, hat das Omni wenig gemeinsam: Der Benutzer läuft hier nämlich nicht auf einem Band, sondern gleitet in einer Kunststoff-Kuhle. Spezialsohlen mit kleinen Bolzen und Rillen in der Laufoberfläche sollen für Stabilität sorgen und seitliches Wegrutschen verhindern. Ein aufklappbarer Kunststoffring verhindert, dass man umfällt, außerdem ist man mit einem Gürtel gesichert. Obwohl man mehr gleitet als läuft, soll das Omni ein natürliches Lauf-Gefühl erzeugen.

Bei der Omni-Benutzung muss man spezielle Schuhe tragen, deren Sohle aus dem gleichen Material besteht wie die Oberfläche der Mulde. Was für ein Material das ist, verrät Erfinder Jan

Goetgeluk nicht – nur dass er mit seinen Mitarbeitern drei Jahre lang daran getüftelt hat.

Der Computer, auf dem die VR-Anwendung läuft, kann die Laufbewegung nur erfassen, wenn an den Schuhen sogenannte „Tracking Pods“ befestigt sind. Darin stecken unter anderem Beschleunigungssensoren, deren Daten per Bluetooth übertragen werden.

Wie gut dass funktioniert, haben wir mit einem Omni-Prototyp auf der CES in Las Vegas ausprobiert:

Omni ausprobiert

Als ich das erste Mal in dem Laufstall stecke, gesichert mit speziellem Gurtzeug, soll ich erst einmal ein paar Minuten das ungewohnte Auf-der-Stelle-Laufen üben – und zwar ohne VR-Brille. Sonderlich souverän funktioniert das nicht, ich rutsche erst einmal aus – glücklicherweise hindert der Gurt am Umkippen. Nach einigen Übungsschritten klappt es aber dann recht gut. Noch besser wird's, als ich die VR-Brille aufsetze: Auf einmal fühlt sich das ungewohnte Auf-der-Stelle-Laufen an wie normales Gehen. Sogar Rennen funktioniert. Kurios: Während das Loslaufen ohne merkliche Verzögerung in die Brille respektive virtuelle Realität umgesetzt wird, scheint das Tracking-System das Stehenbleiben erst nach einigen Sekunden zu registrieren – mein virtuelles Alter-Ego knallt deshalb manches Mal gegen die Wand, obwohl ich kurz davor gestoppt habe.

Insgesamt macht Omni einen besseren Job als erwartet: Das seltsame Gerutsche fühlt sich mit aufgesetzter VR-Brille ziemlich

authentisch an - und definitiv authentischer als das Spielen per Gamepad oder Maus und Tastatur. Sehr eindrucksvoll: VR-Programme, in denen man virtuell herumläuft (seien es hektische Egoschützer oder gemächliche Entdeckungsspiele), kann ich gewöhnlich nicht länger als ein paar Minuten aushalten, danach setzt Übelkeit ein. Anders mit dem von Virtuix selbst entwickelten Shooter „Travr“: Den Titel spielte ich im Omni-Laufstall beschwerdefrei fast eine halbe Stunde lang.

Der Belgier Jan Goetgeluk hat Virtuix im Februar 2013 gegründet, zuvor arbeitete er als Investmentbanker. Um die Produktion des Omni zu finanzieren, sammelte das Unternehmen Geld auf der Crowdfinanzing-Plattform Kickstarter. Angepeilt waren 150 000 US-Dollar, am Ende sind über 1,1 Millionen zusammengekommen.

Die Auslieferung der Laufställe verzögert sich allerdings seit vielen Monaten: Zuerst war von Januar 2014 die Rede, dann von April 2015, nun vom vierten Quartal 2015. Auch der Preis ist explodiert: Bei Redaktionsschluss kostete ein Omni-Set mit Plattform, Schuhen, Gürtel und Sensoren inklusive Versand nach Deutschland

800 Euro, zur Kickstarter-Kampagne waren es 550 Euro.

Konkurrenz aus Österreich

Ein ganz ähnliches Produkt wie Virtuix Omni entwickelt das Start-up Cyberith aus dem österreichischen Herzogenburg. Statt in einer Mulde läuft man auf Cyberiths Virtualizer allerdings auf einer flachen Platte mit glatter Oberfläche. Statt Spezialschuhen trägt man Überschuhe, die ein bisschen wie Sportsocken aussehen. Der Virtualizer ist teurer als Virtuix Omni: 1500 Euro kostet ein Development Kit in der Vorbestellung. Für 300 Euro mehr gibt es den Virtualizer in einer „HT“-Version mit integrierter akusto-haptischer Vibration – damit soll man in Spielen zum Beispiel Bombeneinschläge am ganzen Körper spüren. Als Liefertermin gibt Cyberith ebenfalls Ende 2015 an.

Wir sind gespannt, ob solche Lauf-Simulatoren trotz der hohen Kosten und des großen Platzbedarfs eine Chance auf dem Markt haben. Spaß machen sie auf jeden Fall – und für ein bisschen Fitnesstraining sorgen sie obendrein.

(jkj) **c't**

Mit dem Cyberith Virtualizer bekommt Omni Konkurrenz aus Österreich.



Schweißtreibend:
der c't-Wissen-Redakteur im Virtuix Omni





Gear VR für Samsung Galaxy S6 (Edge) und Note 4

Die Virtual-Reality-Brille Gear VR müsste theoretisch deutlich schlechter sein als die Oculus Rift, denn schließlich hängt statt eines ausgewachsenen PC nur ein Handy dran. Überraschenderweise ist die transportable Brille aber zum Teil sogar überlegen.

Von Jan-Keno Janssen

Die Oculus Rift DK2 mag die zurzeit beste erhältliche Virtual-Reality-Brille sein – aber es ist eben auch ein Entwicklergerät, dessen Ergonomie und Bedienkomfort zu wünschen übrig lässt. Vor allem das Hin- und Hergeschalte zwischen VR- und 2D-Darstellung nervt, ganz zu schweigen vom Kabelsalat: zweimal USB, einmal HDMI und obendrein noch eine Strippe für die Trackingkamera.

Der Aufbau der von Samsung gemeinsam mit dem Rift-Hersteller Oculus VR entwickelten Gear-VR-Halterungen fluppt dagegen wie am Schnürchen: Galaxy S6 (Edge) oder Note 4 oder in den USB-Stecker der Brille drücken und schon startet die Gear-VR-App. In der virtuellen Welt kann man sich umsehen wie in der echten: Die Brille erkennt die Kopfbewegungen und passt das Bild entsprechend an. Die gesamte Bedienung findet in dieser VR-Umgebung statt: Um eine App herunterzuladen oder zu starten, muss man einfach auf die gewünschte App-Kachel gucken und mit einem Tipp aufs Touchpad bestätigen. Das Pad ist an der rechten Seite der Brille eingebaut, neben Antippen registriert es auch Wischbewegungen in alle vier Richtungen. Zusätzlich gibt es einen mechanischen Zurück-Knopf.

Nur mit Galaxy S6 und Note 4

Der größte Abtörner der Gear VR ist gleichzeitig auch der größte Trumpf: Das Brillengehäuse

funktioniert ausschließlich mit den Samsung-Smartphone Galaxy S6 (630 Euro), Galaxy S6 Edge (670 Euro) und Galaxy Note 4 (590 Euro) – für die S6-Geräte und das Note 4 muss man jeweils ein spezielles Gear-VR-Modell kaufen. Andere Smartphones passen schon mechanisch nicht in die Gehäuse, ganz zu schweigen von der technischen Integration. Die Brille dient nämlich nicht nur – wie bei anderen Smartphone-VR-Gehäusen wie Durovis Dive oder Google Cardboard – ausschließlich als Halter für die Luppenlinsen, sondern es sind neben den Bedienelementen auch noch zusätzliche Sensoren fürs Headtracking eingebaut. Laut Oculus VR liefern die Sensoren in der Gear VR zehnmal so häufig Daten wie die Gyroskope in konventionellen Smartphones: 1000 statt 100 Hz.

Im Vergleich zu einem Nexus 5 in einem Cardboard-Gehäuse gelingt der Gear VR damit tatsächlich ein deutlich geschmeidigeres Headtracking – außerdem können wir eine deutlich geringere Drift konstatieren. Das zusätzliche Positionstracking der DK2 fehlt in der Gear VR allerdings, man kann sich also nicht nach vorne neigen. Die Kamera des im Gear-VR-Gehäuse steckenden Smartphones lässt sich zwar von VR-Apps ansteuern, sie wird aber bislang nicht für Positionstracking verwendet.

Das Blickfeld der Gear VR ist zwar größer als das von anderen Smartphone-Gehäusen wie Google Cardboard, aber kleiner als das der Rift



Die Gear-VR-Brillen für Galaxy S6 (links) und Note 4 unterscheiden sich von außen nur marginal. Mit Lüfter und MicroUSB-Buchse ist die S6-Version aber ein bisschen besser ausgestattet.

DK2 Dafür bietet die Gear ein Drehräddchen für die Dioptrieneinstellung. Auch wenn sich die beiden Linsen nicht unabhängig anpassen lassen, war ein Kollege mit -5,75 Dioptrien zufrieden mit der Bildschärfe. Die Gear-VR-Halterungen lassen sich auch einigermaßen angenehm über einer Brille tragen.

Die Gehäuse für S6 (Edge) und Note 4 unterscheiden sich nur leicht: Da die S6-Smartphones kleiner sind als das Note 4, fällt auch die Gear-VR-Halterung etwas filigraner aus. Außerdem hat die S6-Halterung eine MicroUSB-Buchse, sodass man das eingesteckte Smartphone während des Tragens aufladen kann. Das ist durchaus praktisch, wenn man bei einem spannenden Spiel keine Zwangspause einlegen will. Zudem hat Samsung der S6-Variante einen aktiven Lüfter spendiert. Bei der Note-4-Version kann es im Dauerbetrieb zu einer „Brille abnehmen, um Überhitzung zu vermeiden“-Fehlernachrichten kommen – aufgefallen ist uns das in unserem Langzeittest aber nur ein einziges Mal.

Für die Software-Integration zeichnet unter anderem Entwickler-Legende John Carmack (Wolfenstein, Doom, Quake) verantwortlich. Samsung habe ihm (und dem Mobile-SDK) Low-Level-Zugriff auf CPU und GPU der Smartphones gewährt, erklärte Carmack im Gespräch mit c't wissen. Schließlich müsse das System permanent 60 Bilder pro Sekunde liefern, ansonsten breche der Mittendrin-Effekt zusammen. Wie in der Rift-DK2-Brille stecken in den Galaxy-Smartphones OLED-Displays, die im „Low-Persistence“-Modus angesteuert werden: Jedes Frame ist nur für wenige Millisekunden zu sehen, den Großteil der Zeit bleibt das Bild schwarz. Das verhindert sehr wirkungsvoll den hässlichen Nachzieh-Effekt, den man bei der DK1 noch deutlich sehen konnte. Allerdings takten die Displays nur mit 60 Hertz, also mit 15 Hertz weniger als das der DK2. Extrem sensible Menschen könnten bei der Gear VR also ein Flimmern wahrnehmen, im Test fiel es jedoch keinem der c't-Tester auf.

Apps für die Gear VR kauft und wählt man durch Kopfbewegungen aus – sobald man das Note 4 an die Brille steckt, läuft die komplette Bedienung in der virtuellen Realität.



Samsung-Gear-VR-Versionen

Gerät	Samsung Gear VR Innovator Edition	Samsung Gear VR Innovator Edition for S6
Hersteller	Samsung (in Zusammenarbeit mit Oculus VR)	
Systemanforderung	Samsung Galaxy Note 4 (Modelle mit Snapdragon- und Exynos-CPU)	Samsung Galaxy S6 oder S6 Edge
Laufzeit ¹	3,75 Stunden	3,25 Stunden
Gewicht	528 g (inkl. Smartphone)	530 g (inkl. Smartphone)
Besonderheiten	–	integrierter Lüfter, MicroUSB-Anschluss
Preis	200 € (plus 590 € fürs Smartphone)	200 € (plus 630 € fürs Smartphone)

¹ getestet mit Kino-App „Oculus Cinema“ in Helligkeitsstufe 7 auf Android 5.0.1 (Note 4) beziehungsweise 5.0.2 (S6)

Ein klarer Vorteil der Gear VR gegenüber der DK2: Mit 2560 × 1440 Pixeln haben die Displays der unterstützten Galaxy-Smartphones fast 80 Prozent mehr Bildpunkte als der Full-HD-Bildschirm der Oculus Rift DK2. Die höhere Pixel-dichte macht sich besonders in den detaillierten Rundum-Fotos der App „Oculus 360 Photos“ bemerkbar. Leider ist der Fliegengittereffekt ähnlich ausgeprägt wie bei der DK2 – die Pixel sind zwar kleiner, die Lücken dazwischen aber nicht. Leider ebenfalls bei beiden Brillen gleich: die Bildfehler durch chromatische Aberrationen.

Software satt

Aber genug an der Hardware herumgemeckert: Die Gear VR macht trotz nicht perfekter Bildqualität extrem viel Spaß, und das liegt vor allem an der überzeugenden Software. Besonders der App-Launcher trägt dazu bei, dass sich die Brille wie ein Consumer-Produkt anfühlt. Auf der Hauptseite sind stets die sechs zuletzt verwendeten Apps zu sehen, alle anderen findet man in der „Library“. Etwas verwirrend: Es gibt getrennte Oculus- und Samsung-App-Stores, die komplett identisch aussehen. VR-Apps aus Googles Play Store (für Cardboard und Co.) laufen nicht auf der Gear VR.

Zu Redaktionsschluss haben wir insgesamt 65 verfügbare Gear-VR-Apps gezählt, alle mit durchgängig hoher Qualität (siehe Empfehlungen ab Seite 52). Schade allerdings: Obwohl die ältere Note-4-Variante erst wenige Monate im Handel ist, gibt es bereits einige Apps, die nur mit den leistungsstärkeren Galaxy-6-Smartphones laufen.

Insgesamt ist für die Oculus Rift DK2 deutlich mehr Software verfügbar, meist handelt es sich aber um schnell zusammenprogrammierte Kleinst-Demos. Spiele machen ungefähr die Hälfte der Gear-VR-Apps aus, die andere Hälfte sind sogenannte „Experiences“, also zum Beispiel virtuelle Spaziergänge durch chinesische Tempel oder Tauchgänge im Meer. Während diese „Erlebnisse“ sowie alle Spiele mit Computergrafik realisiert sind, gibt es auch etliche kurze 360-Grad-Videos mit Realfilmmaterial – unter anderem kann man in einem Hubschrauber über Island fliegen oder zusammen mit Paul McCartney auf der Bühne stehen. Die

Rundumvideos sind leider überall verstreut: Einige stecken in einzelnen Apps, andere sind in Oculus‘ „360 Videos“ und in VRSE zu finden. Eigene 360-Grad-Filmchen lassen sich zum Beispiel in „360 Videos“ abspielen.

In der sehr gelungenen App Oculus Cinema kann man konventionelle 2D- oder 3D-Video-dateien bewundern – eine Rundumsicht hat man damit dennoch, denn die App simuliert ein Heimkino-Wohnzimmer, einen Kinosaal oder ein „Autokino“ auf dem Mond. Filme gucken macht damit großen Spaß – besonders im Zug oder Flugzeug. Ein Wermutstropfen ist allerdings die geringe Auflösung des Displays.

Fazit

Die Gear VR ist das erste vollwertige Virtual-Reality-Gerät, das auch Nicht-Nerds in Gang setzen können. Das Eintauchgefühl ist deutlich besser als Smartphone-VR per Pappbrille und kann sogar mit der Oculus Rift DK2 mithalten. Abstriche muss man dennoch machen, vor allem haben wir das Positionstracking vermisst. Grafisch sehen die Gear-VR-Apps toll aus, viele Apps kann man nur mit Mühe von ihren Oculus-Rift-Pendants unterscheiden. Trotzdem: Ein fetter Gaming-PC bietet natürlich eine höhere Grafikleistung als ein Smartphone.

Dafür bietet die Gear VR kabellosen VR-Spaß mit einfacher Bedienung und hochwertigem App-Angebot. Bislang gibt es allerdings nur 65 Titel, viele davon Demos – wir hoffen, dass das Angebot schnell größer wird. Die Frage ist nur: Verkauft sich das teure Teil (mindestens 590-Euro-Smartphone plus 200-Euro-Brille) gut genug, damit sich die Arbeit an Gear-VR-Apps für Entwickler lohnt? Dass die Brille nicht mit anderen Smartphones funktioniert, ist für den Markt-erfolg ein großes Hindernis. Gleichzeitig bietet der Fokus auf die drei derzeit aktuellen Samsung-Geräte Vorteile: Ähnlich wie bei Spielkon-solen können Entwickler ihre Software auf die Hardware-Plattform optimieren, müssen weniger Kompromisse eingehen und haben einen deutlich geringeren Test-Aufwand. Schade ist, dass die Gear-VR-Halterungen nicht „mitwachsen“: Samsung will für jede neue Smartphone-Generation eine neue Halterung auf den Markt bringen.

(ijk) 

Zeit für einen Tapetenwechsel

ct special Umstieg auf Linux
Sanfter Wechsel von Windows XP, 7, 8

Aktuelle Software - auch auf alter Hardware
Daten und Programme von Windows mitnehmen
Mühelos durch den Linux-Alltag

Linux komplett:
32- und 64-Bit-Version
mit allen Anwendungen
für Office, Multimedia
und Internet

Ubuntu 14.04.2

Neuauflage
erweitert und mit
neuer DVD

» Für Sie inklusive: Linux-Komplettpaket 32- und 64-Bit-Version mit allen Anwendungen
für Office, Multimedia und Internet

Bestellen Sie Ihr Exemplar für 6,90 €*:

shop.heise.de/ct-linux-2015 service@shop.heise.de
Auch als eMagazin erhältlich unter: shop.heise.de/ct-linux-2015-pdf

*portofreie Lieferung für Heise Medien- oder Maker Media Zeitschriften-Abonnenten oder
ab einem Einkaufswert von 15 €

heise shop

shop.heise.de/ct-linux-2015

VR-Brille von AntVR

Das Virtual-Reality-Headset des chinesischen Herstellers AntVR sah in der Kickstarter-Projektbeschreibung vielversprechend aus: endlich mal eine VR-Brille, der ein passender Controller beiliegt. Umso enttäuschter waren wir, als wir das Teil endlich im Testlabor hatten: Das Sehfeld ist viel kleiner als das der Oculus Rift – statt das Blickfeld auszufüllen, zeigt AntVR einen fetten Rand ums Bild. Anders als die Oculus-Brillen arbeitet das AntVR-Gerät nicht mit einem vorverzerrten Bildsignal. Man kann es mit ganz normalen Side-by-Side-3D-Bildern füttern, also zum Beispiel mit (YouTube-)3D-Videos oder, wenn man zum Beispiel einen 3D-Middleware-Treiber zwischengeschaltet hat, mit Spielen. Gut funktioniert das alles aber nicht: Sogar in den beiden herstellereigenen Demospiele spürt man eine deutliche Verzögerung bei Kopfbewegungen. Das Headtracking ist über eine Maus-Emulation umgesetzt – ein SDK, um echtes Headtracking zu bauen, gibt es unseres

Wissens nicht. Der Controller hat ebenfalls viel Kopfschüttel-Potenzial. Man kann ihn in drei Modi verwenden: als konventionelles Gamepad, als Analogstick mit Pistolengriff und, mit einem Aufsteckteil, als ausgewachsene Spielzeug-Knarre. Der kabellose Controller meldet sich aber nicht als Game-Controller an, sondern als Tastatur – hat man einen Texteditor gestartet, erscheinen beim Drücken von Controller-Tasten Buchstaben auf dem Bildschirm. Fazit: Die AntVR-Brille ist für VR-Anwendungen und -Spiele komplett ungeeignet. (jkj)



AntVR-Headset

Virtual-Reality-Brille

Hersteller	AntVR, www.antvr.com
Display	LCD mit 1920 × 1080 Pixel
Lieferumfang	Headset, Universal-Controller mit Pistolenaufsatzt, Tragetasche, Kabel, Entstaub-Blasebalg, USB-Dongle
Preis	rund 230 €(1499 Renminbi Yuan)

VR-Kappe VirtualVizor

Fehlt nur der Propeller“ war noch der harmloseste Kollegenkommentar zum Smartphone-Halterungshut VirtualVizor. Okay, wirklich cool sieht er tatsächlich nicht aus, doch die ungewöhnliche Konstruktion bietet einige handfeste Vorteile. Anders als die meisten günstigen Smartphone-Halterungen aus Pappe kann man den VirtualVizor beispielsweise komfortabel über mehrere Stunden auf dem Kopf tragen.

Der Bildeindruck unterscheidet sich stark von anderen VR-Halterungen. Die großen Fresnel-Linsen sorgen für ein knackscharfes Bild, das jedoch nicht wie bei Virtual Reality eigentlich gewünscht das komplette Sichtfeld ausfüllt. Der Hamburger Entwickler Dr. Can Ansay – der übrigens im Hauptberuf als Anwalt arbeitet – hat sich bei dem ungewöhnlichen, quadratischen Blickfeld durchaus etwas gedacht: Sein VirtualVizor soll die Lücke zwischen VR und entspanntem 3D-Fernsehen schließen. Tatsächlich fühlt

man sich mit Ansays Erfindung deutlich weniger abgekapselt als mit anderen VR-Geräten, im peripheren Sichtfeld nimmt man seine Umgebung immer noch wahr. Für VR-Puristen ist der VirtualVizor nichts, aber wer gern unterwegs (3D-) Videos schaut, könnte mit dem ungewöhnlichen Teil Spaß haben. Die klappbare Linsenaufhängung aus dem 3D-Drucker ist zwar clever gestaltet, wirkt aber ziemlich fragil. (jkj)

VirtualVizor

Virtual-Reality-Smartphone-Halterung

Hersteller	Dr. Can Ansay
Material	Bio-PLA (3D-gedruckt)
Gewicht	143 Gramm
Linsen	Fresnel, 50 mm Durchmesser, 63 mm Brennweite
Lieferumfang	Baseball-Cap, Smartphone-Aufhängung mit Linsen, Abdunklungshülle
Preis	49 €



Kamera für ugelpanoramen



Mit zwei Fischaugen-Objektiven bildet die Theta m15 ihre komplette Umgebung als 360-Grad-Foto oder -video ab. Die Aufnahmen kann man entweder platt als Rektangularprojektion bewundern oder sich darin virtuell mit Finger (Theta-App für iOS und Android) oder Maus (Webplayer) bewegen.

Richtig viel Spaß machen 360-Grad-Aufnahmen mit einer Virtual-Reality-Brille – hier kann man sich nämlich mit Kopfbewegungen umschauen. Wer eine Smartphone-VR-Halterung (zum Beispiel die diesem Heft beigelegte) hat, stellt einfach ein „PANO_“ vor den Dateinamen der Theta-JPGs und schon werden sie von der „Photosphere“-Funktion in Googles Android-Cardboard-App erkannt. Die Qualität der Fotos ist eher durchschnittlich: Auch bei guten Lichtverhältnissen erkennt man Bildrauschen, in dunklen Räumen wirds richtig körnig. Die Theta m15 sticht die beiden 180-Grad-Aufnahmen mit jeweils 3,2-Megapixeln automatisch zusammen, heraus kommen Fotos mit 3584×1792 Bildpunkten. Zoomt man hinein, wird es schnell pixelig. Löst

man die Kamera nicht mit dem Knopf am Gerät aus, sondern mit der (sehr gelungenen) Smartphone-App, lassen sich Empfindlichkeit, Weißabgleich und Belichtungszeit manuell einstellen. Das klappt bei Videoaufnahmen nicht – und leider gibt die Theta bewegte Bilder auch nur mit 1920×1080 Pixeln für den gesamten Rundumblick aus, die Aufnahmedauer ist auf drei Minuten beschränkt.

Während experimentierfreudige Fotografen Spaß mit der Theta m15 haben können, sollten ambitionierte Videofilmer besser auf eine der angekündigten spezialisierten Rundum-Videokameras warten. (jk)

Theta m15

360-Grad-Kamera

Hersteller	Ricoh, www.ricoh.de
Schnittstellen	MicroUSB, WLAN
interner Speicher	4 GByte (~1200 Fotos)
Akkulaufzeit	rund 400 Fotos
Preis (Straße)	300 €

ct

Lust auf eine
Veränderung?

Nutze jetzt deine
Chance auf Erfolg!

www.heise-jobs.de

heise
Jobs

dive
by DUROVIS
the original headset
for mobile devices

Durovis Dive 5
turn your smartphone into
a virtual reality headset



Magnet Kit
make your Dive 5 compatible
for cardboard applications

Durovis Dive 7
turn your 7-inch tablet into
a virtual reality headset



Dive Cardboard G1 & G2
your entry into mobile virtual reality
if you are on a budget

Join the Dive Revolution and visit us at
www.durovis.com

Durovis Dive is designed,
manufactured and marketed
by Shoojee GmbH & Co. KG



Virtual Reality auf der Game Developers Conference

Nach den Augen dürfen jetzt auch die Hände in die Virtual Reality eintauchen. Valve und HTC zeigen mit Vive das bisher fortschrittlichste VR-System, das neben einer Brille auch Hand-Controller umfasst. Die gesamte Spiele-Industrie, vom Indie-Programmierer über Engine-Entwickler bis zum Grafikkarten-Hersteller, sieht in der VR ihre Zukunft.

Von Roland Austinat und Hartmut Gieselmann

Das vor zwei Jahren von Oculus entfachte VR-Fieber hat inzwischen die gesamte Branche infiziert. Auf der Game Developers Conference (GDC) im März in San Francisco war es in diesem Jahr für jeden einzelnen der insgesamt 26 000 Besucher unmöglich, allen Vorträgen zum Thema Virtual Reality persönlich beizuwohnen. Im straffen Programm hätte man sich vier- oder fünfteilen müssen, um tatsächlich alle Berichte und Analysen zu den Fortschritten in der virtuellen Welt hören zu können.

Dabei hielt sich Vorreiter Oculus mit Neuanündigungen zurück. Offenbar muss das mit Dollar-Milliarden vollgepumpte Start-up einige Wachstumsschmerzen verarbeiten. Erst im Juni nannte es den Termin für die Auslieferung der Rift-Brille an die Konsumenten. Auf der GDC erzählte Technik-Chef John Carmack aus dem Stegkreif, mit welchen Tricks er Samsung-Handys für den Gear-VR-Adapter flottmachte, damit Anwender einen guten ersten Eindruck von der VR bekommen, ohne dass ihnen dabei gleich übel

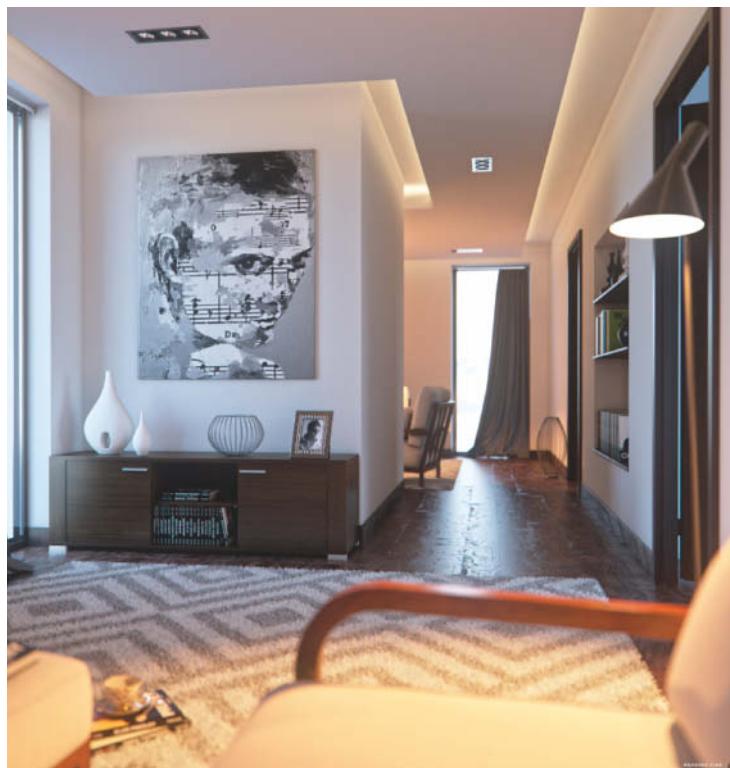


Bild: Dereau Benoit

wird. Auf dem GDC Expo Floor konnten sich Besucher des Oculus-Standes davon überzeugen, wie gut man sich auch unterwegs mit dem Gear-VR-Aufsatz von seiner Umgebung abschotten kann (Bild oben).

Der neue Adapter Gear VR 2 für Samsungs Galaxy S6 (siehe Test auf Seite 28) verhindert mit einem Ventilator ein Beschlagen der optischen Linsen und sorgt für Kühlung. Entwickler für Gear-VR-Programme können nun auch im Samsung-Shop Geld mit ihren Anwendungen verdienen. Carmack erwartet allerdings nicht, dass Samsung in diesem Jahr große Mengen der Gear-Systeme verkaufen wird. Dies wird wohl erst 2016 passieren. Samsung plane, alle sechs Monate ein verbessertes Modell von Gear VR zu veröffentlichen. Bei dieser hohen Schlagzahl

Was aussieht wie ein Foto aus „Schöner wohnen“, ist ein fotorealistisches Rendering der Unreal Engine 4. Architekten sollen damit künftig ihre Kunden zu VR-Besuchen in virtuellen Wohnungen einladen.



Valve überraschte mit Vive, einer VR-Brille mit Hand-Controllern und Laser-Trackern, deren Präzision bisherige Systeme in den Schatten stellt.



Sixense führte seine magnetischen Stem-Controller mit einer Jedi-Simulation vor, die allerdings nicht die Präzision eines MoCap-Systems erreichte.

werden die Systeme genauso schnell veralten, wie neue technische Kniffe die VR-Darstellung verbessern.

Mobilgeräte mögen zwar ausgewachsenen PCs in puncto Rechenleistung unterlegen sein, sie sind aber deutlich weiter verbreitet und deshalb laut Carmack besser geeignet, Anwendern auf der ganzen Welt einen ersten Einblick in die VR zu geben – dazu genügt notfalls bereits ein billiger Papp-Adapter für das Smartphone. Oculus fährt deshalb zweigleisig und forscht mit seinem koreanischen Partner Samsung an Mobil- und Desktop-Geräten. Gleichzeitig hat Oculus begonnen, mit Grafikkarten-Herstellern wie Nvidia und AMD sowie Grafik-Konsortien wie der Khronos Group zu kooperieren, um neue Industrie-Standards für VR-Geräte zu etablieren, die die Einbindung in Treiber und die Unterstützung von Entwicklungsumgebungen sicherstellen.

95 Prozent aller VR-Spiele für die Rift würden mit Unity entwickelt. Dessen neue Version Unity 5.1 unterstützt das Oculus SDK auch in seiner kostenlosen Personal Edition. Mit ihr können auch Hobby-Entwickler und wenig technisch bewanderte Designer mithilfe von Physically Based Shadern fotorealistische Oberflächen erzeugen, die täuschend echt wie Metall, Holz oder Stoff aussehen und Licht physikalisch korrekt reflektieren. Zudem experimentiert Oculus mit neuen 360-Grad-Kameras für VR-

Filme wie Samsungs „Project Beyond“. Carmack erwartet jedoch bessere Ergebnisse, wenn Aufnahmen von Lichtfeld-Kameras für VR genutzt werden können, was allerdings noch etwas länger dauern wird.

Derweil rüstet auch Epic seine Unreal Engine 4 für VR auf und zeigte unter anderem fotorealistische Innenraum-Renderings, die dank Physically Based Shading und Lighting aussahen, als seien es Fotos aus einem Schöner-Wohnen-Magazin. Architekten sollen damit virtuelle Besichtigungen umsetzen, in denen Anwender komplett möblierte virtuelle Wohnungen mit einer VR-Brille besuchen. Spieler können derweil an einer Neuauflage des Shooters „Unreal Tournament“ mitwirken, den Epic mithilfe der Community entwickelt und kostenlos mit allen Sourcen unter www.unrealtournament.com verteilt.

Laser-Leuchttürme

Standards werden bald unumgänglich sein, wenn Programmierer mit ihrer Software den stetig wachsenden Zoo an VR-Geräten unterstützen wollen. Hatte im vergangenen Jahr Sony mit der Morpheus-Brille ihr großes VR-Coming-out, so war es in diesem Jahr Valve Software, die für die größte Überraschung sorgte. Zusammen mit HTC stellte Valve sein VR-System Vive vor, dessen Möglichkeiten weit über

Zwei Laser-Tracker in gegenüberliegenden Raumecken senden ein Laser-Muster aus, mit dessen Hilfe Sensoren in Brille und Controller des Vive-Systems ihre Position überall im Raum äußerst exakt bestimmen.



Bild: Valve

die der bisherigen Oculus-Brillen hinausgehen. Denn Valve hat in den vergangenen drei Jahren nicht nur an einer VR-Brille geforscht, sondern auch an geeigneten Eingabegeräten, die ein direktes Hantieren mit VR-Objekten ermöglichen – und das mit einer Präzision, die bislang teuren Profi-Systemen für Motion Capturing vorbehalten war.

Statt auf sündhaft teure High-Speed-Kameras setzt Valve auf Laser-Tracker. Der Anwender braucht lediglich einen leeren Raum, in dessen gegenüberliegende Ecken er zwei kleine Würfel platziert (Lighthouse genannt), die rotes gepulstes Laser-Licht in einem bestimmten Muster aussenden. Das Laser-Licht trifft auf optische Sensoren, die über die Außenseite der Vive-Brille und zwei Schirme am Ende von zwei Hand-Controllern verteilt sind. So können Brille und Controller überall im Raum ihre genaue Position und Richtung bestimmen. Das Ganze funktioniert so präzise, schnell und ohne Drift, dass der Anwender den virtuellen Raum genauso stabil und realistisch wahrnimmt wie die reale Umgebung.

Im Vergleich erreicht derzeit kein anderes bezahlbares VR-System eine solch hohe Genauigkeit. Oculus und Sony tracken ihre Brillen lediglich mit einer Kamera, die einen wesentlich kleineren Bewegungsradius abdeckt und weniger exakt arbeitet. Sixense zeigte eine fast fertige Version seiner Stem-Controller, die ihre Po-

sition anhand eines Magnetfeldes ermitteln. In einer Jedi-Simulation, die dem von uns im Herbst vorgestellten MoCap-System von Benjamin Teitler frappierend ähnlich war, konnte man mit zwei Lichtschwertern gegen eine Drohne kämpfen. Allgemein war das Tracking recht gut, jedoch störten immer wieder kleine Sprünge und Schwankungen den Realismus der VR-Umgebung. Stem soll im Verlauf des Jahres zu Preisen ab 390 US-Dollar für drei Tracker plus Basis-Station auf den Markt kommen.

Vive la Vive

Zurück zu Vive: Rund ein halbes Dutzend kurzer Demos hatte Valve vorbereitet, um die Möglichkeiten des Systems aufzuzeigen. Ihnen allen war gemein, dass der Anwender sich genauso durch den virtuellen Raum wie durch den realen Raum bewegt. Valve hat sämtliche Bewegungsparameter penibel abgestimmt, sodass die reale Körperhaltung, Kopf- und Handbewegungen 1:1 in die VR übernommen werden. So verhindern die Entwickler mulmige Situationen, die sonst die Simulator-Übelkeit auslösen.

Einmal kalibriert, erkennt das System auch die realen Wände des Raums. Damit der Anwender sich nicht stößt, blendet Valve automatisch ein Energie-Gitter ein, sobald er sich einer Wand nähert. Unter der VR-Brille sieht er auch genau die Position der beiden Controller für die linke

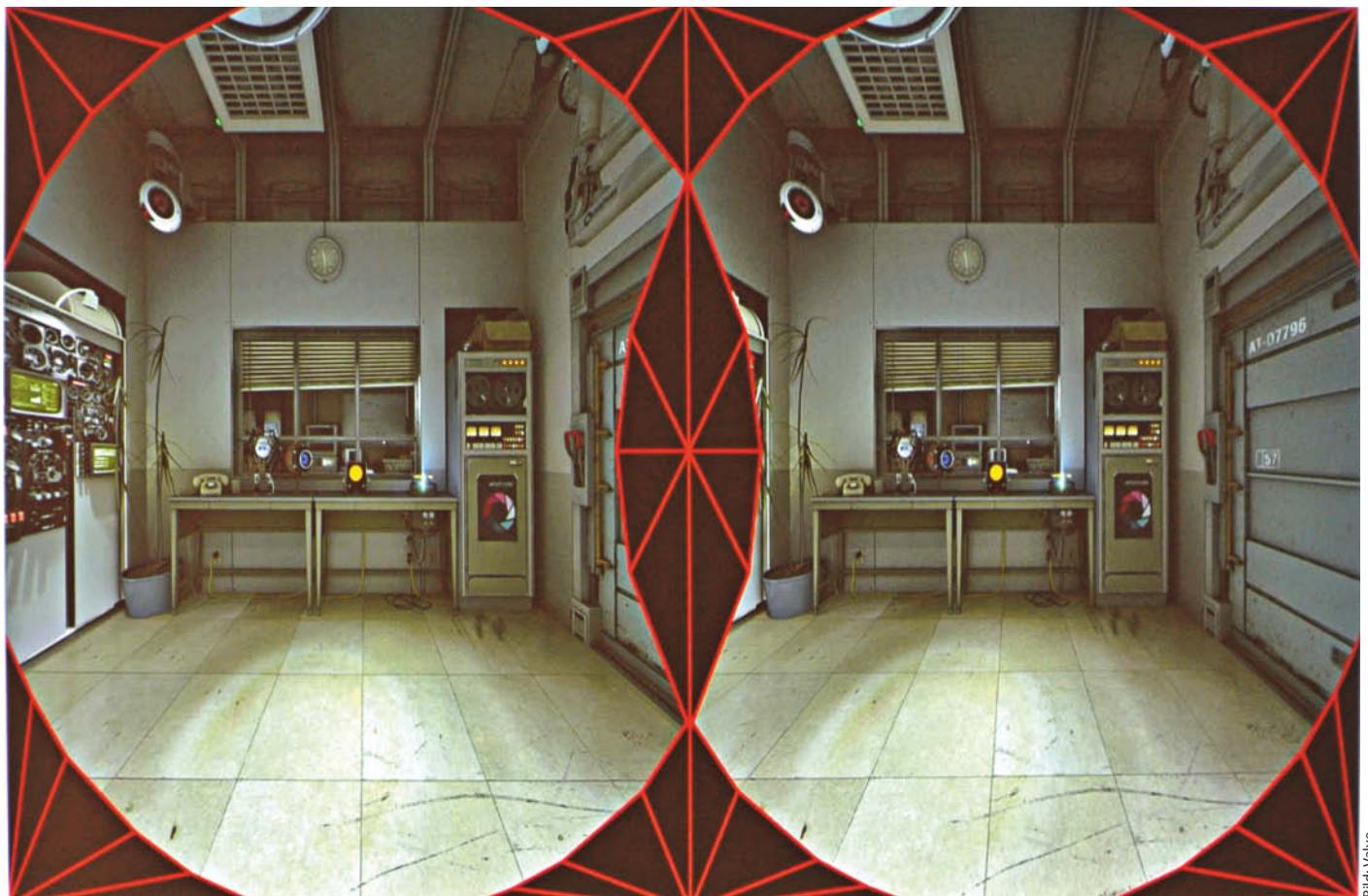


Bild: Valve

Um die Zahl der zu berechnenden Pixel zu verringern, filtert Valve mit einer Mesh-Schablone alle aus, die der Spieler unter der Brille eh nicht sieht.

und rechte Hand. Beide ähneln Sonys Move-Controllern für die Playstation. Per Daumen bedient man ein rundes Touchpad, auf dem man beispielsweise in einem Malprogramm die Pinselfarbe und Liniensorte auswählt. zieht man mit dem Zeigefinger am Abzug, so umfasst die virtuelle Hand ein Objekt, öffnet beispielsweise eine Schublade oder holt ein Ei aus einem virtuellen Kühlschrank, um es anschließend in einen Topf oder aber gegen die Wand zu werfen. Zwei weitere Taster an den Controller-Seiten können mit zusätzlichen Greif-Funktionen belegt werden - wenn man so will, machen die Vive-Controller einen virtuellen Pinzettengriff möglich. Ohne sie ist man zwar mittendrin, aber nicht dabei.

In einer an Portal angelehnten Roboter-Simulation zeigte Valve, wie wichtig ein präziser Controller im virtuellen Raum ist. Als Spieler sollte man unter Zeitdruck einen Roboter reparieren, dessen Innereien sich wie eine Explosionszeichnung im Raum vor einem öffneten. Die Control-

ler musste man an den richtigen Sensorpunkten einklinken und Zahnräder in Position drehen. Als das nicht klappte, wurden die virtuellen Wände eingerissen und der Spieler fuhr in einem offenen Fahrstuhl durch eine riesige Halle. Da der Spieler nicht endlos in eine Richtung laufen kann, müssen Entwickler neue Erzählformen - etwa aus dem Theater - übernehmen, sodass der Spieler an Ort und Stelle eine abwechslungsreiche Story erlebt.

Grob geglättet

Valve forscht bereits seit drei Jahren an dem Vive-System. Zehn Prozent der 350 Beschäftigten des Unternehmens sind damit betraut. Eine Entwickler-Version wurde bereits an erste Studios ausgeliefert, der offizielle Verkauf an Konsumenten vor Weihnachten beginnen. Derzeit sind die Controller zwar noch per Kabel angebunden, die finale Version soll jedoch auf Funk-Controller umsteigen. Die Brille wird weiterhin

an einer HDMI- und USB-Strippe am Rechner hängen. Der Grund ist die hohe Übertragungsrate, für die es bislang keine kabellosen Transmitter gibt.

Das OLED-Display der Vive-Brille arbeitet mit einer Auflösung von 2160×1200 Pixeln, die mit 90 Hz angesteuert werden. Ein Low-Persistance-Modus, der jeden Frame nur kurz aufzulockern lässt, verhindert Schmier-Effekte bei Kopfbewegungen. Valve deckt einen Blickwinkel von 110° ab – etwas größer als bei Sony und Oculus, wodurch man weniger den Eindruck hat, durch eine zu kleine Taucherbrille in die VR-Welt zu blicken. Jedes Pixel besteht zudem aus drei RGB-Subpixeln – Kontrast und Helligkeit sind merklich höher als bei der neuesten Crescent-Bay-Version der Oculus Rift.

Zwar arbeitet die Vive-Brille mit einer etwas höheren Auflösung als Oculus Rift oder Sonys Morpheus, der Fliegengitter-Effekt ist aber weiterhin sichtbar. Um die Grafik zu verbessern, rendert Valve deshalb die 1,4-fache Auflösung (3024×1680 Pixel) und glättet Kanten mit 8xMSAA. Dazu müssten die Shader der Grafikkarte 457 Millionen Pixel pro Sekunde berechnen. Weil die optischen Linsen das Bild verzerrten und der Spieler deshalb nicht alle Pixel sieht, werden unsichtbare Bereiche über eine Mesh-Schablone ausgeschnitten, sodass letztlich nur 378 Millionen Pixel pro Sekunde zu berechnen sind – etwa dreimal so viel wie bei einem Full-HD-Monitor mit 60 Hz. Valve und HTC blicken jedoch bereits auf die zweite Vive-Generation mit einem 4K-Display. Wie bei Oculus werden also auch hier in den nächsten Jahren in kurzen Abständen immer neue VR-Systeme auf den Markt kommen.

VR-Grafiktreiber

Diese Entwicklung spornst natürlich auch andere Hardware-Hersteller an. Denn bei solch hohen Bildraten kommt selbst die derzeit schnellste GPU ins Schwitzen. Deshalb arbeiten sowohl Nvidia als auch AMD an VR-Grafiktreibern, die auf die speziellen Ansprüche der VR-Brillen eingehen. Nvidia nennt seinen Treiber VR Direct. Er unterstützt Fermi-, Kepler- und Maxwell-GPUs bislang nur in DirectX 11; eine OpenGL-Anbindung ist in Arbeit. AMD nennt seinen Treiber Liquid VR, der mit allen GCN-Karten ab 2011 zusammenarbeitet. Beide Treiber bieten im Großen und Ganzen die gleichen Funktionen. In puncto Entwicklungszeit scheint AMD einen leichten Vorsprung zu haben, da sie ihren Treiber bereits mit Valve auf deren SteamVR-API abstimmen konnten und zusammen maßgeblich die Entwicklung des OpenGL-Nachfolgers Vulkan vorantreiben.

Beide Treiber reduzieren den Aufwand für stereoskopisches Multiview-Rendering, indem sie für das rechte und linke Auge nur die Teile doppelt berechnen, die sich tatsächlich unterscheiden. Vor allem minimieren sich dadurch Zugriffe auf den Texturspeicher. Zudem verkürzen die Treiber Latenzen, indem nur noch ein Frame gepuffert und für die gleichmäßige VSync-Darstellung auf den von Oculus entwickelten Asynchronous Timewarp (ATW) zurückgegriffen wird. Kommt der Renderer in einer besonders komplexen Szene einmal nicht hinterher und berechnet den neuen Frame zu langsam für die eingestellte VSync-Rate, dann wird einfach der vorige Frame genommen und kurz mit den aktuellen Positionsdaten aus dem Kopfsensor verschoben. So kommt es nicht zum befürchteten Judder, wenn die aktuelle Framerate unter die des Bildschirms fällt.

Zudem verbessern AMD und NVidia den SLI-Modus für VR-Spiele, bei dem jede GPU die Bilder für ein Auge berechnet. Dadurch soll das gefürchtete Mikro-Ruckeln verhindert werden, das sonst bei der Berechnung des jeweils nächsten Bildes durch eine GPU auftreten kann.

Kombiniert man diese Verbesserungen mit den weiteren Effizienz-Steigerungen, die für DirectX 12 und Vulkan erwartet werden, so dürften einzelne High-End-Grafikkarten im kommenden Jahr tatsächlich dazu in der Lage sein, VR-Spiele für Vive mit allen Details in 90 Hz zu rendern.

Der Morpheus-Trick

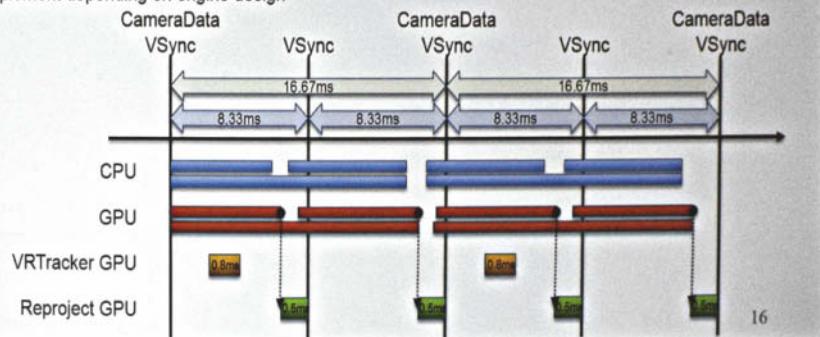
Sony muss für seinen VR-Helm Morpheus mit der wesentlich geringeren Rechenleistung einer PS4 auskommen. Gegenüber dem ersten Prototyp vom Vorjahr hat Sony vor allem das Display verbessert. Das neue OLED-Display in Full-HD-Auflösung arbeitet nun mit bis zu 120 Hz. Dank Low-Persistance-Darstellungen gehören die verschmierten Bilder bei Kopfbewegungen der Vergangenheit an. Weil die PS4 bei einer Framerate von 120 Hz allerdings zu wenig Zeit hätte, um jedes Bild schön zu rendern, bedient sich Sony eines Tricks: Tatsächlich rendert die Konsole in den meisten Fällen nur 60 Bilder pro Sekunde, gleicht jedes davon jedoch zweimal mit den aktuellen Daten des Kopftrackers ab – eine Art doppelter Timewarp.

Verbessert hat Sony auch den Tragekomfort. Die am Kopfband befestigte VR-Brille lässt sich besser auf Brillenträger abstimmen und zwischendurch wegklappen, wenn man mal zur Chipstüte greifen will. Über die Anschlussbox wird die Brille zwischen Konsole und Fernseher eingeklinkt, sodass auch Mitspieler beobachten können, was der VR-Spieler sieht. Ein integriertes Mikrofon soll zudem Chats vereinfachen.

Sony will Morpheus in der ersten Hälfte 2016 auf den Markt bringen und zeigte auf der GDC diverse kleine Demo-Szenen. Preise nannte Sony nicht. Da es sich jedoch um ein Konsolenzubehör handelt, wären mehr als 400 Euro wohl schwer vermittelbar. Für das Positionstracking benötigt man zudem die PS-Kamera, die auch die Position des PS4-Gamepads und der Move-Controller verfolgen kann.

Render at 60Hz/120Hz, reproject to 120Hz

- Split scene into two render passes
 - Foreground or fast moving objects at 120Hz - 7.8ms per frame
 - Background or slow moving objects at 60Hz - 16.1ms per frame
 - ~500µs per 120Hz frame needed for reprojection and distortion
- May be tricky to implement depending on engine design



Mit einem Trick schafft es Sony, die Bildrate von 60 Hz auf 120 Hz zu erhöhen und die Latenzen seines Morpheus-Helms für die PS4 zu reduzieren. Bei Bedarf lassen sich die Berechnungen für Vorder- und Hintergrund aufteilen.

Bild: Sony

Im Unterschied zu Oculus setzen Sony und Valve auf VR-Systeme, die bereits eigene Controller mitbringen, sodass Entwickler sich hier auf ein genau definiertes Hardware-Setup konzentrieren können. Dies vereinfacht die Entwicklung von VR-Spielen, die zurzeit noch immer im Wesentlichen aus kleinen Demos und Experimenten sowie erweiterten PC-Spielen bestehen. Um ihre VR-Systeme zum Erfolg zu führen, werden Sony und Valve nicht umhin kommen, selbst neuartige und spezialisierte VR-Spiele zu entwickeln, die Spieler langfristig in ihren Bann ziehen, ohne dass ihnen aufgrund einer schlechten Abstimmung übel wird. Als Kontrolleur des eigenen Playstation-Online-Shops könnte Sony zumindest sicherstellen, dass dort nur solche VR-Spiele verkauft werden, die einem gewissen Standard genügen.

Googles Tango

Im Vergleich zu VR hinken brauchbare Systeme für Augmented Reality (AR) hinterher. So sind Googles Experimente mit dem „Project Tango“ noch weit von einer Marktreife entfernt. Google stattet dazu Tablets neben Kameras mit 3D-Scannern aus, die ähnlich wie die Kinect-Kamera ein Tiefenbild der Umgebung berechnen und somit 3D-Abbilder von Innenräumen aufnehmen. Bei den auf der GDC gezeigten Prototypen war die Positionsbestimmung allerdings noch ungenau. Das 3D-Abbild wurde nur mit einer Rate von 2 bis 5 Bildern pro Sekunde aktualisiert. Zwar sah man bereits erste AR-Demos, in denen auf den Tablet-Displays virtuelle Objekte in die reale Umgebung projiziert wurden, die Darstellung war jedoch schwächer als in den AR-

Spielen, die man von der PSP oder 3DS kennt. Neue 3D-Sensoren könnten die Scan-Qualität verbessern. So zeigte Softkinetic eine neue Miniatur-Version seiner Time-of-Flight-Kamera, dessen Sensor man künftig in Tablets und Smartphones einbauen könnte.

Raus in die Natur

Wer bei all dem VR-Spielzeug Angst bekommt, dass seine Kinder künftig gar nicht mehr vom Bildschirm wegzulocken sind, kann mit ihnen in Zukunft einen AR-Spielplatz besuchen, wie ihn Biba und PlayPower derzeit in den USA entwickeln. An den realen Rutschen und Schaukeln können Eltern QR-Codes mit der Biba-App scannen, woraufhin sich der Spielplatz in eine virtuelle Roboter-Absturzstelle verwandelt, auf der ihre Kinder AR-Abenteuer erleben können. Aus der Rutsche wird dann eine Autorennbahn, die das Kind schnell durchlaufen muss. Nach jeder Rutsch-Runde tippt es auf das Smartphone und ermittelt seine Rundenzeiten, selbst ein virtueller Boxenstop zum Nachtanzen ist vorgesehen. Oder aus dem Klettergerüst wird ein virtueller Eiffelturm. Die AR-Spiele von Biba umfassen rund ein halbes Dutzend solcher Wettkämpfen, Schatzsuchen und kooperativen Spiele. Entwickelt wurde das Konzept von Greg Zeschuck, der bis 2012 die Rollenspiel-Entwicklung bei Bioware leitete. Neben Spielplätzen von PlayPower sollen auch andere Spielplätze für die Biba-App nachgerüstet werden können. Dann brauchen Kinder künftig nicht einmal mehr im Sandkasten ihre eigene Fantasie zu bemühen - schön wird sie, die neue virtuelle Welt.

(hag)

Video-Demo von der GDC:

www.ct.de/hb1506034

Ihr Allrounder

Von Webdesign über sauberen Quellcode
bis zur Pflege Ihrer Website

12 Monate Webspace gratis
Buchen bis 31.07.2015

www.ctspecial.de

ct Web Design Programmierung Management

Cheat-Sheet zum Raustrennen

Blog-Praxis
Automatisieren, Social Media, CMS

Werkzeuge ausreizen
GitHub, Grunt, Sublime ...

Leichter Einstieg mit
Website-Baukästen

Schneller zum Ziel mit HTML, CSS, JavaScript

Das Web-Kompendium

Jetzt für nur
9,90 €
bestellen.

shop.heise.de/ct-web-2015 service@shop.heise.de
Auch als eMagazin erhältlich unter: shop.heise.de/ct-web-2015-pdf

Generell portofreie Lieferung für Heise Medien- oder Maker Media Zeitschriften-Abonnenten
oder ab einem Einkaufswert von 15 €

 **heise shop**

shop.heise.de/ct-web-2015



Ausprobiert: Zukünftige Virtual-Reality-Brillen im Praxis-Check

Alle reden von der Oculus Rift – aber genau genommen gibt es die Brille noch gar nicht zu kaufen, ebenso wenig wie Sonys Project Morpheus und die Vive von HTC und Valve. Wir haben Prototypen der zukünftigen Brillen trotzdem bereits ausprobiert.

Von Roland Austinat, Hartmut Gieselmann und Jan-Keno Janssen

Die Virtual-Reality-Welle hat sich in gewaltige Höhen aufgeschaukt –, obwohl es noch gar keine VR-Brillen für den Massenmarkt gibt. So ist die Oculus Rift – inzwischen Synonym für Virtual Reality und Begründer des Hypes – zurzeit nur als Entwicklerversion erhältlich (siehe Test auf Seite 20). Diese „Developer Kits“ dürfen zwar auch Nicht-Entwickler kaufen, aber die Inbetriebnahme ist viel zu fummelig für ein Mainstream-Produkt. Wer dann sogar eines der wenigen Entwickler-Kits des Vive-Headsets von HTC und Valve oder Sonys Project Morpheus haben will, muss sich hochoffiziell als Entwickler bewerben, zu kaufen gibt es die Geräte nicht.

In den Geschäften findet man daher zurzeit ausschließlich VR für Smartphones: Einmal die

unzähligen rein mechanischen, universellen Handyhalterungen (wie die beigelegte Pappbrille) und für höhere Ansprüche die mit eigener Sensorik ausgestattete Gear VR von Samsung (Test auf Seite 28). Aber obwohl die Samsung-Brille ganz normal im Handel ist, vermarktet der Hersteller sie noch als „Innovators Edition“. Das bedeutet für die Kunden übersetzt: Bitte nehmt uns die Kinderkrankheiten nicht krumm.

Ganz anders die angekündigten „Consumer“-Brillen: Die richten sich explizit nicht an fummelfreudige Virtual-Reality-Freaks, sondern an ganz normale Computerspieler und Unterhaltungselektronik-Freunde. So hat Oculus VR seit der Vorstellung ihres ersten Entwicklermodells im Jahr 2012 immer wieder kommuniziert, dass sie erst



Die finale Oculu Rift Brille soll im ersten Quartal 2016 kommen. Mit im Karton: Eine Tracking-Kamera (links) und ein Xbox-One-Controller.

auf den Markt gehen, wenn die Technik reibungslos funktioniert. Und das scheint nun tatsächlich bald so weit zu sein: Oculus will im ersten Quartal 2016 liefern, Sony mit Project Morpheus im ersten Halbjahr 2016, der Konkurrent HTC mit der Vive-Brille sogar noch in diesem Jahr. Kein Hersteller hat sich bislang getraut, einen konkreten Preis zu nennen. Wir gehen davon aus, dass die Brillen in einem Preisrahmen von 300 bis 500 Euro bleiben.

Damit Sie schon einen Vorgesmack davon bekommen, was Sie erwarten, haben wir Vorab-Versionen aller drei Brillen auf Messen in Las Vegas, Los Angeles und San Francisco ausprobiert - und uns außerdem mit Razer OSVR, Fove und StarVR auch ein paar unbekanntere Headsets geschnappt.

Oculus Rift, Consumer-Version („CV1“)

Oculus VR hat gegenüber der Konkurrenz einen zeitlichen Vorsprung: Schließlich löste das Unter-

nehmen den jüngsten - und bislang größten - Virtual-Reality-Hype im Alleingang aus, während andere Hersteller die neue Technik noch gar nicht auf dem Schirm hatten. Außerdem konnte Oculus nach einem 2-Milliarden-Dollar-Verkauf an Facebook im großen Stil Entwickler-Talente einstellen. Unter anderem gehört „Doom“-Entwickler und Programmier-Legende John Carmack zum Oculus-Team.

Im Vergleich zur aktuell erhältlichen Entwicklerversion DK2 wurde die Consumer-Rift an unterschiedlichen Stellen stark verbessert: Das Gehäuse ist leichter, sitzt besser auf dem Kopf und soll angenehmer über einer Brille zu tragen sein. Es kommt nicht wie bislang ein einzelnes OLED-Display zum Einsatz, sondern zwei. Die Auflösung pro Auge erhöht sich von 960×1080 auf 1080×1200 Pixel, die Bildwiederholfrequenz wird von 75 auf 90 Hertz gesteigert. Die höhere Auflösung fordert allerdings ihren Tribut: Als offizielle Hardware-Empfehlung gibt Oculus einen Windows-PC mit mindestens 8 GByte RAM, einer Intel-i5-4590-CPU (ca. 200 Euro) und einer Highend-Grafikkarte



Oculus' futuristische „Touch“-Hand-Controller müssen Rift-Besitzer extra kaufen.

wie die Nvidia GTX 970 oder AMD Radeon R9 290 (ca. 300 Euro) an. Außerdem sind zwei USB-3.0-Anschlüsse und ein freier HDMI-Port notwendig.

Wir haben den Crescent-Bay-Prototypen ausprobiert, der laut Oculus der Consumer-Version bereits stark ähnelt. In der Demo wird man von einem Furcht einflößenden Tyrannosaurus Rex angefaucht (fliegende Sabbertropfen inklusive), balanciert auf einem Wolkenkratzer und wird Zeuge, wie ein Industrieroboter mit einer Gummiente kuschelt. Zum Abschluss schwebt man durch eine wilde Zeitlupen-Actionszene – ein echtes Erlebnis! Dass der neue Prototyp so überzeugt, liegt nicht nur am exzellenten Headtracking, sondern auch an der Bildqualität: Anders als bei der DK2-Version ist das Pixelraster deutlich weniger sichtbar.

Maßgeblich zum Mittendrin-Gefühl trägt auch der neue, bereits ins SDK integrierte 3D-Ton mit HRTF-Technik bei: Die Audioausgabe ändert sich entsprechend der Kopfposition. Das klappt bereits gut, auch wenn die Übergänge bei schnellen Bewegungen ein wenig abrupt klingen.

Erstmals wird die Consumer-Rift auch eine eigene Bedienoberfläche haben, die sich komplett mit aufgesetztem Headset nutzen lässt. „Oculus Home“ erinnert stark an die gleichnamige Oberfläche des Smartphone-Headsets Gear VR; hier kann man Software kaufen, herunterladen und starten. Neu ist die VR-Preview-Funktion. Statt einfacher Screenshots oder Videos wird das Programm hier kurz in voller Virtual-Reality-Pracht gezeigt. Im Store selbst wird die Oculus-Mutter Facebook aufpassen, dass nur „familienfreundliches“ Material angeboten wird (also vor allem keine nackte Haut). Laut Oculus sei es aber grundsätzlich möglich, auch an anderen Stellen gekaufte Software zu starten – es gibt also keinen Store-Zwang wie bei der Gear VR.

Eine – etwas enttäuschende – Überraschung ist der mitgelieferte Controller: Im Karton wird ein ganz normales Xbox-One-Gamepad liegen. Der von vielen Fans erwartete Spezial-Controller für VR soll etwas später als das Headset auf den Markt kommen und kostet extra. Das ungewöhnliche Peripheriegerät gibts im Doppelpack, für jede Hand eines. Die ergonomisch geformten Controller merken mithilfe von Sensoren, wenn Daumen und Zeigefinger ausgestreckt sind. Bei unserem Selbstversuch gaben wir unserer Reiseführerin in die virtuelle Welt, die sich im Nebenraum befand, ein „Daumen-hoch“-Signal, denn nach ein, zwei Minuten war uns das Bewegen unserer virtuellen Hände in Fleisch und Blut übergegangen.

Wir sahen die Hände und das Headset der Oculus-Mitarbeiterin ebenfalls in unserer virtuellen Welt und sprachen mit ihr über das ins Rift eingebaute Mikro. Je nach Demo sahen und hörten wir die Dame mal vor und mal neben uns. Das konnten wir in den Rift-Ohrmuscheln präzise orten.

Man kann mit dem ungewöhnlichen Controller viel machen: Wir stapelten Blöcke, schoben Spielzeugautos auf dem vor uns stehenden Tisch und nahmen einen Roboter auseinander, dessen Gliedmaßen mit Magneten verbunden sind. Mit unserer Begleitung spielten wir uns ein paar Tischtennisbälle zu, dann zerdepperten wir in einer Schießbude Porzellanhasen mit Laserpistole und Zwillie. Mit einem Feuerzeug zündeten wir eine Wunderkerze an, an der wir eine richtige Kerze entfachten – und an der einen Silvesterkracher. Vor der Explosion wollten wir uns instinktiv wegducken, so realistisch wirkte die brennende Lunte.

Auch wenn manche der Demos eigentlich simple Alltagsaktivitäten simulierten: So viel



Die überzeugende Vive-Brille, eine Gemeinschaftsproduktion von HTC und Valve, soll noch 2015 in den Handel kommen. Ein Preis steht noch nicht fest.

„Project Morpheus“ von Sony für die PS 4-Konsole hat noch keinen offiziellen Produkt-namen, soll aber schon im ersten Quartal 2016 erhältlich sein.



Spaß wie Toy Box hatte uns eine VR Demonstration selten gemacht. Das lag auch daran, dass wir nicht alleine in der virtuellen Welt unterwegs waren. Stattdessen haben wir sie gemeinsam mit einer Begleitperson erforscht, die uns Gegenstände reicht oder mit uns wie beim Tischtennis interagiert.

Ein solches Mittendrin-Gefühl hatten wir zuletzt nur bei HTCs Vive-System, das ebenfalls auf zwei „Hand-Controller“ setzt.

HTC Vive

Das gemeinsam vom Mobilgeräte-Hersteller HTC und der Spielefirma Valve entwickelte Vive-Headset entpuppte sich als Überraschung des Jahres. Das Erstaunliche: Der Vive-Prototyp kann nicht nur mit der Rift mithalten, sondern ist in einigen Beziehungen sogar besser. So funktioniert das externe Headtracking nämlich nicht mit einer einzelnen Infrarot-Kamera (wie bei Oculus), sondern mit Laser-Trackern, die man in den Raum-Ecken anbringt. Während die Rift mit ihrer Kamera nur einen kleinen Aktionsbereich abdeckt, man also in der VR möglichst am Schreibtisch sitzen bleibt, kann man sich mit der Vive in einem bis zu 25 Quadratmeter großem Raum frei bewegen. In Sachen Optik gleichen sich Vive und Rift nahezu komplett: 90-Hz-OLED-Display, 1080 × 1200 Pixel pro Auge. Das Blickfeld könnte sich etwas unterscheiden, konkret untersuchen können wir das aber erst, wenn beide Geräte auf dem Markt sind.

Bei unserem halbstündigen Test einer Vorab-Version der Vive bemerkten wir auch bei schnellen Kopfbewegungen keine Schlieren – wie bei der Rift bleibt jeder Frame immer nur wenige Millisekunden stehen („Low Persistence“).

Das Besondere an Vive sind die beiden Laser-Tracker – genannt Lighthouse –, mit denen sich das System von allen Konkurrenzprodukten absetzt. Die Tracker bestehen aus zwei kleinen Würfeln, die in gegenüberliegenden Ecken des Zimmers platziert werden. Jeder Würfel projiziert zwei flackernde rote Laser, die in horizontaler

und vertikaler Richtung verlaufen. Die Würfel dienen nur als Lichtquellen und müssen lediglich mit einer Stromquelle, aber nicht mit dem Rechner verbunden werden. Die eigentlichen Sensoren sitzen außen auf der Brille verteilt und auf zwei kleinen Schirmchen am Ende der Hand-Controller. Anhand der Lighthouse Laser-Tracker kann das System die Position und Richtung der Brille und der beiden Controller auf den Millimeter genau überall im Raum bestimmen. So sieht der Spieler auch unter der VR-Brille genau, wo sich seine Hände befinden. Der Rest des eigenen Körpers wurde bei unserem Testlauf nicht dargestellt.

Zur Steuerung hält der Spieler zwei Controller in der Hand, die Sonys Move ähneln. Der Daumen bedient ein rundes Touchpad, hinzu kommen ein Abzug für den Zeigefinger sowie Taster an den Seiten, die eine Greifbewegung registrieren können. Hält der Spieler die Controller in der Hand, kann er in der VR-Umgebung ihre Position genau sehen und somit intuitiv mit seinen Händen agieren. Das System arbeitet verzögerungsfrei und ohne Drift. Der Prototyp braucht noch Kabel, die Verkaufsversion der Controller soll aber per Funk funktionieren.

Der Spieler selbst hängt lediglich mit der Brille an einem HDMI-Kabel. Diese Nabelschnur ist laut Valve nötig, weil es derzeit keine HDMI-Transmitter gibt, die Full-HD-Bilder mit 90 Hz übertragen können. Valve und HTC kalkulieren über das erste Vive-System hinaus bereits in nachfolgenden Gerät-Generationen mit höher auflösenden 4K-Displays und wollen deshalb aus Performancegründen zunächst an einer Kabelübertragung festhalten. Im Spiel muss man zwar etwas aufpassen, dass man sich nicht im Kabel verheddet, es störte jedoch weniger als zunächst befürchtet.

Bei unserer Demonstration konnten wir mehrere Dutzend kleine Szenen durchspielen, in denen man sich frei im Testraum bewegt. Damit der Spieler nicht gegen reale Wände stößt, blendet Valve eine Art Energiegitter in die VR-Welt



Löblicher Open Source-Ansatz, bislang schlechte Ausführung: Razers OSVR-Brille.

ein, obald man ich einer realen Wand nähert Valves Entwicklungsumgebung SteamVR merkt sich die Position der Wände für alle Spiele, so dass man sie nur einmal im Vive-Setup eingeben muss.

Das Ganze funktioniert hervorragend, man wähnt sich umgehend in einer virtuellen Traumumgebung und vergisst die reale Umgebung. In den kurzen Demos sahen wir einen riesigen Wal vorbeischwimmen und konnten anschließend in einer virtuellen Küche mit den Hand-Controllern eine Suppe zubereiten. Weil die Proportionen genau stimmten und das System jede noch so kleine Bewegung des Kopfes und der Hände 1:1 umsetzte, kam uns die Küche extrem real vor.

In einer dritten Demo wurden aus den Controllern Leuchtpinsel, mit denen wir schwebende Leuchtbahnen in den Raum malen konnten, so wie man sie von den Langzeitbelichtungsfotos von Taschenlampenmalern her kennt. Schließlich hatte Valve eine an Portal 2 erinnernde Szene nachgebaut, in denen man einen komplizierten Roboter reparieren sollte. Seine Innenreien fächerten sich im Raum auf, wir konnten mit den Controllern an den Schrauben drehen. Schließlich stürzten die Wände des Testraums ein und wir schwebten wie in einem Fahrstuhl durch eine riesige Fabrik. So schafft es Valve, Spieler in eine sich verändernde und bewegende Umgebung zu versetzen und eine Geschichte erleben zu lassen, obwohl wir uns in der Realität stets im gleichen Raum von vielleicht 10 bis 12 Quadratmetern befanden.

Valve und HTC wollen Vive als Komplettsystem mit Brille, Controllern und Lighthouse-Lasern verkaufen, sodass Spieler zu Hause mit dem Komplett-Set eine eigene VR-Cave errichten können. Die Genauigkeit des Systems ist mit dem auf Seite 80 vorgestellten 20 000-Dollar-MoCap-System vergleichbar. Die Positionserkennung arbeitet deutlich exakter als Sonys Morpheus-System mit seinen Move-Controllern und trägt wesentlich zum Gefühl bei, dass man die VR-Umgebung als realistisch akzeptiert und in ihr versinkt.

Sony Project Morpheus

„Project Morpheus“ von Sony ein offizieller Produktname ist noch nicht vergeben - soll ausschließlich mit Playstation-4-Konsolen funktionieren, nicht wie Rift und Vive mit PCs. Sonys VR-Brille kommt voraussichtlich etwas später auf den Markt als die Konkurrenz, die Rede ist vom „ersten Halbjahr 2016“. Die technischen Details sind aber bereits bekannt: Ein einzelner OLED-Bildschirm mit 1920×1080 Pixeln zeigt jedem Auge 960×1080 Bildpunkte; das Display läuft mit 120 Hertz. Bei Rift und Vive sind es nur 90. Und: Laut Sony arbeitet das Display mit vollen RGB-Pixeln. Bei der Konkurrenz könnten unschärferne PenTile-Pixelanordnungen mit einem Drittel weniger Subpixeln zum Einsatz kommen. Die Japaner verraten wie die Mitbewerber noch keinen konkreten Verkaufspreis, nur so viel: Die Brille dürfe preislich nicht über der PS4 (zurzeit 400 Euro) liegen, schließlich sei es ja ein Peripheriegerät der Konsole.

Bei unserem Testlauf mit Project Morpheus gefiel uns die Ergonomie gut, obwohl das Headset mehr ein Helm ist als eine Brille. Morpheus wird mit einem Band fest um den Kopf geschnallt. Das Anpassungssystem ist durchaus ausgeklügelt, weiche Polster sorgen für einen sehr bequemen Sitz. Das Gewicht lastet auf dem vorderen Schädel und nicht auf der Nase, sodass das Headset wohl auch bei längeren Sessions nicht drückt. Man kann seine Brille aufbewahren und schiebt die Linsen der VR-Optik so weit wie möglich heran. Wenn man aufgepasst hat, dass der Kopfbügel nicht die Ohren verdeckt, kann man gleich den Kopfhörer aufsetzen, der an die Brille angeschlossen werden soll.

Zur Steuerung der VR-Spiele fährt Sony mehrgleisig. Da wären der VR-Helm mit nun neun Tracking-LEDs sowie einem Mikrofon; die PlayStation-Kamera nebst Mikrofon-Array und der Dualshock-4- sowie die Move-Controller. Sonys API ermöglicht die gleichzeitige Verwendung

Die Fove Brille ist mit ihrer Eye-Tracking-Technik sehr innovativ, aber bei Weitem noch nicht so durchentwickelt wie Rift, Vive und Morpheus.



beziehungsweise Kombination aller Eingabegeräte im gleichen Koordinatensystem.

Das Sony-Team arbeitet insbesondere daran, den Dualshock-4-Controller in virtuelle Welten zu integrieren. Laut der Entwickler sorgt die Abbildung des Gamepads in der Spielwelt für ein noch tieferes Eintauchen in die Spielumgebung. Dabei kann der ungewöhnliche Avatar mehr als in der Realität: Aus dem Trackpad klettern putzige Roboter, aus der erleuchteten Frontseite fliegen Shuriken-Wurfsterne. Eine Geisterjagd mit Staubsauger-Aktionen erinnert an Ghostbusters, in einem Flugspiel wachsen dem Dualshock 4 Triebwerke.

Razer OSVR

Razer springt ebenfalls auf den VR-Zug auf und will in diesem Jahr seine OSVR-Brille veröffentlichen. Die Abkürzung steht für Open Source Virtual Reality. Hard- und Software sind mit der Apache-2.0-Lizenz offen für eigene Bastelarbeiten. Dabei lockt OSVR mit besonders günstigen Preisen. Das „Hacker Development Kit“ soll für 200 US-Dollar verkauft werden. Wir konnten die Hardware bereits antesten.

Das äußere Design wurde nahezu 1:1 von der Oculus Rift DK2 übernommen. Auch die technischen Daten lesen sich zunächst ähnlich: OLED-Display mit 1920×1080 Bildpunkten (960×1080 Pixel pro Auge) und einer Bildwiederholrate von 60 Hz. Den Unterschied merkt man erst, wenn man die Brille das erste Mal aufsetzt: Während Oculus sein System auf geringe Latenz getrimmt hat, zieht bei der OSVR das Bild den eigenen Kopfbewegungen stark verspätet hinterher. Irrgendetwas scheint mit dem Motion-Tracker nicht ganz zu stimmen, denn Bewegungen werden nur sehr schwammig übertragen. Die ganze VR-Welt schwankt wie ein Schiff bei hohem Seegang.

Tricks wie die Low-Persistence-Darstellung, bei dem jedes einzelne Bild nur wenige Millisekunden angezeigt wird, um zu verhindern, dass das Bild verschmiert, beherrscht die OSVR

offensichtlich ebenso wenig wie den „Asynchronous Timewarp“, mit dem Bilder erst im letzten Moment mit der Tracker-Position abgeglichen werden.

Nicht einmal eine Minute hielten wir es unter der Brille aus und mußten den Test leicht benommen abbrechen. Razer hat bei Weitem nicht die finanziellen Mittel wie Oculus, Valve oder Sony und hofft, dass ihr System aufgrund der Open-Source-Lizenz eine weitere Verbreitung findet. Für Razer kann man nur hoffen, dass bald ein fähiger „Hacker“ die Probleme des Systems verringert.

Fove VR

Die Fove-Brille hat mit ihrer 2560×1440 -Pixel (1280×1440 pro Auge), dem 5,8-Zoll-Display eine höhere Auflösung als die meisten anderen Virtual-Reality-Brillen. Was Fove allerdings vor allem auszeichnet, sind die zwei Infrarot-Eye-Tracking-Sensoren (für jedes Auge einer). Damit soll es unter anderem möglich sein, den Schärfepunkt - wie in der Realität - mit den Augen zu steuern oder in Spielen mit den Augen zu zielen beziehungsweise Blickkontakt mit virtuellen Figuren aufzunehmen. Ein früher Fove-Prototyp, den wir Anfang 2015 auf der CES ausprobieren konnte, machte technisch bereits einen ordentlichen Eindruck –, obwohl zwischen Pupillenbewegung und Darstellung auf dem Display noch rund 50 Millisekunden vergingen. Ein am ersten Messestag nicht funktionierender zweiter Prototyp arbeitet doppelt so schnell, beteuerte Fove-Gründer Lochlainn Wilson. Während im ersten Prototypen noch zwei konventionelle Infrarot-Kameras werkeln, kommen im zweiten modifizierte Kameras zum Einsatz.

Über eine Crowdfunding-Kampagne bei Kickstarter hatte Fove bis zu unserem Redaktionsschluss rund eine halbe Million eingesammelt. Die Macher peilen einen Verkaufspreis von 400 US-Dollar pro Brille an. Im Mai 2016 sollen die ersten Pakete an die Unterstützer verschickt werden.

Angekündigte Virtual-Reality-Brillen

Gerät	Oculus Rift („CV1“, Consumer-Version)	HTC Vive (entwickelt mit Valve)	„Project Morpheus“ (noch kein offizieller Name)
Systemanforderungen	Windows-Gaming-PC	Windows-Gaming-PC	Playstation 4
Displaytechnik	OLED mit 90 Hz	90 Hz (Technik noch unklar)	OLED mit 120 Hz (volle RGB-Pixel, kein PenTile)
Displayauflösung	2160 × 1200 Pixel (zwei separate Displays 1080 × 1200 pro Auge)	2160 × 1200 Pixel (zwei separate Displays, 1080 × 1200 pro Auge)	1920 × 1080 Pixel (ein Display, 960 × 1080 pro Auge)
Anschlüsse	1 × HDMI 1.3, 2 × USB 3.0	1 × HDMI, 1 × USB 3.0, 1 × USB 2.0 (kabellose Variante geplant)	Anschlussbox mit HDMI und USB 3.0, zweite HDMI-Buchse für Fernseher
Tracking	intern (Accelerometer, Magnetometer, Gyrometer) plus extern (Infrarot-Kamera)	intern (Accelerometer, Magnetometer, Gyrometer) plus extern (zwei Laser-Tracker)	intern (Accelerometer, Magnetometer, Gyrometer) plus extern (Playstation-Kamera)
Controller	XBox-One-Controller (mitgeliefert), Touch-Handcontroller (optional)	zwei Handcontroller (mitgeliefert)	Playstation-4-Pad und Move-Controller
geplanter Termin	Rift: erstes Quartal 2016 Touch-Controller: erstes Halbjahr 2016	Weihnachten 2015, Developer-Versionen werden bereits an Entwickler verschickt	erstes Halbjahr 2016
Preis	noch unklar	noch unklar	noch unklar

Spezifikationen zum Teil noch nicht bestätigt

Die Fove Entwickler Yuka Kojima und Lochlainn Wilson sind optimistisch, den Termin einzuhalten. Sie müssen die Produktion nämlich nicht als Einzelkämpfer über die Bühne bringen: Das Projekt entsteht innerhalb des extrem gut ausgestatteten DMM.make-Hackerspace im Tokioter High-Tech-Viertel Akihabara. Trotz Innovationsbonus: Wir gehen nicht davon aus, dass die ersten Fove-Brillen ein so überzeugendes Mittendrin-Gefühl wie Rift, Vive oder Morpheus liefern können.

StarVR

Auf dem Papier hat die Newcomer-Virtual-Reality-Brille StarVR deutlich mehr zu bieten als die Konkurrenz von Oculus & Co.: Sage und schreibe 5120 × 1440 Pixel sollen die beiden 5,5-Zoll-Displays im Headset insgesamt anzeigen (pro Auge 2160 × 1440), deutlich mehr als Rift und Vive.

Aber: Da StarVR mit 210 Grad auch ein viel größeres Sichtfeld bietet als die Konkurrenz, ist der Auflösungsvorteil schnell verpufft – schließ-

lich müssen die Pixel über einen vielfachfach größeren Blickwinkel verteilt werden. Zum Vergleich: Die zweite Entwicklerversion der Oculus Rift erreicht 100 Grad, was bereits für ein ordentliches Mittendrin-Gefühl sorgt. 210 Grad schafft der menschliche Sehapparat – wenn überhaupt – nur mit extremen Augenbewegungen. Für die Umsetzung der Kopfbewegungen in die virtuelle Welt werden wie bei der Rift die Daten von Gyroskop, Beschleunigungssensor und Magnetometer mit Kameratracking kombiniert.

Entwickelt wurde die StarVR-Brille vom französischen Unternehmen InfinitEye, das vom Softwareentwickler Starbreeze aufgekauft wurde. Zu den ersten von StarVR unterstützten Spielen gehört der First-Person-Shooter „The Walking Dead“. Zum Preis und Erscheinungsdatum schweigt sich Starbreeze bislang aus. Ob StarVR nur auf dem Datenblatt oder auch in der Praxis beeindruckt, wissen wir nicht – von allen hier erwähnten Brillen ist es die einzige, die wir noch nicht ausprobieren konnten. (jkj) 



Das StarVR-Headset hat die höchste Auflösung aller angekündigten Brillen. Ob sie auch für das beste Mittendrin-Gefühl sorgt, muss sich noch zeigen.

PRESS ANY KEY TO START!

retro GAMER ALTI

260 SEITEN DER ULTIMATIVE GUIDE FÜR KLASSENHEITLICHE SPIELE

retro GAMER SPEZIAL 1/2015

SONDERHEFT

DIE BESTEN RETRO-SPIELE

Über 70 der wichtigsten Retro-Games ausführlich vorgestellt

260 Seiten KLASSIKER FÜR HOME-COMPUTER, KONSOLE UND MOBIL

Jetzt im Zeitschriftenhandel erhältlich oder
gleich für 14,95 € bestellen unter:

shop.heise.de/retro-gamer-spezial

Googles Virtual-Reality-Offensive

Auf der I/O-Konferenz zeigte Google nicht nur eine neue Cardboard-Smartphone-Halterung, sondern auch VR-Technik fürs Klassenzimmer und ein Kamerasystem für 360-Grad-Videos.

Von Jan-Keno Janssen

Auf der I/O Konferenz im letzten Jahr nahmen viele Besucher die Virtual-Reality-Handy-Halterung „Google Cardboard“ noch als ulkigen Scherzartikel wahr. In diesem Jahr zeigte Google nun, wie ernst man Virtual Reality dort nimmt: VR war nicht nur ein Hauptthema der Eröffnungsrede, es wurden auch spannende VR-Produkte angekündigt.

Cardboard funktioniert ebenso einfach wie faszinierend: Man startet eine kompatible App auf dem Smartphone, steckt das Telefon in die Papphalterung und hat sofort eine echte Virtual-Reality-Brille. Die Bildqualität erreicht nicht ganz das Niveau von Oculus Rift & Co., das Mittendrin-Gefühl beeindruckt aber fast genauso.

Google verkauft die Papphalterung nicht selbst, hat den Bauplan aber zur freien Verfügung ins Netz gestellt. Wer nicht selber basteln will, kann einen von diversen Nachbauten kaufen oder die Halterung auf diesem Heft nutzen. Eine Million an Cardboards soll schon im Umlauf sein. Für Android stehen unzählige Cardboard-kompatible Apps zur Auswahl; für iOS ebenfalls hunderte. Inzwischen gibt es auch eine offizielle Cardboard-App für Apple-Telefone. Dank eines SDK müssen Entwickler beispielsweise die Sensorsauswertung fürs Headtracking nicht mehr selbst programmieren. Auf der I/O-Konferenz Ende Mai verteilte Google „The new Cardboard“: Die neue Version der Papphalterung funktioniert auch mit Smartphones bis 6 Zoll problemlos (zuvor ging das nur mit Biegen und Brechen). Außerdem stecken mit einem Durchmesser von 37 mm und einer Brennweite von 50 mm etwas

größere Linsen drin (zuvor 25 mm Durchmesser, 45 mm Brennweite). Zur Interaktion kommt ein Stempelmechanismus zum Einsatz: Ein Knopf an der Papphalterung drückt einen Schaumstoff-Stempel auf den Touchscreen. Der zuvor eingesetzte Magnetschalter funktionierte mit etlichen Handys nicht zuverlässig. Einige Drittanbieter wie „I am Cardboard“ verkaufen die neue Cardboard-Variante bereits, obwohl Google die Baupläne im Netz bis Redaktionsschluss nicht aktualisiert hat.

Künftig will Google die Low-Budget-VR-Brillen auch Schulen zur Verfügung stellen. Mit dem Projekt „Expeditions“ sollen Lehrer über ein Tablet die Ansicht mehrerer VR-Brillen steuern können. Mit verschiedenen Institutionen arbeitet Google an neuen unterrichtstauglichen VR-Inhalten.

Apropos Inhalte: Während man mit Spiele-Engines wie Unity recht leicht virtuelle computer-generierte Räume bauen kann, ist die Aufzeichnung stereoskopischer 360-Grad-Realfilme noch ziemlich schwierig. Das will Google ändern: „Project Jump“ unterstützt Filmemacher mit einer Halterung zur Verbindung mehrere Kameras, einem Stitching-Webservice und einer 360-Grad-Videofunktion für YouTube.

Auf der I/O zeigte Google eine erste „Jump-kompatible“ VR-Kamera-Halterung, die mit dem Action-Kamera-Hersteller GoPro entwickelt wurde. Sie richtet 16 GoPro-Kameras vom Typ Hero4 in einem Ring aus, um stereoskopische Videos in 360 Grad aufzuzeichnen. Der Spaß ist allerdings nicht ganz billig: Eine Hero4-Kamera kostet zurzeit mindestens 350 Euro – bei 16 Stück kommen 5600 Euro zusammen. (jk) ct



In Googles erster 360-Grad-Kamerahalterung stecken 16 GoPro-Actioncams.

Die neue Cardboard-Version hat größere Linsen und einen Stempelschalter. Außerdem passen Smartphones bis 6 Zoll hinein.



FÜR ROOTINERS.

iX. WIR VERSTEHEN UNS.

**Jetzt auch für Android!
Das Mini-Abo testen:**

3 Hefte + 16GB USB-Stick nur 13,50 Euro
www.iX.de/digital



Sie wollen Zugriff auf alle Fakten? Nehmen Sie ihn sich – iX ab sofort auch als Android-App. Testen Sie 3 aktuelle Ausgaben jetzt komplett papierlos auf Ihrem Android/iOS-Tablet & -Smartphone per HTML5 oder PDF zum Vorzugspreis. Jetzt zugreifen: www.iX.de/digital



Die besten VR-Apps

Auf den folgenden 14 Seiten stellen wir unsere VR-Software-Favoriten für Android, iPhone, Gear VR und Oculus Rift vor. Bewertet haben wir neben dem Spaßfaktor auch das Übelkeitsrisiko.

VRSE

Statt sich im ganzen Netz nette 360-Grad-Filmchen zusammenzuklauben, kann man auch einfach VRSE installieren: Hier gibt es einige der beeindruckendsten VR-Videos überhaupt zu sehen.

Chris Milk gehört zu den Pionieren in Sachen Virtual-Reality-Video. Seine Produktionsfirma VRSE.works hat bereits Hunderte von Auszeichnungen eingeholt. Mit der VRSE-App kann man sich einige der besten Videos von Milk und seinen Kollaborateuren in voller Virtual-Reality-Pracht anschauen – bislang komplett kostenlos. „Evolution of Verse“ ist unser Favorit, etwas kitschig zwar, aber technisch extrem gut gemacht. Wer nicht zusammenzuckt, wenn der Zug anrauscht, arbeitet vermutlich als Bombenentschärfer. Toll ist auch das von VRSE.works produzierte Björk-Musikvideo „Stonemilker“. Das gibt es allerdings bislang nicht in der VRSE-App, sondern nur auf YouTube – aber das beherrscht ja inzwischen auch VR-Headtracking (*kostenlos*).





Cmoar Roller Coaster

Achterbahnen sind klar das VR Metier und zwar auch auf dem Smartphone. Von den Dutzenden Apps gefiel uns der überraschende Cmoar Roller Coaster am besten. Ebenfalls gut: Dive City Coaster (*Cmoar 2,36 Euro, kostenlose Demoversion erhältlich / Dive City Coaster kostenlos*)

Spaßfaktor



Übelkeitsfaktor



Läuft auf



Glitcher VR

Virtual Reality und Augmented Reality verbindet Glitcher VR: Man sieht die Welt durch die Smartphone-Kamera und „verschönert“ sie durch diverse Filter. Das ist zwar ein wenig irritierend und schlägt auf den Magen – dafür fühlt man sich ein bisschen wie Terminator (*kostenlos*)

Spaßfaktor



Übelkeitsfaktor



Läuft auf



Go Show

Es mag seltsam erscheinen, sich ein Smartphone vor den Kopf zu schnallen, um ein Video in einem virtuellen Kinosaal zu gucken. Tatsächlich ist das aber gar keine so schlechte Idee, wenn man sich ein wenig von der Außenwelt abkapseln will (zum Beispiel im Flugzeug). Unter Android klappt das sehr gut mit Go Show, die App unterstützt neben lokalen Videodateien auch YouTube im Stream (*4,31 Euro, kostenlose Demoversion erhältlich*).

Spaßfaktor



Übelkeitsfaktor



Läuft auf



Defend Santa's Grotto

In dem knuffigen VR-Spiel verteidigt man die Süßigkeiten-Vorräte des Weihnachtsmanns mit Schneebällen gegen – logisch – diebische Schneemänner. Defend Santa's Grotto gehört zu den sehr wenigen Apps, die den Cardboard-Magnetschalter unterstützen – sogar auf dem iPhone (*kostenlos*).

Spaßfaktor



Übelkeitsfaktor

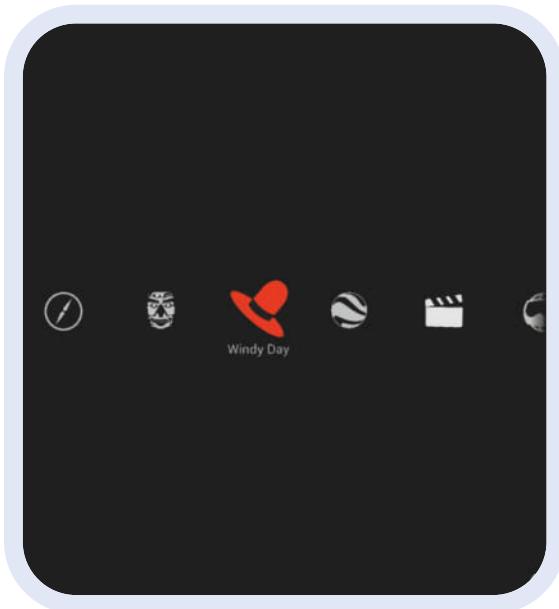


Läuft auf



Google Cardboard

Googles offizielle Cardboard-App ist ein kleines Funktionsmonster: Launcher für VR-Apps, YouTube-Kino, 360-Grad-Foto-Viewer, Pappbrillenkonfigurator ...



It der Cardboard App kann man ziemlich lange Spaß haben: Sie bietet nicht nur hübsche Google-Earth-Flüge über Manhattan oder den Grand Canyon, sondern spielt auch beliebige YouTube-Videos in einem virtuellen Kino ab. Am besten gefällt uns der Photosphere-Viewer, in dem man sich eigene, mit dem Smartphone fotografierte Kugelpanoramen ansehen kann. Leider fehlt dieser in der iPhone-Version – zumindest kann man hier unter „Explorer“ von Profis fotografierte Panoramen bewundern (*kostenlos*)

Spaßfaktor



Übelkeitsfaktor



Läuft auf



+ Android / iPhone

Caaaaardboard!

Dass ein Smartphone heftige Höhenangst hervorrufen kann, war uns bislang neu. Caaaaardboard! beweist, dass das tatsächlich funktioniert – und sogar Spaß macht.

Während man in der echten Welt vermeiden sollte, von Hochhäusern zu springen, kann man das in Caaaaardboard! (mit fünf „a“) ausprobieren. Das Spiel ist auch in einer Windows-Variante für die Oculus Rift erhältlich und heißt dort: „AaaaaAAaaaAAAaaAAAAaAAAAA for the Awesome“ (25 „a“). Das Ziel beider Titel: Beim Herunterfallen nirgendwo anstoßen und möglichst viele Bonuspunkt-Schilder aufzusammeln. Profitipp: Unbedingt im Stehen spielen (1,59 Euro für Android, 9,99 Euro für Windows).

Spaßfaktor



Übelkeitsfaktor



Läuft auf



Oculus® (DK1/2) und



+ Android



Half-Life 2

Spiele aus der Egoperspektive sind prädestiniert für VR – dachte man zumindest. Der Klassiker Half-Life 2 zeigt anschaulich, warum das eben nicht funktioniert.

Spaßfaktor



Übelkeitsfaktor



Läuft auf



Das inzwischen 11 Jahre alte Half-Life 2 gehört zweifellos zu den visionärsten Spielen aller Zeiten. Umso schöner, dass Entwickler Valve immer noch neue Updates dafür veröffentlicht. Eines bringt dem Klassiker hochoffiziell eine VR-Ansicht für die Oculus Rift bei. Das Ganze sieht toll aus und ist kompetent umgesetzt: So sind beispielsweise Blick und Waffenhand entkoppelt. Aber: Spielen kann man es nicht länger als wenige Minuten – dann setzt bei den meisten Menschen Übelkeit ein. Wir hoffen darauf, dass es mit einem VR-Laufstall wie dem Omni (siehe Seite 26) auch ohne Grummeln im Magen klappt (9,99 Euro über Steam).



Titans of Space

Falls es tatsächlich schon VR-Software-Klassiker gibt, gehört *Titans of Space* auf jeden Fall dazu. Der Weltraum-Rundflug läuft auf fast allen aktuellen VR-Plattformen.

Um zu verstehen, warum VR toll ist, muss man nur *Titans of Space* ausprobieren. Der größtenteils selbstlaufende Weltraum-Rundflug sieht auf einem konventionellen (2D-)Display schnarchlangweilig aus, erzeugt mit VR-Brille aber Gänsehaut. Zu Klaviermusik zuckelt man gemächlich durchs All und lernt dabei allerlei Interessantes über unser Sonnensystem. Die Smartphone- und Gear-VR-Version sieht genauso aus wie die Oculus-Variante – es fehlt allerdings (noch) der 3D-Effekt (*kostenlos*).

Spaßfaktor



Übelkeitsfaktor



Läuft auf

- Oculus® (DK1/2)
- Samsung Gear VR
- + Android

Erfrischend anders!

Workshop mit Jana Mänz: Erfolgreich mit natürlichen Familienfotos

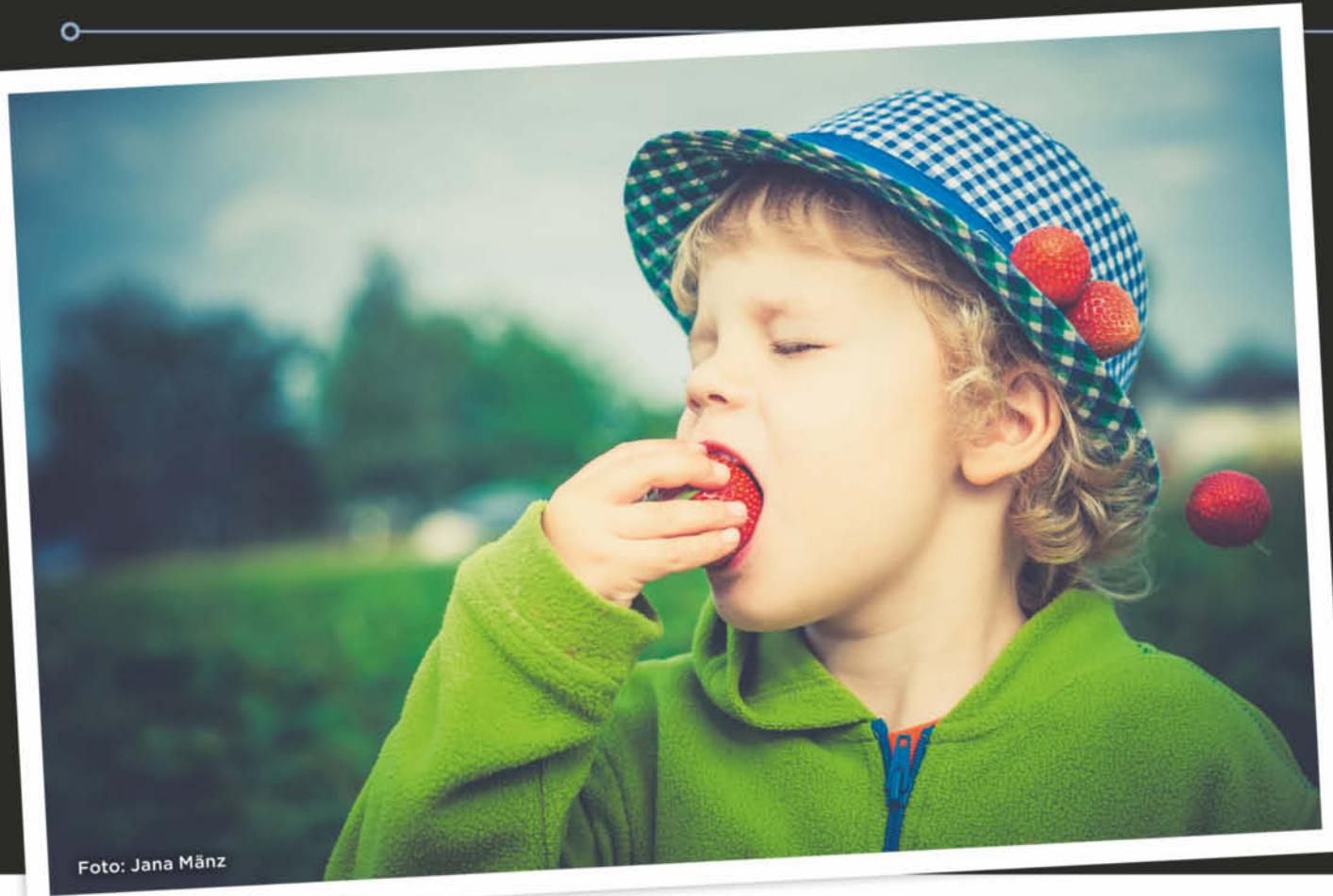


Foto: Jana Mänz

Kinder und Familien professionell portraitiert, die Bilder vermarkten und neue Aufträge bekommen – all das zeigt Ihnen der umfassende Workshop von Jana Mänz.

Wie Sie außerdem gezielt Farben einsetzen um Stimmungen zu erzeugen und Atmosphäre zu verstärken, demonstriert Ihnen Photoshop-Guru Pavel Kaplun.

Die neue Ausgabe 4/15 ist jetzt im Handel erhältlich oder digital im Google Play und Apple App Store oder für KindleFire.

Weitere Highlights der neuen Ausgabe:

- Mit Farbe bewusst gestalten
- Autofokus perfektionieren
- 70–200mm Zooms im Test
- SW-Fotos kolorieren

Tiefenschärfe mit Leidenschaft.



Für nur € 9,90 bestellen!

www.ct-digifoto.de



Cardboard Design Lab

Wie muss Virtual-Reality-Software funktionieren, damit sich die Gehirnwindungen nicht verknoten? Google erklärt es per App – und natürlich in Virtual Reality.



Eigentlich richtet ich die Cardboard Design Lab App an Entwickler von VR-Software. Die VR-Lehrstunde ist aber so hübsch aufbereitet, dass sie auch für reine Konsumenten spannend ist. So weiß man zumindest, was Entwickler falsch gemacht haben, wenn einem in einem VR-Programm nach wenigen Minuten schwummerig wird. Einer der größten Fehler: Abrupt das Headtracking abschalten, auch wenn es nur für wenige Sekunden ist (*kostenlos*)

Spaßfaktor



Übelkeitsfaktor



Läuft auf

 + Android

The Height

Mit Virtual Reality kann man sich gut seine Höhenangst abtrainieren. Sehr unterhaltsam klappt das zum Beispiel mit dem Plattform-Spiel The Height.

In The Height balanciert man über mehrere Ebenen, sammelt leuchtende Kästchen ein – und versucht dabei, seine Höhenangst im Griff zu behalten. Optisch dominiert Grün und die Grafik verströmt 80er-Jahre-Retro-Charme. Das Spiel funktioniert ohne jegliche Eingabegeräte; um irgendwo hinzugehen, muss man einfach hinschauen. Wir empfehlen einen Drehstuhl dafür. Entwickelt wurde „The Height“ von Stefan Welker, einem der Erfinder von Smartphone-Virtual-Reality (*kostenlos*).

Spaßfaktor



Übelkeitsfaktor

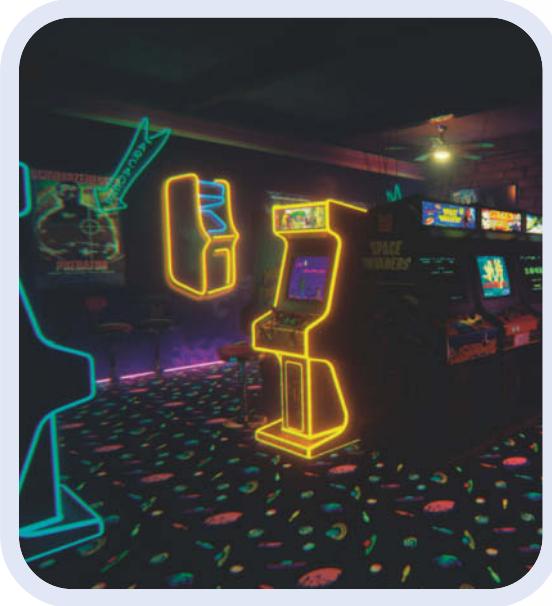


Läuft auf

 + Android / iPhone

New Retro Arcade

Mehr Meta geht nicht: New Retro Arcade simuliert eine voll funktionsfähige 80er-Jahre-Spielhalle – als VR-Computerspiel.



Wenn Nerd eine Zeitmaschine hätten, würden sie diese vermutlich auf 1988 einstellen – und eine Spielhalle besuchen. Genau das geht mit New Retro Arcade. Das Tolle: Die Spielhalle sieht nicht nur extrem detailliert aus (und erfordert deshalb auch eine sehr leistungsfähige Grafikkarte), sie „lebt“ auch. Jeder Spielautomat, jede Konsole kann bespielt werden. Außerdem gibt's etliche Easter eggs wie einen Ghettoblaster, der Retro-Radiostationen streamt (*kostenlos*)

Spaßfaktor



Übelkeitsfaktor

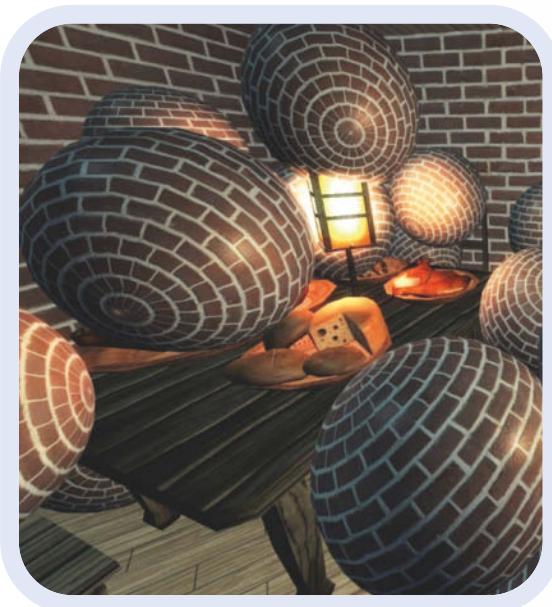


Läuft auf

Oculus (DK1/2)

SightLine: The Chair

LSD? Pfft, für Anfänger. Wer seine Wahrnehmung wirklich mal an die Grenzen bringen will, probiert SightLine: The Chair aus.



Das Tolle an Virtual Reality: Man kann Dinge tun, die in der Realität nicht funktionieren würden. Anschaulich demonstriert wird das in der VR-Freebie „SightLine: The Chair“. Hier ändert sich die Umgebung immer nur dann, wenn man gerade woanders hinschaut. Das klingt unspannend, bringt den Denkkapparat aber heftigst in Wallung – vor allem, wenn der Raum nach und nach immer kleiner wird (*kostenlos*).

Spaßfaktor



Übelkeitsfaktor



Läuft auf

Oculus (DK1/2)

VR Player

Am häufigsten sind in VR computergenerierte Welten anzutreffen – man kann aber auch die echte Welt in voller Rundumsicht konservieren. Dafür braucht man einen VR-kompatiblen 360-Grad-Videoplayer.



3 60 Grad Video und Foto gibt es schon länger richtig Spaß machen die Rundumsichten aber erst, wenn man sie mit einer VR-Brille inklusive Headtracking betrachtet. Videos mit 360- oder 180-Grad-Blickwinkel findet man im ganzen Internet; zu den beliebtesten Themenbereichen gehört Pornografie. Um die Videos betrachten zu können, benötigt man einen Softwareplayer. Bei unseren Recherchen gefiel uns besonders der für Android (3,69 Euro) und Windows (kostenlos) erhältliche VR Player – er bietet viele Einstellungsoptionen. Nicht so flexibel ist der kostenlose Kolor Eyes Player, dafür läuft er auch auf dem iPhone. Für die Gear VR bietet sich „Oculus 360 Video“ (ebenfalls kostenlos) an, allerdings kann man hier nicht spulen.

Spaßfaktor



Übelkeitsfaktor



Läuft auf



+ Android / iPhone und Samsung Gear VR

The Apollo 11 Experience

Einmal Astronaut sein: Mit der „Apollo 11 Virtual Reality Experience“ kann man ausprobieren, wie sich das anfühlt. Das Programm ist noch nicht fertig, aber schon die Vorschau-Demo macht viel Spaß.

Die Fotos und Videos vom ersten Mondflug im Jahr 1969 kennen wohl fast alle. Mit VR-Hilfe kann man nun mitfliegen: Die „Apollo 11 Experience“ will die legendäre Mission so realistisch wie möglich simulieren. Per Kickstarter wurden dafür über 36 000 Dollar gesammelt, das fertige Programm soll noch in diesem Jahr veröffentlicht werden. Eine Demo gibt es bereits jetzt; und die hat es in sich: Im Cockpit des Kommandomoduls sitzend, wird man mit der Saturn-V-Rakete ins All geschossen – wenn dann nach einigen Minuten die Erde im Fenster auftaucht, bekommen auch die hartgesottensten VR-Piloten Gänsehaut (*Demo kostenlos, Preis der Vollversion steht noch nicht fest*).

Spaßfaktor

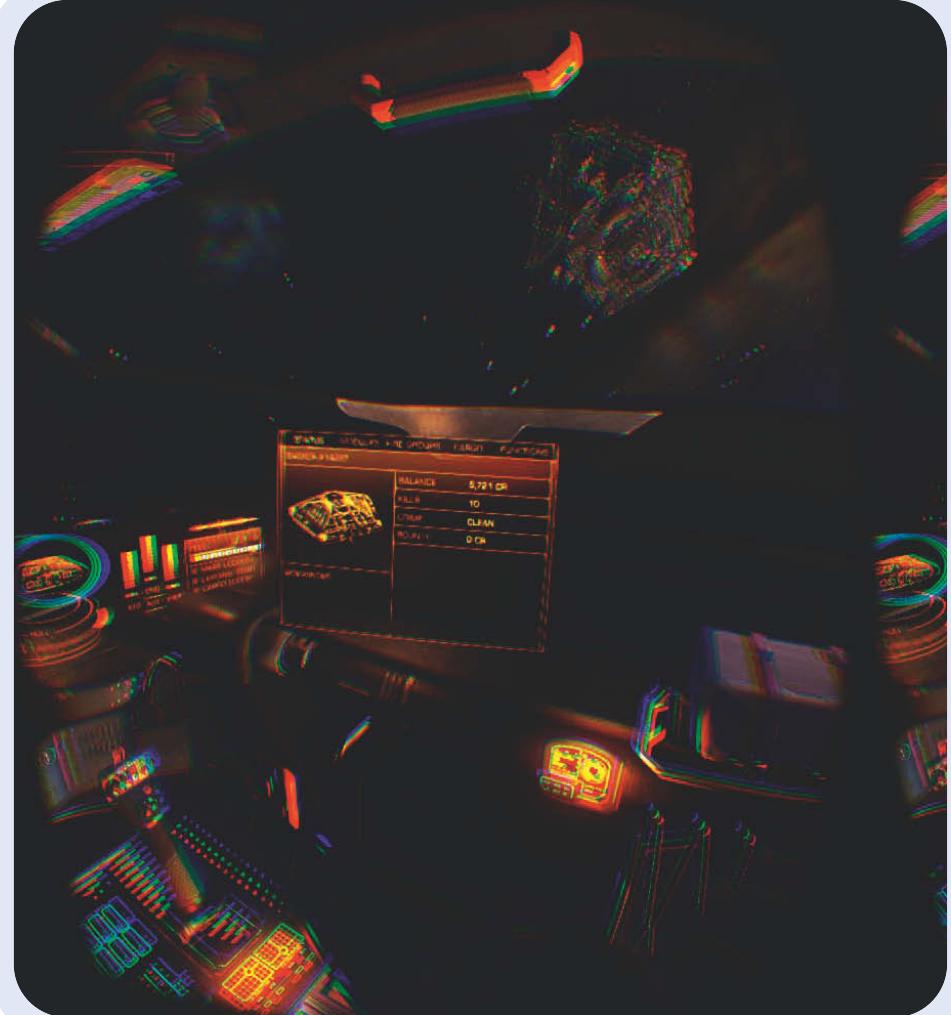


Übelkeitsfaktor



Läuft auf





Elite Dangerous

Das zurzeit überzeugendste kommerzielle Spiel für Virtual Reality ist die Weltraum-Handelssimulation Elite Dangerous. Nach wenigen Spielminuten in der VR denkt man: Das ist doch real!

Spaßfaktor



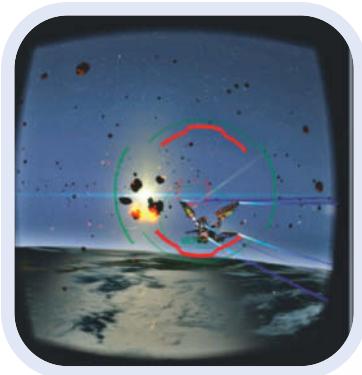
Übelkeitsfaktor



Läuft auf



Für VR eignet sich besonders Software, bei der die (Sitz-)Haltung in der echten Welt mit der in der virtuellen übereinstimmt. Bestes Beispiel dafür ist die Weltraum-Handelssimulation Elite Dangerous. Steht ein Flight-Stick auf dem Schreibtisch, fühlt sich das Spiel besonders realistisch an – denn auch in der virtuellen Umgebung steuert man per Knüppel. Anders als in anderen Spielen beeinflusst in Elite Dangerous die Blickrichtung nicht die Flugrichtung – man schaut sich lediglich im Cockpit um. Das funktioniert so gut, dass man nach wenigen Minuten vollkommen davon überzeugt ist, tatsächlich gerade durchs Weltall zu düsen. Einziges Problem mit der DK2-Brille ist die geringe Auflösung: Viele Texteinblendungen konnten wir nur mit beherztem Augenzusammenkneifen lesen. Wir hoffen, dass es mit der Consumer-Version der Oculus Rift besser wird (50 Euro).



Vanguard V

Man kann darüber streiten, ob Vanguard V nun ein Spiel ist oder eine Grafikdemo – Spaß macht auf jeden Fall, durch den Asteroidengürtel zu heizen. Vom gleichen Programmierer und ebenfalls toll: Proton Pulse (*kostenlos*).

Spaßfaktor

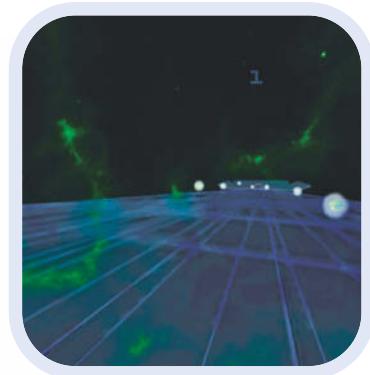


Übelkeitsfaktor



Läuft auf

Oculus (DK2) und +
Android und Samsung Gear VR



Space Slider VR

Im von Trägheit beeinflussten Raumgleiter sammelt der Spieler in Space Slider VR möglichst viele Kugeln ein, ohne von der Gleitbahn zu kullern. Nett (*kostenlos*).

Spaßfaktor



Übelkeitsfaktor



Läuft auf

+ Android / iPhone



Zombie Shooter VR

Wo Zombie Shooter VR draufsteht, ist auch Zombie Shooter drin: Mit einer Schrotflinte ballert man sich durch Zombiehorden. Unoriginell, aber unterhaltsam – und: Das Spiel läuft sogar auf Windows Phone (*kostenlos*).

Spaßfaktor



Übelkeitsfaktor



Läuft auf

+ Android / iPhone / Windows Phone



VR Dance Club

Diese App richtet sich an Menschen, die gerne mit ulkig kostümierten Skeletten tanzen (*kostenlos*).

Spaßfaktor



Übelkeitsfaktor

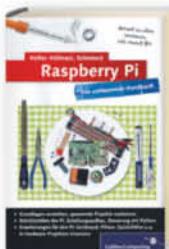


Läuft auf

+ Android

Für Wissenshungrige und Bastelfreaks!

Ausgewählte Fachliteratur



Michael Kofler, Christoph Scherbeck, Charly Kühnast
Raspberry Pi – Das umfassende Handbuch

Was der treue Roboter »Helferlein« dem Daniel Düsentrieb, ist dieses Buch dem RasPi-Bastler.

ISBN 9783836229333
shop.heise.de/raspberry

39,90 €



Stephen O'Brien
Das Minecraft Insider Buch

Nach der schweißtreibenden Handarbeit im »Großen Minecraft-Buch« heißt es nun: Auftritt der Motoren, Maschinen und Automaten!

ISBN 9783864902543
shop.heise.de/minecraft-buch

19,95 €



Heiner Stiller
3D-Drucken für Einsteiger

Der ausführliche Ratgeber: Bausätze, Dienstleister, Druckverfahren, Fertiggeräte, Materialien, Modelle, Software u.v.m.

Auch als eBook erhältlich!
ISBN 9783645603010
shop.heise.de/3d-einstieg

19,95 €

Nützliche Gadgets und Tools



Werkzeugset 53 in 1

Das Werkzeugset besteht aus 53 kleinen präzise gefertigten Bits für nahe zu jeden Anwendungsfällen. Das Set eignet sich

ideal für das Öffnen von Mobiltelefonen, Computern, Laptops, PDAs, PSPs, MP3-Playern und vielem mehr.

shop.heise.de/werkzeugbox

19,90 €



sugru – selbsthärtender Silikongummi

Der unglaubliche und neue selbsthärtende Silikongummi zum Reparieren und Verbessern unserer Alltagsgegenstände, um die Dinge unseren Bedürfnissen anzupassen. Hält auf fast jedem Material.

shop.heise.de/sugru

15,95 €



Badehandtuch Monkey Island

Der berühmte Knobel-Pirat in Pixeln auf einem Badehandtuch. Das Monkey Island Badetuch ist genau das Richtige für Dich. Bringe das Point-and-Click-Grübeln zurück an die Strände und in Dein Badezimmer!

shop.heise.de/monkey-island

19,95 €



Mini Quadro-kopter Rocket 65XS 3D

Der XciteRC Rocket 65XS ermöglicht selbst Einsteigern anspruchsvolle Flugmanöver – und zwar auf Knopfdruck! Flips und Loopings vollführt das Modell fast von selbst dank der stabilisierenden Sechs-Achsen-Technologie.

shop.heise.de/mini-quadcopter

29,95 €



Raspberry Pi 2 Starterset

6x schneller als sein Vorgänger! Raspberry Pi 2, Gehäuse, Netzteil und 8GB SDKarte inklusive Noobs.

shop.heise.de/raspi2-set

66,90 €



T-Shirt Age Test

Altertest:
Worin besteht die Verbindung zwischen diesen beiden Objekten?
Nun, die Antwort wird für alle, die in den 80er Jahren aufgewachsen sind, ein Kinderspiel sein. Das Shirt ist in den Größen M, L, und XXL erhältlich.

shop.heise.de/age-test

19,90 €

GLEICH BESTELLEN!



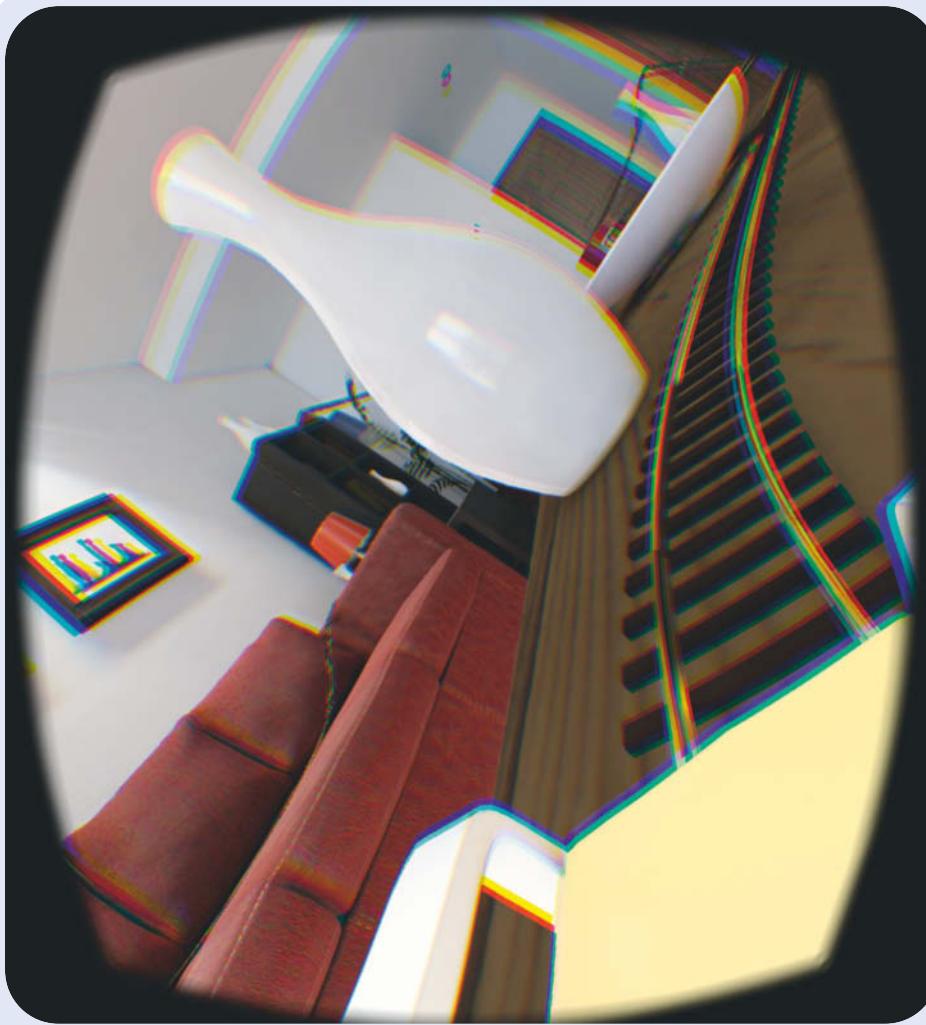
Alle aktuellen Zeitschriften, ausgewählte Fachbücher, eBooks und digitale Magazine für Heise Medien- oder Maker Media-Abonnenten oder ab einem Einkaufswert von 15 € versandkostenfrei.

Bestellen Sie ganz einfach online unter shop.heise.de oder per E-Mail:
service@shop.heise.de

heise shop

shop.heise.de





UE4 Rollercoaster

Kein Witz: Achterbahn-Simulatoren sind ein wichtiges Virtual-Reality-Genre. Eine besonders schöne Software-Achterbahn schrumpft den Betrachter auf Mäusegröße.

Achterbahnen und Virtual Reality: Das passt so perfekt zusammen wie rote Grütze und Vanillesauce. Tatsächlich stellen sich bei virtuellen Achterbahnfahrten nahezu die gleichen Gefühle im Körper ein wie bei echten – also zum Beispiel das angenehme Kribbeln im Bauch. Inzwischen zu den Klassikern gehört der **UE4 Rollercoaster**. Der etwas dröge Name bezieht sich auf die UnrealEngine 4, mit dem die Achterbahn-Simulation erstellt wurde. Das Besondere am UE4 Coaster sind die Größenverhältnisse. Setzt man die VR-Brille auf, schrumpft man augenblicklich auf Mäusegröße und donnert auf Schienen durch Kaffeetassenhenkel und Lampenschirme (*kostenlos*)

Spaßfaktor



Übelkeitsfaktor

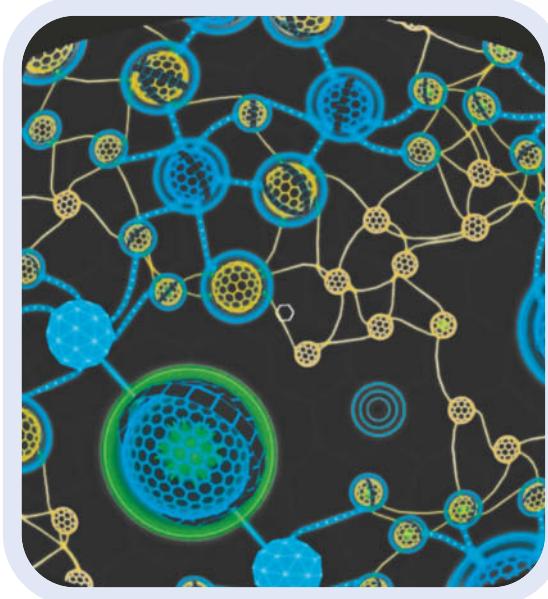


Läuft auf



Darknet

Das innovative Strategiespiel Darknet zeigt, wie gut VR für ungewöhnliche Konzepte geeignet ist.



Als körperlose Entität fliegt man in Darknet durch eine Matrix voller Netzketten und versucht, diese mit Viren zu kapern. Klingt seltsam, macht aber schnell süchtig - vor allem, weil man erst nach einigen Runden begreift, dass man gerade ein waschechtes Strategiespiel spielt. Darknet ist zurzeit nur für die Gear VR erhältlich, eine Windows-Version ist angekündigt - spätestens zum Start der Consumer-Oculus-Rift soll es so weit sein. Der noch nicht so polierte Vorgängertitel „Ciess“ ist aber nach wie vor kostenlos für die Entwicklermodelle erhältlich (9,99 Euro).

Spaßfaktor



Übelkeitsfaktor



Läuft auf

Samsung Gear VR

BombSquad VR

Multiplayer-Spiele sind in der VR noch Mangelware. Umso besser, dass es mit BombSquad nun sogar einen Titel für Smartphone-VR-Halterungen gibt.



Bomb sie alle weg!“ heißt es in der App-Beschreibung - und das bringt es tatsächlich perfekt auf den Punkt: Ziel des Spiels ist es, seine bis zu sieben Mitspieler mit allerlei Explosionswaffen vom Spielfeld zu kegeln. Wie beim Multiplayer-Klassiker Bomberman gibt es allerlei Extrawaffen - neu sind allerdings die unterschiedlichen Spielmodi wie Capture the Flag und Bomben-Hockey. Für die Steuerung benötigt man entweder einen Bluetooth-Gamecontroller oder ein zweites Smartphone mit der BombSquad-Remote-App (3,12 Euro).

Spaßfaktor



Übelkeitsfaktor



Läuft auf

+ Android

und Samsung Gear VR



The Night Cafe

Wie hat Vincent van Gogh die Welt gesehen? Mit „The Night Cafe“ kann man das ausprobieren und in einigen seiner berühmtesten Gemälde herumspazieren.

Kunst aus dem 19. Jahrhundert und modernste Virtual-Reality-Technik: Man mag es kaum glauben, aber das ist eine tolle Kombination. „The Night Cafe“ setzt Vincent van Goghs berühmten impressionistischen Mal-Stil souverän in die dritte Dimension um – so dass man tatsächlich denkt, man wäre mittendrin in der Gogh-Bildewelt. Das Programm hat den Publikumspreis beim von Oculus VR ausgerichteten Mobile-VR-Jam-Wettbewerb abgestaucht und lässt sich kostenlos auf der Wettbewerbsseite (vrjam.challengepost.com) als APK-Datei herunterladen. Die anderen Gewinnertitel für die Gear VR findet man dort ebenfalls. Gut gefallen hat uns unter anderem „Drift“, das man aus der Perspektive einer Pistolenpatrone spielt (kostenlos).

Spaßfaktor



Übelkeitsfaktor

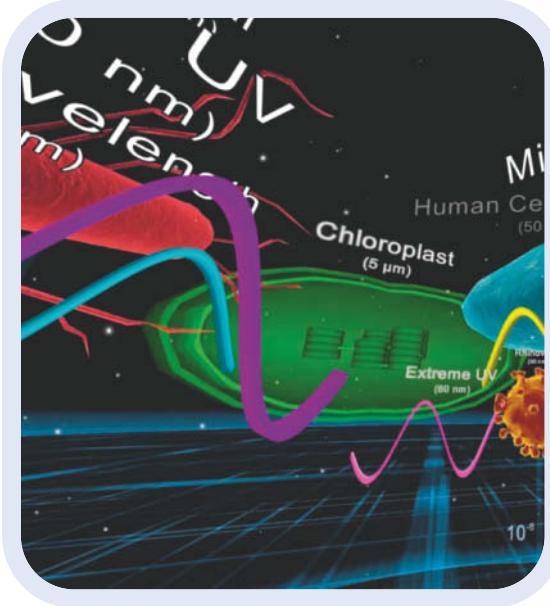


Läuft auf

Samsung Gear VR

Neos VR: The Universe

Lernen muss nicht langweilig sein: Mit Neos VR lernt man sozusagen im Vorbeifliegen die Größenverhältnisse im Universum.



Daß ein Neutron kleiner ist als eine ganze Galaxis, weiß man. Aber wie es sich anfühlt, von der Größe eines Elementarteilchen bis zu Milchstraßendimensionen anzuwachsen, ist definitiv eine neue Erfahrung – und genau das passiert bei Neos VR: The Universe. Das Lernprogramm soll zeigen, wie gut VR-Inhalte im Schulunterricht eingesetzt werden können. Aber auch Erwachsenen macht die Reise Spaß, vor allem, weil man per Gamepad selbst bestimmen kann, ob und wie schnell man wächst oder schrumpft (*kostenlos*).

Spaßfaktor



Übelkeitsfaktor



Läuft auf

Oculus (DK1/2)

und Samsung **Gear VR**

Crashed Lander

Spiele im Weltraum sind prädestiniert für Virtual Reality, so auch der hübsche Lunar-Lander-Klon Crashed Lander für die Oculus Rift.



Gaaaanz vorsichtig muss der Spieler in Crashed Lander die Schubkraft der vier Düsen seiner Landefähre dosieren – sonst war's das mit der Planeten-Entdeckungsreise. Das Spielprinzip ist Klassikern wie „Lunar Lander“ und „Space Taxi“ entlehnt, dennoch fühlt sich Crashed Lander komplett anders an, was vermutlich an der ungewohnten 3D-Third-Person-Perspektive liegt. Obwohl man nicht aus der Egoperspektive spielt, stellt sich im Kopf trotzdem ein tolles „Ich kann fliegen“-Gefühl ein. Das Geschicklichkeitsspiel beginnt leicht, wird aber zum Ende hin richtig knifflig (5 Euro).

Spaßfaktor



Übelkeitsfaktor



Läuft auf

Oculus (DK1/2)

ct

VR-Treiber für Direct3D-Spiele

Der Windows-Treiber VorpX macht etliche aktuelle Spiele fit für die Virtual-Reality-Brille Oculus Rift. Der Treiber bringt clevere Funktionen mit, zum Beispiel die Auswahl des Bildausschnitts per Kopfbewegung.

Von Jan-Keno Janssen

Die Virtual-Reality-Brille Oculus Rift ist nach wie vor nur als Entwicklermodell erhältlich; das Softwareangebot hält sich deshalb noch in Grenzen. Zwar gibt es etliche kleine Progrämmchen wie Achterbahn-, Guillotinen- und Kinosaal-Simulatoren; echte Spiele-Blockbuster mit Rift-Unterstützung sind allerdings noch rar.

Mit dem VorpX-Treiber kann man nun konventionelle Spiele fit für Virtual Reality mit der Rift machen. Rund 200 Titel unterstützt die von uns getestete Beta-Version 0.8.1, darunter aktuelle Groß-Produktionen wie GTA V, Tomb Raider und Call of Duty - Ghosts. VorpX kostet 30 Euro, die Lizenz berechtigt zur Installation auf zwei Computern.

Anders als der kostenlose Open-Source-Treiber Vireio und der kommerzielle Treiber TriDef 3D beherrscht VorpX nicht nur DirectX-9-Titel, sondern kommt auch mit den Versionen 10 und 11 der Programmierschnittstelle zurecht. Gerade aktuelle Spiele laufen häufig nur mit DirectX 10 oder 11.

Z-Buffer vs. Geometrie

Ein weiteres Alleinstellungsmerkmal von VorpX ist die umschaltbare Rendering-Methode: Vor eingestellt ist der sogenannte Z-Buffer-3D-Modus, bei der aus einer einzelnen Rendering-Perspektive nur durch Pixelverschiebung eine zweite Ansicht errechnet wird. Diese Variante kostet kaum Rechenzeit, in unserem Test fiel die Framerate mit eingeschaltetem Z-Buffer-Rendering lediglich um wenige Prozent. Größere Leistungseinbußen muss man im „Geometrie-



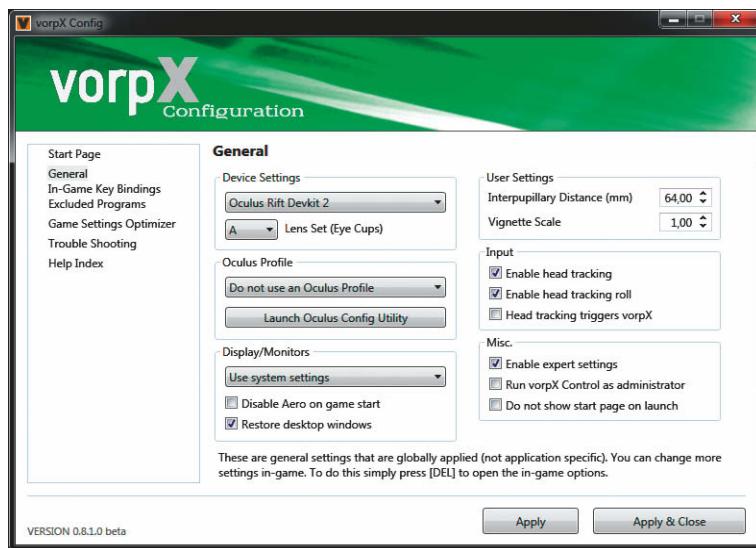
Modus“ kalkulieren: Hier errechnet der VorpX-Treiber zwei komplett unabhängige 3D-Ansichten – entsprechend halbiert sich die Framerate ungefähr.

Der rechenhungrige Geometrie-Modus sieht allerdings nicht zwingend besser aus als die sparsame Z-Buffer-Betriebsart – in vielen Spielen konnten wir nicht einmal einen Unterschied ausmachen. In einigen Titeln, zum Beispiel bei dem First-Person-Adventure Dear Esther, erzeugte der Z-Buffer-Modus allerdings manchmal subtile 3D-Fehler. Als wir zum Beispiel von einer bestimmten Position aufs Meer blickten, sah das Wasser aus, als hätte es eine Delle.

VorpX funktionierte bei unserem Test auf Anhieb mit jedem unterstützten Spiel. Konfigurieren mussten wir nichts. Wenn Einstellungen im Menü des jeweiligen Titels verändert werden, zeigt der VorpX-Treiber das in der oberen linken Bildschirmecke an – ähnlich wie bei Nvidias Stereoskopie-Treiber 3D Vision.

Auf Wunsch liest der Treiber das Rift-Benutzerprofil vom Oculus-VR-Konfigurationsprogramm aus, das zum Beispiel den Augenabstand enthält. Doch auch ohne hinterlegtes Benutzerprofil waren die Ergebnisse in unseren Tests überzeugend. Wie gut der Mittendrin-Eindruck letztendlich ist, hängt stark vom Spiel ab: Richtig gut funktionieren prinzipbedingt Spiele mit klassischer First-Person-Perspektive – zumindest für einige Minuten, danach setzt häufig Übelkeit ein. Titel wie Tomb Raider oder World of Warcraft, bei denen man die eigene Spielfigur von hinten sieht, spielen sich mit einer VR-Brille dagegen etwas irritierend.

Der Windows-Treiber VorpX liest persönliche Parameter wie den Augenabstand aus dem gespeicherten Profil des Oculus-Einstellungsprogramms.



Wichtig ist auch der Sehwinkel des Spielers. Bei einigen Titeln wirkte die Spielwelt seltsam weitwinklig und irgendwie falsch. Bei vielen aktuellen Titeln wie Dishonored kann man den Winkel glücklicherweise (in Grenzen) justieren. Solche Einstellungs-Tweaks, die manchmal auch manuelles Editieren in Ini-Dateien oder der Registry erfordern, nimmt VorpX auf Wunsch im Programm-Modul „Game Settings Optimizer“ automatisch vor.

Natürlich sind die von VorpX unterstützten Spiele nicht auf Virtual-Reality-Brillen ausgelegt. So zeigen viele Titel zum Beispiel wichtige Informationen am Bildschirmrand an; von denen man mit aufgesetzter Rift wenig erkennen kann – schließlich simuliert die Brille einen Sehindruck wie in der echten Welt; und auch dort nimmt man das periphere Sichtfeld nur unscharf wahr. VorpX löst das Problem recht einfallsreich: Bei gedrückter mittlerer Maustaste verschieben Kopfbewegungen nicht mehr den Kopf des virtuellen Ichs, sondern den Bildausschnitt. So kann man einfach in die Ecke lugen, die Funktion heißt folglich auch „Edge Peek“. Außerdem lassen sich Anzeigeelemente in Spielen manuell skalieren.

Eine weitere praktische Funktion sind die „VR-Keys“: Häufig verwendete Tastaturkommandos lassen sich mit Shift + mittlerer Maustaste ebenfalls per Kopfbewegung auswählen. Bei im VR-Modus extrem irritierenden, statischen Zwi-

schensequenzen kann man per Mausrad herauszoomen, sodass man das Geschehen wie auf einem kleinen Bildschirm betrachtet.

Gerade für Übelkeits-Geplagte ist der „Virtual Cinema Mode“ enorm hilfreich: Hier spielt man in einem virtuellen 3D-Heimkino mit beliebig riesiger Leinwand. Bewegt man den Kopf, schaut man sich lediglich im Heimkino um, nicht mehr im Spiel.

Fazit

VorpX wirkt trotz seines Beta-Status erstaunlich ausgereift. Alle von uns getesteten Spiele funktionierten auf Anhieb mit der Oculus Rift und benötigten keinerlei Anpassungen. Nicht nur bei der Spieleunterstützung, sondern auch in Sachen Bedienkomfort sticht VorpX die Konkurrenz locker aus. Ein Problem kann VorpX allerdings nicht lösen: So gut wie ein von vornherein auf Virtual-Reality zugeschnittenes Spiel kann ein erst nachträglich per Treiber angepasster Titel niemals funktionieren. Spiele wie Mirrors Edge führen zudem auch hartgesottene Virtual-Reality-Veteranen an ihre Grenzen: Zumindest uns ist schon nach wenigen Minuten übel geworden. Im Virtual Cinema Mode konnten wir es dagegen auch über längere Spiel-Sessions komfortabel aushalten.

(jkj)



Der Virtual-Cinema-Modus von VorpX simuliert ein Heimkino mit beliebig großer Leinwand – empfehlenswert für Übelkeitsgeplagte.



Moved Reality: Mit anderen Augen sehen lassen

Die eigene Wahrnehmung auf einen Roboter auslagern: Das klingt nicht nur spektakulär, sondern fühlt sich auch so an. Möglich machen es eine Oculus Rift, zwei Kameras und ein paar Servomotoren.

Von Martin Jehle und Frédéric Starnecker

Wenn die Rede von Virtual-Reality-Brillen wie der Oculus Rift ist, geht es häufig nur darum, wie die Brillen demnächst die Computerspieleindustrie umkrempeln werden. Dass sich die Technik auch für andere Anwendungen eignet, übersehen viele. So experimentieren zum Beispiel Reiseveranstalter mit Virtual Reality: Potenzielle Kunden lassen sich mit einem virtuellen Ausflug zum Traum-Resort besser überzeugen als mit schnöden Katalogfotos.

Doch die Dinge, die man in der VR-Brille sieht, müssen nicht zwangsläufig virtuell sein: Denkbar sind auch Anwendungen, bei denen man die

reale, von Kameras aufgenommene Welt betrachtet – in Echtzeit. In der Forschung wird das „Moved Reality“ genannt: Man lagert den Ort seiner Wahrnehmung aus, zum Beispiel auf einen Roboter. Die genaue Definition lautet: „Systeme, die in Echtzeit Sinnesreize zu einem Anwender übertragen“. Dabei lassen sich die Echtwelt-Bilder auch noch mit Zusatzinformationen anreichern – das kombiniert dann Moved Reality mit Augmented Reality.

Wir, zwei Studenten der HTWG Konstanz, haben im Rahmen einer Bachelor-Arbeit einen solchen Moved-Reality-Roboter entwickelt. Genannt



Die Entwickler
Martin Jehle (links)
und Frédéric
Starnecker mit ihrem
Bachelor-Projekt

haben wir das Projekt „Nummer 5“ so wie den netten Roboter aus dem Film „Nummer 5 lebt“.

Nummer 5 startet

Das System besteht aus einer Kontrollstation mit dem Kamerasystem (sozusagen dem Kopf) und einer mobilen Anwenderstation. Hier ist eine Virtual-Reality-Brille angeschlossen. Setzt der Anwender die Brille auf, werden seine Kopfbewegungen an den Roboterkopf übertragen. Die daran angeschlossenen Kameras wiederum schicken ihr Live-Bild zurück an die Anwenderstation mit VR-Brille.

Als VR-Brille kommt zurzeit noch die erste Entwicklerversion der Oculus Rift zum Einsatz (DK1). Sie hat eine Auflösung von 1280 x 800 Pixel. Die Bild- und Tondaten kommen von zwei 20 Euro teuren „Live!Cam“-Webcams von Creative. Deren 720p-Auflösung reicht aus, um die Rift mit einem stereoskopischen Bild zu beliefern. Den Roboterkopf bewegen drei Servomotoren der Firma Robotis. Aufgrund der extrem kurzen Latenzzeit und der einfachen Ansteuerung haben wir das Modell Dynamixel AX-12A ausgewählt. Ein Servomotor kostet rund 50 Euro, die Controllereinheit 40 Euro. Für einen Nachbau bitte beachten, dass man für einen ausgearbeiteten Kopf wahrscheinlich stärkere Motoren braucht - bei Projekt Nummer 5 wiegen die beiden Webcams nur einige Gramm.

Die stärkste Rechenleistung ist an der Kontrollstation notwendig: Hier müssen die Bild- und Tondaten der Kameras in Echtzeit verarbeitet und für die VR-Brille aufbereitet werden. Die speziellen Rift-Linsen erfordern, dass das

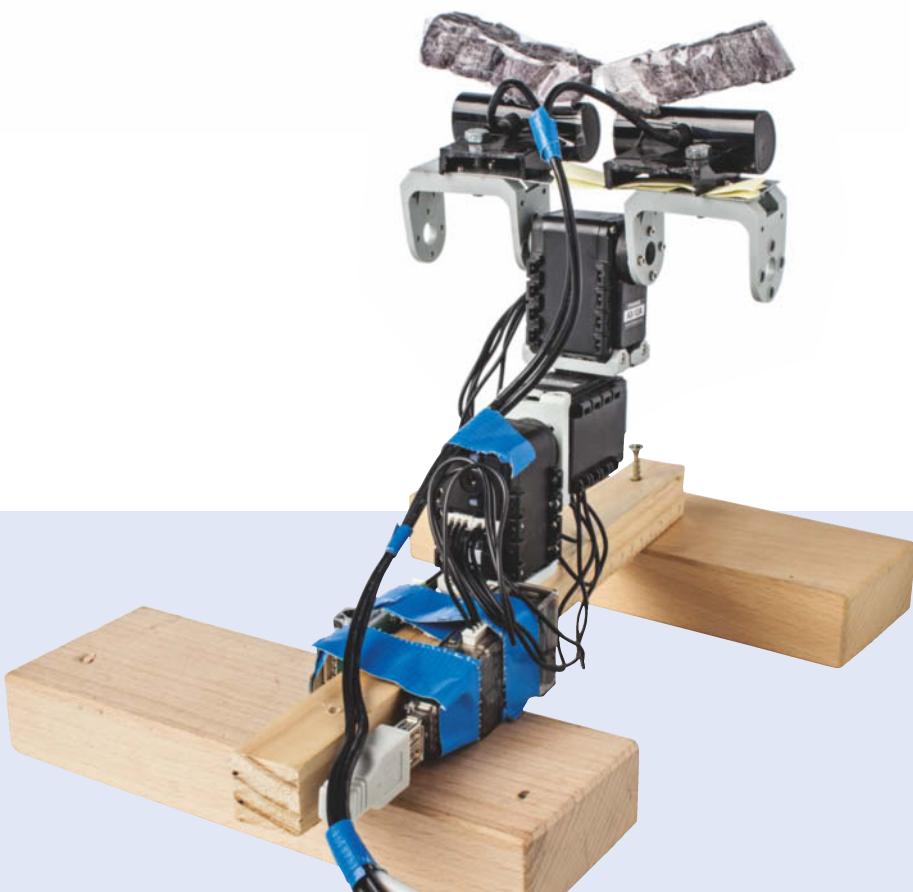
Bild auf dem Display mit einer Tonnenverzerrung angezeigt wird. Für die Verzerrung findet man zwar fertige Methoden im Oculus-SDK, wir haben uns aber für eine eigene Implementierung über die flexiblere Programmabibliothek OpenCV entschieden. Falls Augmented-Reality-Zusatzinformationen eingeblendet werden sollen, laufen auch diese in dieser Phase mit in das Bild ein. Die Bilddaten werden dann zur Anwenderstation weitergeschickt. Gleichzeitig empfängt der Roboterkopf die Head-Tracking-Daten und setzt diese aufs Kamerasytem um.

Die Anwenderstation selbst braucht nur minimale Rechenleistung - ein günstiges Notebook reicht voll und ganz aus. Theoretisch kann man sogar ein Tablet mit HDMI-Anschluss oder einen kleinen Embedded-PC verwenden.

Software

Im Prinzip handelt es sich bei „Nummer 5“ um eine Client/Server-Architektur mit mehreren Datenstreams. Der Server (Kontrollstation) schickt Bild- und Tondaten zum Client (Anwenderstation), dieser schickt seine Headtracking-Daten zurück. Außerdem werden vom Client aus Steuerbefehle verschickt, um zum Beispiel Zusatzfunktionen wie Gesichts- oder Objekterkennung an- und auszuschalten oder Einstellungen zu verändern. Mit solchen Steuerbefehlen lassen sich auch Erweiterungen wie ein Fahr- oder Laufmodul einbinden - bislang bewegt Nummer 5 nur seinen Kopf, aber noch nicht seinen ganzen Körper.

Da bei unserem Roboter jede Millisekunde zählt, haben wir die verwendeten Software-



Drei Servomotoren bewegen den Kamerakopf. Die Schaumstoff-„Augenbrauen“ über den Webcams dienen lediglich der Ästhetik.



Ein solcher Virtual-Reality-„Laufstall“ (hier das Modell von Omni) könnte die ausgelagerte Wahrnehmung noch realistischer machen.

Bibliotheken vor allem hin ichtlich der Geschwindigkeit ausgewählt. Außerdem teilten wir das Programm auf mehrere Threads auf. So läuft die Verarbeitung der Bilder unabhängig vom Empfangen und Verarbeiten der Headtracking-Daten. Auch die Bildverarbeitung selbst kann nebenläufig programmiert werden, da es sich um zwei Bilder handelt (linkes und rechtes Auge). Damit nutzt die Software nicht nur die Rechnerkerne effektiver, sondern es erhöht sich auch die Stabilität: Stürzt das Headtracking ab, kann der Thread neu gestartet werden, während die Videoübertragung immer noch funktioniert. Zum Einsatz kommen das Windows Audio Session API (WASAPI), das Windows-Socket-2-API (Winsock2) für die Datenübertragung auf UDP-Sockets und OpenCV zur Bildverarbeitung. OculusVR und Robotis stellen ihre eigenen SDKs bereit. Es handelt sich ausschließlich um C++-Bibliotheken.

In der Testphase haben wir viel mit zusätzlichen Augmented-Reality-Informationen experimentiert – schließlich dürfen die Algorithmen für die Zusatzinformationen auf keinen Fall die Video- und Ton-Echtzeitdaten verlangsamen: Schleicht sich eine zu große Verzögerung ein, werden die Kopfbewegungen nicht schnell genug auf den Roboterkopf umgesetzt – dann wird dem Anwender übel.

Unter anderem haben wir eine Gesichtserkennung umgesetzt, die die Latenz nur leicht erhöht. Eine einfache Objekterkennung inklusive Tracking bauten wir ebenfalls testweise ein. Zur Objekterkennung wird eine XML-Datei mit Testdaten benötigt – diese können entweder online gesucht oder selbst erstellt werden. Je mehr positive und negative Testbilder in der Datenbank sind, desto besser die Erkennung. Ein alternativer Ansatz ist das Farbtracking. Dabei wird das Bild nach einem Gegenstand anhand seiner Farbe abgesucht (Farbtön, Sättigung, Helligkeit). Das ist zwar wesentlich schneller als per Bilddatenbank, aber häufig auch ungenauer.

Nadelöhr

Die größte Herausforderung bei diesem Projekt ist die Datenübertragung – je verzögerungsfreier die Kamerabilder in die Brille kommen desto besser. Wir haben unterschiedliche Implementierungen mit JPEG- und MPEG-Kompression getestet, wobei deren Performance von der Hardware sowie der Bildgröße und dem Grad der Komprimierung abhing.

Die Audioframes wurden ebenfalls komprimiert oder beim Einsatz von MPEG zusammen mit den Bilddaten verarbeitet. Beim Komprimieren werden normalerweise bestimmte Frequen-

Wie fühlt sich an?

Wir haben den Moved-Reality-Roboter von Martin Jehle und Frédéric Starnecker im c't-Labor ausprobiert (siehe Video unter dem c't-Link). Was bereits auffällt, wenn man die Oculus-Rift-Brille vom Tisch nimmt: Die Kopfbewegungen werden unmittelbar und ohne sichtbare Verzögerung auf den motorisierten Kamerakopf übertragen – beeindruckend. Hat man sich die Rift aufgesetzt, stellt sich sofort ein Mittendrin-Gefühl ein – auch wenn die Farben etwas blass aussehen. Das Bild wirkt räumlich, wenn auch nicht ganz realitätgetreu. Das liegt einmal am festen Kameraabstand, aber auch an der leichten Verzögerung bei der Videoübertragung: Während sich bei Kopfbewegungen der Kamerakopf ohne merkliche Latenz mitbewegt, hängt das Bild etwas nach. Das ist nicht sonderlich angenehm, führte aber bei keiner der Testpersonen aus der c't-Redaktion zu Übelkeit.

zen weggelassen, die zu hoch oder tief sind, um wesentlich zum Hörverständnis beizutragen. Interessanterweise fallen die Headtracking-Daten fast gar nicht ins Gewicht: Ein Datensatz besteht lediglich aus den drei Euler-Winkel (pitch, yaw, roll; also nicken, drehen, neigen) mit vier Stellen hinter dem Komma. Zusammen beläuft sich das auf wenige Byte. In dieser Projektversion kann der Videostream über WLAN mit 15 bis 20 Bildern pro Sekunde (inklusive Augmented-Reality-Algorithmen) und das Headtracking mit etwa 10 bis 15 Positionen pro Sekunde übertragen werden.

Mehr Input!

Das Projekt bietet noch viele Erweiterungsmöglichkeiten. Ein besonders nützliches Feature wäre die Implementierung von Sprachbefehlen: Da der Anwender eine VR-Brille trägt und seine Umgebung nicht sehen kann, ist die Benutzung von Maus und Tastatur nicht nur unbequem, sondern stört auch das Immersionsgefühl.

Ein kommerzieller Moved-Reality-Roboter bräuchte natürlich eine Datenverschlüsselung – auch wenn sich das negativ auf die Performance auswirken würde. Ein weiterer großer Schritt ist ein Update auf die zweite Entwicklerversion der

Oculus Rift (DK2), die neben Positionstracking auch Full-HD-Auflösung und ein schnelles OLED-Display mitbringt.

Moved Reality ist mehr als eine Spielerei: Gerade in für Menschen gefährlichen Umgebungen können Wahrnehmungs-Roboter extrem sinnvoll sein. In Gefahrenbereichen ist eine intuitive und genaue Steuerung wichtig. Dazu gehören Einsätze in Laboren mit gefährlichen Bakterien und Viren, Orte mit erhöhter radioaktiver Strahlung, schwer zugängliche Höhlen oder Vulkane. Solange sich die Latenzen im Rahmen halten lassen, wären auch Tiefsee oder Weltraum mögliche Einsatzgebiete.

Moved Reality im Krieg

Das Militär ist im Moment der größte Geldgeber für komplexe Robotik-Forschungsprojekte. Drohnen werden schon heute von kilometerweit entfernten Einrichtungen aus gesteuert. Im Irak fahren autonome SWORDS-Roboter Patrouille und ersetzen menschliche Wachposten. Das Projekt „Talos“ der US-amerikanischen Special Operations Command (Socom) kommt einem Moved-Reality-Roboter am nächsten: ein Exoskelett, wie ihn auch der fiktive Superheld Iron Man trägt. Das Skelett soll die motorischen Fähigkeiten des Trägers unterstützen



iX-Workshop

LibreOffice in der Firma

**SAVE
THE
DATE**

Referent



Thomas Krumbein ist Inhaber der M.I.C. Consulting Unternehmensberatung, die sich auf kleine und mittelständische Betriebe konzentriert. Seminare zu den Themen Internet und Intranet, Netzwerktechnik und Linux erfreuen sich seit Jahren großer Beliebtheit. Besonders hoch ist der Beratungsbedarf für Betriebe, die auf freie Software umsteigen möchten.

Eine Veranstaltung von:



Organisiert von:



Ausrollen, Anpassen, Dokumente kompatibel halten

- Basiswissen: LibreOffice und seine Elemente.
- Grundlagen: Das Startkonzept von LibreOffice
- Im Detail: Anpassen an Firmenbedürfnisse bis hin zu eigenen Konfigurationsdateien (*.xcd)
- Windows-Spezial: Nutzung der Registry für die Konfiguration
- Selbsthilfe: Eigene Extensions schreiben

Termin: 17. November 2015, Hannover

Teilnahmegebühr: 499,00 Euro (inkl. MwSt.)

Frühbucher: 10 % Rabatt bis einschließlich 05. Oktober 2015



Weitere Infos unter: www.heise-events.de/LibreOffice
www.ix-konferenz.de



Die für die Oculu Rift Brille erforderliche Verzerrung der Kamerabilder übernimmt OpenCV

und verbessern: Sensoren zeichnen Bewegungen auf, motorisierte Gelenke setzen sie um. Die Technik könnte auch für handwerkliche Berufe oder im Rettungsdienst eingesetzt werden.

Genau genommen handelt es sich dabei um die einfacheren Version eines Moved-Reality-Roboters: Der einzige Unterschied besteht darin, dass der Anwender hier in der Maschine steckt – statt in sicherer Entfernung in einer Kontrollstation. Das Prinzip ist jedoch dasselbe: Bewegungen aufzeichnen und auf einen Roboter umsetzen.

Die NASA hat bereits ihren Valkyrie-Roboter getestet, der an der DARPA-Challenge teilnehmen und irgendwann eine bemannte Mars-Mission unterstützen soll. Ein Astronaut könnte den Roboter vom Inneren seines Schiffes oder der Raumstation steuern.

Welcome to the Matrix

Neben hochauflösenden und latenzfreien Displays werden vor allem neue Eingabemöglichkeiten gebraucht – Sprach- oder Bewegungssteuerung bietet sich hier an. Es ist absehbar, dass große Firmen wie Facebook und Sony die Entwicklung rasant vorantreiben werden – Facebook kaufte im März 2014 Oculus VR für über zwei Milliarden US-Dollar, Sony plant mit „Project Morpheus“ ein eigenes VR-System.

Von der Hardwareseite aus betrachtet ist Moved Reality nur eine Variante von Virtual Reality. Zum größten Teil wird dasselbe Equipment benötigt, um die Bewegung des Anwenders aufzuzeichnen.

In der Moved-Reality-Forschung wird die Wahrnehmung in sechs Stufen eingeteilt: Sehen, Hören, Riechen, Schmecken, Fühlen und Gleichgewichtssinn. Projekt Nummer 5 liegt durch die Übertragung von Bild und Ton auf Stufe 2. Das Erreichen von Stufe 6 ist das ultimative Ziel der Moved Re-

ality – damit hätte der Controller sein komplettes Bewusstsein auf eine Maschine verschoben.

Erstaunlicherweise gibt es bereits heute Technik, um eine Stufe-6-Prototypen zu bauen. Die Scentografie, also die Wissenschaft der Zerlegung von Gerüchen in Basisgerüche, hat bereits 2001 den iSmell Personal Scent Synthesizer hervorgebracht. Das Gerät der Firma DigiScents erzeugt durch Mischen von 128 Basis-Chemikalien so gut wie alle erdenklichen Gerüche. Die Londoner Forscherin Amy Radcliffe hat 2013 einen Sensor namens Madeleine entwickelt, der Gerüche aufzeichnen kann.

Um Geschmäcker zu übertragen, könnte das-selbe Konzept wie für den Geruch zum Einsatz kommen. Hier stellt sich allerdings die Frage nach dem Sinn. Um Objekte schmecken zu können, müsste sie der Roboter zerkleinern und chemisch analysieren. Für Forschungsmissionen wäre daher eher ein Massenspektrometer geeignet – und die werden immer günstiger und kleiner: Die über Crowdfinancing finanzierten Projekte TellSpec und SCiO wollen zum Beispiel Feuerzeug-große Spektrometer in den Handel bringen, mit denen man die Bestandteile beliebiger Objekte ermitteln kann.

Für den Tastsinn müsste der Moved-Reality-Roboter mit einer Art elektronischer Haut überzogen werden, die Druck registriert und an einen Spezialanzug überträgt. Im Spielebereich gibt es so etwas schon: Die pneumatische Weste von TN Games simuliert beispielsweise die Einschläge von Kugeln bei First-Person-Shootern.

Sogar in Sachen Gleichgewichtssinn gibt es schon einsatzfähige Prototypen. Die Firma Virtuix will noch in diesem Jahr mit „Omni“ auf den Markt, einer Art Laufstall (siehe Seite 26). Der mit einem Hüftgurt gesicherte Anwender gleitet mit Spezial-schuhen in einer Mulde. Echtes Laufgefühl kommt damit zwar noch nicht auf – aber immerhin. (jk)

Links und Videos:

www.ct.de/hb1506070

5. Bremer IT-Sicherheitstag

Embedded Systems – eingebaute Sicherheit und Gefahrenabwehr

10.
September
2015

Beim Internet der Dinge (IoT – Internet of Things) wachsen Informationstechnik und Produktion zusammen – Stichwort Industrie 4.0. Die Vernetzung von IT und Maschinen verlangt aber auch nach neuen integralen Sicherheitskonzepten, damit Systeme und Prozesse vor unbefugter Manipulation gesichert sind.

Ort: Hochschule Bremen, ZIMT



Inhaltliche Schwerpunkte:

- Industrie 4.0 – Wie Hacker in Industrie-IT eindringen können
- Automotive – Sicherheitslücken beim Connected Car
- Wartung von Embedded Systems
- Welche Anforderung stellt eine Versicherung an die IT-Sicherheit
- Wirtschaftsspionage – Daten und Fälle aus der Praxis
- Safety, Trust, Security & Hope

Teilnahmegebühr: 129,00 Euro (inkl. MwSt.)

Sponsoren:

CONSIST
Business Information Technology

TREND MICRO

Organisiert von:

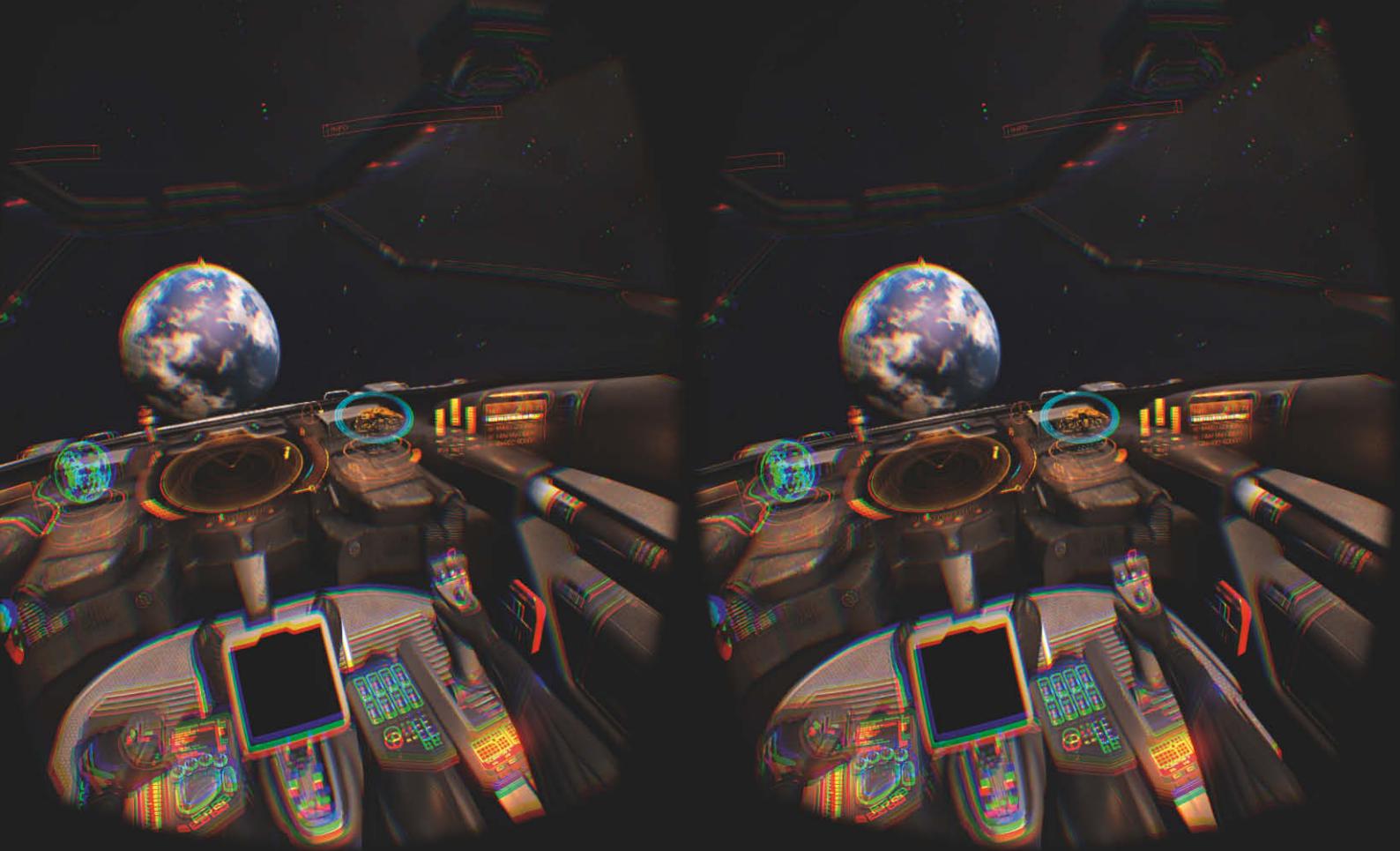
heise
Events
Conferences, Seminars, Workshops

In Zusammenarbeit mit:

IS-BREMEN

Weitere Informationen und Anmeldung unter: www.heise-events.de/5bremerITST

Nutzen Sie die Möglichkeit zur PGP-Zertifizierung: www.ct.de/pgp



Langzeit-Erfahrungen mit der Oculus Rift DK2

Die Consumer-Version der Oculus Rift gibt es leider immer noch nicht. Für einen Dauertest der VR-Brille musste deshalb die letzte Entwicklerversion DK2 herhalten. Wichtigste Erkenntnis: Ob einem übel wird, hängt nicht nur von der Hardware ab.

Von Jan-Keno Janssen

Wenn täglich mehrere abgebrühte und eher Hype-resistente c't-Redakteure mit Dackelblick im Türrahmen stehen und „nur mal ganz kurz ausprobieren wollen“ - dann weiß man, dass man gerade ein ziemlich heißes Stück Hardware testet. Die Rede ist von der zweiten Entwickler-Version der Virtual-Reality-Brille Oculus Rift, „DK2“ genannt.

Inzwischen haben diverse c't-Redakteure mehrere Monate mit der Brille verbracht; das Gerät bekam sogar schon einen hausinternen Kosenamen: Ocke.

Besonders interessierte uns, ob die neue DK2-Hardware die berüchtigte Simulator-Krank-

heit in den Griff bekommt. Die erste Oculus-Rift-Entwicklerversion machte zwar Spaß, vielen Kollegen wurde aber schon nach wenigen Minuten übel - weshalb wir skeptisch waren, ob Virtual Reality in dieser Form im Massenmarkt eine Chance hat. Wer will schon Geld für ein Display ausgeben, von dem man sich nach jeder Viertelstunde zwei Stunden erholen muss?

Bye-bye, Geschmire

Tatsächlich scheint das Gehirn mit der Bildausgabe der zweiten Version besser klarzukommen: Man sieht zwar immer doch deut-

liche Pixel, aber dank einer Auflösung von 960×1080 statt zuvor 640×800 Bildpunkten pro Auge lassen sich Texteinblendungen nun einigermaßen komfortabel erkennen. Noch wichtiger: Durch das schnelle OLED-Display mit Low-Persistance-Technik, also verkürzter Anzeigedauer, verlangsamt die Darstellung bei Kopfbewegungen nicht mehr. Bewegungen des DK2-Trägers werden nun von Gyroskop und Magnetometer in der Brille selbst erfasst und zusätzlich von einer Infrarotkamera, die von außen auf die Rift zeigt. Mit diesen drei Verbesserungen – mehr Auflösung, keine Schlieren, relative Positionserfassung – gelingt mit der DK2 ein tolles Mittendrin-Gefühl. Beeindruckend ist vor allem, dass das Bild den Kopfbewegungen ohne fühlbare Latenz folgt – die richtige Software vorausgesetzt.

Hier trennt sich die Spreu vom Weizen: Während die mitgelieferte Toskana-Demo nahezu latenzfrei läuft, reagieren andere Programme mit einer deutlichen Verzögerung (zum Beispiel die Beta des Cyberpunk-Adventures Technolust). Dass Kopfbewegungen nicht sofort in die virtuelle Welt überführt werden, vermindert das Immersionsgefühl und schlägt auf den Magen. Mit welcher Entwicklungsumgebung die Software programmiert wurde, spielt wohl keine Rolle: Wir haben sowohl mit Unity als auch mit der Unreal Engine entwickelte Programme ausprobiert, die keine fühlbare Verzögerung zeigten.

Hardware ist nicht alles

Nur weil Software ruckel- und latenzfrei läuft, heißt das aber noch lange nicht, dass einem nicht übel würde. Perspektive und Steuerung haben nach unseren Erfahrungen einen größeren Einfluss auf die Simulator-Krankheit als die Latenz.

Ein Beispiel: Als die erste Oculus-Rift-Version ausgeliefert wurde, war eines der ersten funktionierenden Spiele der hyperschnelle Ego-Shooter Team Fortress 2. Keine unserer Testpersonen konnte das Spiel längere Zeit am Stück aushalten. Mit der DK2 hat sich daran nicht viel geändert; auch hier wurde den meisten nach einigen Minuten schlecht.

Ein Erklärungsversuch: Bei Ego-Shootern ist die Blickrichtung normalerweise identisch mit der Laufrichtung, was bei klassischer Steuerung mit Maus und Tastatur oder Gamepad auch gut funktioniert. Bestimmt man die Blickrichtung aber zusätzlich mit Kopfbewegungen, gibt es Kuddelmuddel: Während die vom Headtracker übertragenen „echten“ Kopfbewegungen angenehm sind, fühlen sich manuelle Kopfbewegungen mit Maus oder Gamepad an, als säße man im Karussell.

Theoretisch ließe sich die Lauf- und Blickrichtung zwar ausschließlich mit dem Kopf steuern und das Gamepad oder die Tastatur lediglich zum Nach-vorne-Laufen und Schießen nutzen. Doch in der Praxis scheitert das schon alleine an den Kabeln, die an der Rift hängen. Außer-

Holodeck zum Aufsetzen: die Virtual-Reality-Brille Oculus Rift DK2





Irritierend In „Sleeping on Unity Chans Lap“ kann man im Schoß einer Comicfigur liegen. Mehr nicht.



Der Ego Shooter Klassiker Half Life 2 sieht mit der Oculus Rift zwar beeindruckend aus, führt aber schnell zur Simulator-Krankheit.



Der Achterbahn Simulator „UE4 Coaster“ erzeugt Adrenalin, aber keine nachhaltige Übelkeit.

dem kann man nicht ordentlich zielen. Zumindest am Zielproblem arbeiten die Team-Fortress- und Half-Life-Entwickler von Valve bereits: In den aktuellen VR-Betaversionen werden Fadenkreuz und Laufrichtung in unterschiedlichen Stufen entkoppelt (Konsolenbefehl `vr_cycle_aim_move_mode`) - ein Schritt in die richtige Richtung.

Dennoch ist unser Eindruck, dass sich in der Ich-Perspektive dargestellte Spiele, in denen man herumlaufen kann, schlecht für Virtual Reality eignen. Sogar die idyllische Toskana-Standarddemo verursachte bei vielen unserer Testpersonen Übelkeit. Weil diese Demo viel langsamer läuft als Team Fortress 2, dauert es lediglich etwas länger, bis die ersten Symptome der Simulatorkrankheit auftreten.

Womöglich können neue Peripheriegeräte das Ego-Shooter-Problem lösen. So sind inzwischen mehrere „Virtual-Reality-Laufställe“ angekündigt, zum Beispiel von Virtuix und Cyberith (siehe Seite 26), in denen der Spieler auf der Stelle läuft. Schrittgeschwindigkeit und -Richtung werden von Sensoren oder Kameras erfasst und an die Software weitergegeben. Funktioniert alles, soll sich das so anfühlen, als würde man in der virtuellen Realität herumlaufen.

Software, in denen man die Blickrichtung ausschließlich über Kopfbewegungen steuert, funktioniert auch ohne Zusatzgeräte schon jetzt problemlos. Gut gemachte Achterbahnen wie der UE4 Coaster lösen zwar das gleiche flau Gefühl im Magen aus wie echte Fahrgeschäfte, verursachen aber bei keiner unserer Testpersonen längere Übelkeit.

Paradoxerweise scheint sich sogar die Third-Person-Perspektive für Virtual Reality zu eignen: Im Spiel „Crashed Lander“ steuert man eine Landefähre durch eine Raumstation - als körperloser Beobachter von außen. Die virtuelle Kamera schwebt immer ein paar Meter über der Fähre. Auch nach längerem Spielen schlug das Spiel nicht auf den Magen; ganz im Gegenteil erzeugt das Spiel ein fast meditatives Gefühl: „Ich kann Fliegen und schweben entspannt durch die Gegend“.

Die Paradedisziplin von Virtual Reality sind Fahr- oder Flugsimulatoren: Egal wie schnell man durch die Gegend heizt - der ständig sichtbare Innenraum von Auto, Flugzeug oder Raumschiff wirkt wie ein beruhigender, optischer Anker. So auch bei Elite Dangerous (siehe großes Bild am Anfang des Artikels), dem unserer Meinung nach bisher besten Virtual-Reality-Spiel. Wenn zum ersten Mal ein gegnerisches Piratenschiff über den eigenen Gleiter fliegt und man es beim instinktiven Blick nach oben wirklich durchs Glasdach sieht - das vergisst man so schnell nicht.

Nicht nur für Spiele

Obgleich Spieler wohl die Ersten sein werden, die sich eine Virtual-Reality-Brille kaufen: Mit VR kann man mehr machen als nur spielen. Das zeigt auch die Vielfalt der aktuell für die DK2 erhältlichen Software. Ein interessantes Programm ist etwa „Titans of Space“: Hier fliegt man mit einem Raumschiff durchs Weltall und lernt dabei sehr anschaulich unser Sonnensystem kennen. Auch die „Kon-Tiki“-Demo sieht im ers-

ten Moment aus wie ein Spiel, entpuppt sich aber als Geschichtsstunde: Hier findet man sich auf hoher See wieder – auf dem berühmten Bal-saholz-Floß, mit dem der Norweger Thor Heyerdahl 1947 über den Pazifik segelte. Während im Kon-Tiki-Museum in Oslo „Betreten des Floßes verboten“ gilt, darf man in der Virtual-Reality-Umsetzung sogar auf den Ausguck hochklettern.

Das Potenzial für ungewöhnliche Erfahrungen in der virtuellen Realität ist riesig. Wer immer schon mal eine Guillotine als Opfer in der Praxis testen, in den Körper eines anderen Menschen schlüpfen oder fliegen wollte: All das geht bereits. Denkbar wäre noch vieles mehr. So könnten Reisebüros ihre Kunden per VR-Simulation von teuren Hotelanlagen überzeugen, Biologie-Schüler durch den menschlichen Körper schwimmen, Architekten ihre Entwürfe begehbar machen.

Ganz sicher wird auch die Sexindustrie auf den VR-Zug aufspringen, sobald die Brillen in die Läden kommen. Wie irritierend sich „Begegnungen“ in der virtuellen Realität anfühlen, zeigt schon jetzt das komplett jugendfreie, aber absurde Programm „Sleeping on Unity-Chans Lap“. Der Name ist Programm: Das einzige, was man hier machen kann, ist sich auf den Schoß einer

Comicfigur legen – indem man sich mit der VR-Brille auf der Nase tatsächlich hinlegt.

Fazit

Der größte Virtual-Reality-Hemmschuh bleibt die Simulator-Krankheit: Niemand will Geld für etwas ausgeben, das Übelkeit verursacht. Die zweite Oculus-Rift-Entwicklerversion löst das Problem nicht grundlegend, schafft aber mit ihrem nahezu perfekten Headtracking und dem schlierenfreien Display zumindest die Grundlage für übelkeitsfreie Software. Auch auf der Vorgängerversion gab es vereinzelt Programme, die Simulator-krankheits-Sensible über längere Zeit benutzen konnten. Auf der DK2 sind es nun deutlich mehr.

Die Consumer-Version der Oculus Rift kommt voraussichtlich Anfang 2016 auf den Markt. Bis dahin werden Software-Entwickler noch besser verstanden haben, wie man Virtual-Reality-Welten magenfreundlich umsetzt. Wenn es Oculus bis dahin noch schafft, die sichtbaren Pixel durch ein noch höher auflösendes Display auszumerzen, könnte der Traum vom Holodeck endlich wahr werden – und Virtual Reality zur Realität.

(jkj) **ct**



IMMER EINE IDEE SCHLAUER.

Mac & i im Plus-Abo – profitieren Sie gleich mehrfach:

- **6 Hefte** im Jahr lesen – mit **10 % Rabatt**
- **Lieferung frei Haus**
- **Plus:** digital und bequem per App
- **Plus:** unbegrenzter Zugriff auf das Online-Archiv
- **Plus:** 10 € iTunes Geschenkgutschein als Dankeschön

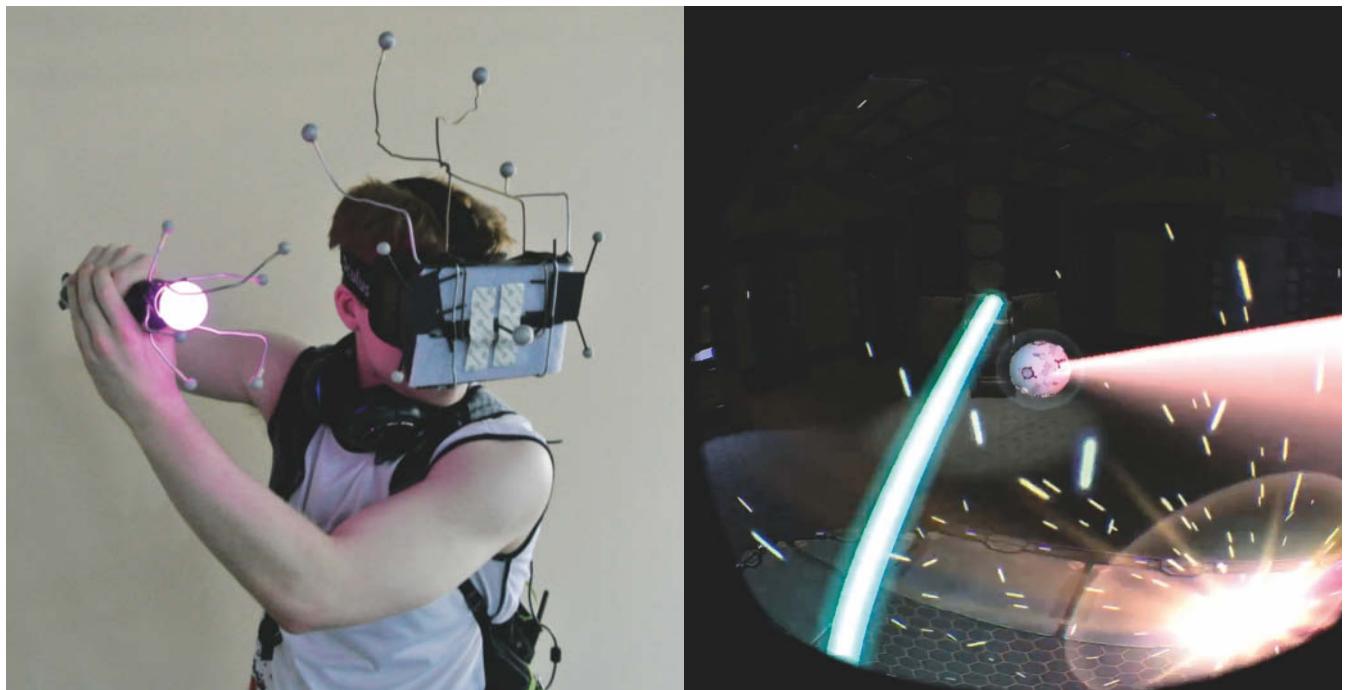
Für nur **52,80 € im Jahr**



Jetzt informieren und bestellen:
www.mac-and-i.de/plusabo
0541 80 009 120 (Bestellcode MCP14105 angeben)
leserservice@heise.de

Mac & i. Deutlich. Mehr. Wissen.





Holodeck im Eigenbau

Sie wollten immer schon Ihr eigenes Holodeck haben? Kein Problem: Mit viel Kleingeld und Programmierkenntnissen können Sie schon jetzt eine Oculus Rift mit einem Motion-Capturing-System verbinden. In Seattle besuchten wir einen Programmierer, der sich in seiner Freizeit den Traum von einer eigenen Jedi-Cave in nur vier Monaten erfüllte.

Von Hartmut Gieselmann

Tagsüber sitzt Benjamin Teitler in einem Bürogebäude in Seattle und programmiert mit am Web-Shop von Amazon. Doch abends tüftelt er in seiner Wohnung an einem geradezu wahnwitzigen Projekt: Seinem eigenen Holodeck, zusammengebaut aus Kameras, Drähten, Styroporkugeln, einer Virtual-Reality-Brille und einer Funkübertragung für deren Signale.

Wie viele Entwickler weltweit ist auch Teitler begeistert von der Oculus Rift. Doch die VR-Brille hat zwei Haken: Bislang hängt der Spieler wie über eine Nabelschnur an seinem Rechner und kann die virtuelle Welt nur im Sitzen oder Stehen erkunden. Zudem gibt es noch keine vernünftige Bewegungserkennung, die normale Körperbewegungen des Spielers 1:1 in die virtuelle Umgebung übersetzt. Sony bietet zwar seine Move-Controller an, aber diese sind eingeschränkt und ungenau. Und wenn man in einen der zahlreichen Laufställe für VR-Systeme steigt,

fühlt sich das Rutschen über die Bodensensoren alles andere als natürlich an.

Doch Teitler will mit der Rift echten E-Sport betreiben, bei dem man sich in einer virtuellen Umgebung frei bewegen kann – und nicht bloß mit dem Zeigefinger die Maus malträtiert. Zudem ist er großer Fan der Jedi-Ritter. Also suchte er nach einer Lösung, die Signale der Rift per Funk zu übertragen und gleichzeitig seine Körperbewegungen in Echtzeit aufzuzeichnen, damit er sich in seinem selbst programmierten Jedi-Simulator frei bewegen kann.

Abgenabelt

Als erstes machte er sich daran, die Rift-Brille von seinem Rechner zu entbinden. Dazu müssen sowohl das HDMI- als auch das USB-Signal ohne spürbare Verzögerungen drahtlos übertragen werden. Für die HDMI-Signale wählte er den

PeerAir Wirele HD Multimedia HDS WHDI100 von Peerless AV, der für rund 300 US-Dollar erhältlich ist. Er überträgt eine Auflösung von 1080p ohne Kompression mit 60 Bildern pro Sekunde über das 5-GHz-Band. Die dadurch entstehende Latenz von 1 bis 2 ms ist laut Teitler vernachlässigbar. Ungeeignet seien hingegen Transmitter, die das Signal zusätzlich komprimieren, um Bandbreite zu sparen. Dadurch würde die Übertragung zu sehr verzögert. Die Rift DK1 lässt sich an dem HDS-WHDI100 problemlos betreiben. Das neue DK2-Modell bereite jedoch Schwierigkeiten, da es sein Bild im Hochformat (Portrait-Modus) ausgibt und es Teitler noch nicht gelungen ist, eine Übertragung im Querformat (Landscape-Modus) zu aktivieren.

Für die kabellose Übertragung der USB-Signale setzt er die Wireless-4-Port-USB-Sharing-Station GUWIP204 von IOGear ein, die rund 100 Dollar kostet. Dieser USB-Hub überträgt vier USB-2.0-Signale per WLAN auf dem 2,4-GHz-Band zum Rechner, der sie als normale USB-Geräte erkennt. Hierbei müsse man nur darauf achten, einen freien WLAN-Kanal zu erwischen, sonst breche die Funkverbindung zusammen.

Letztlich müssen Rift, HDMI- und USB-Transmitter noch mit Gleichstrom versorgt werden. Dazu taugt ein etwas besseres Akkupack, das mindestens 5 Ampere an zwei 5-Volt-Anschlüsse und eine 12-Volt-Buchse ausgibt, wie beispielsweise das Tecrus TP-10000 für knapp 70 Euro. Mit 10 Ah liefert es genügend Saft für rund zwei Stunden Betrieb. Das alles packt Teitler in einen kleinen Rucksack, den er während des Spiels auf dem Rücken trägt, und schon kann er sich völlig frei mit der Rift bewegen. Den Sound überträgt er mit einem Funk-Kopfhörer.

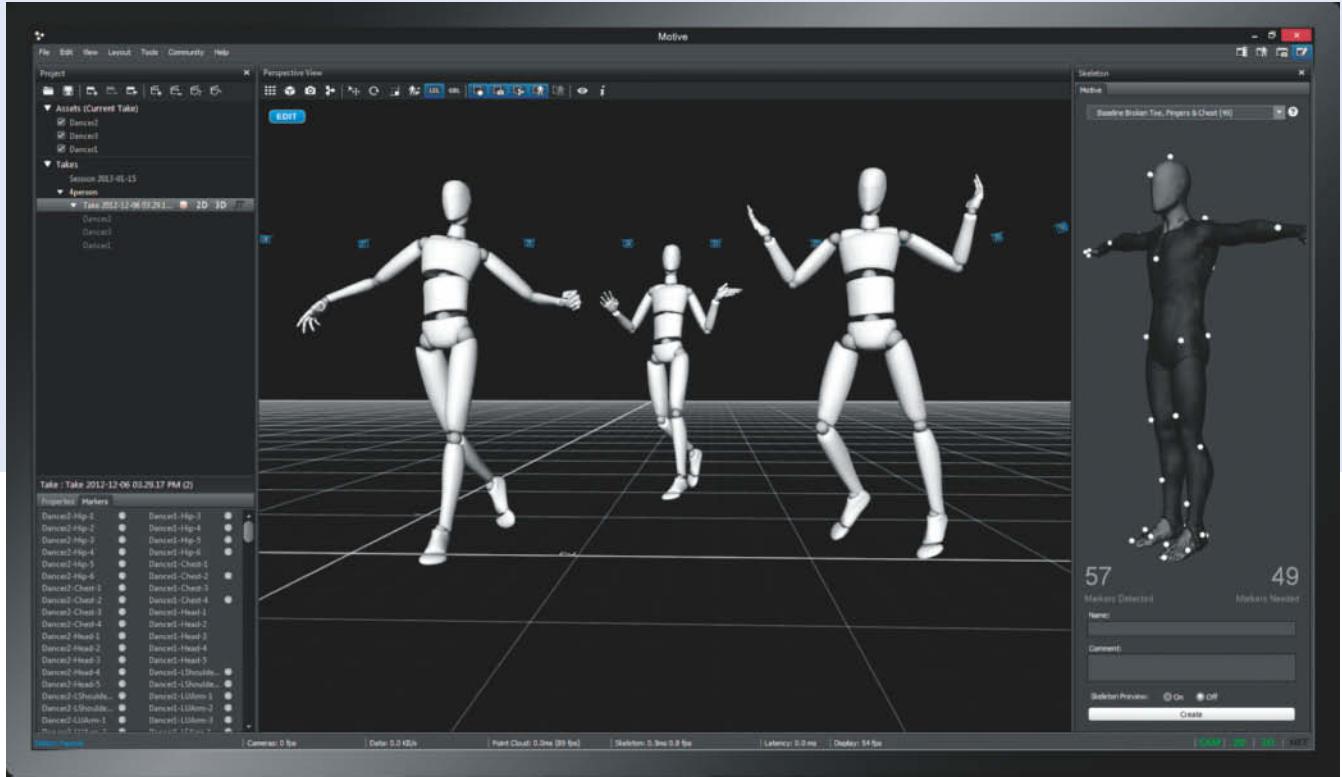
Bewegungsmelder

Ko tet die kabello e Signal Übertragung der Rift samt Akku „nur“ knapp 500 Euro, so muss man in die Bewegungserkennung derzeit noch so viel wie in einen Kleinwagen investieren. Teitler wählte ein professionelles Motion-Capturing-System namens Optitrack von der Firma Natural Point. Das Unternehmen bietet verschiedene Setups mit High-Speed-Kameras an. Sie sind mit Infrarotlampen ausgestattet, deren Licht von Styroporkugeln reflektiert wird, die über den Körper des Spielers verteilt werden. Solche Systeme werden in größeren Ausbaustufen für Filmproduktionen genutzt und können bis zu einer halben Million US-Dollar kosten. Doch Natural Point bietet inzwischen auch deutlich günstigere Systeme an, die durchaus erschwinglich sind für kleinere Firmen oder wohlhabende Privatpersonen. Etwa 1000 US-Dollar pro Quadratmeter überwachter Grundfläche muss man derzeit veranschlagen.

Teitler entschied sich für ein Komplettsystem von Natural Point in der Ausbaustufe mit 16 Kameras des Modells Flex 13, die er an den Wänden seines Wohnzimmers befestigte. Jede Kamera nimmt 120 Bilder pro Sekunde mit einer Auflösung von 1280 × 1024 Bildpunkten auf. Dank der hohen Auflösung kann das System Bewegungen mit einer Genauigkeit von 0,5 mm erfassen. Die Bewegungsinformationen berechnet ein Prozessor in der Kamera, sodass nur noch ein dünner Datenstrom an den Rechner gesendet werden muss und diesen nur wenig belastet. Das treibt allerdings auch den Preis in die Höhe: Jede einzelne Kamera kostet tausend Dollar. Angeschlossen werden sie über einen mit-

16 Motion-Capturing-Kameras vom Typ Optitrack Flex 13 hat Teitler für seine Jedi-Cave an den Wänden verteilt.





Die Motive-Software von Natural Point empfängt die synchronisierten Positionsdaten der Kameras und reicht sie an das Spiel weiter.

gelieferten Optisync-Hub, der per USB 2.0 am Rechner hängt.

Hinzu kommt die passende Motion-Capturing-Software Motive von Natural Point, die die Positionssignale verarbeitet und über eine Programmierschnittstelle weitergibt. Das System kann auf einer Fläche von etwa 20 Quadratmetern zwei Spieler überwachen und kostet inklusive Kameras, Kabeln, Anschluss-Hub und Software 20 600 Dollar. Es ginge aber auch etwas kleiner, wie Teitler erklärt. Ein System mit acht Flex-13-Kameras, das einen Spieler auf einer Fläche von etwa 10 Quadratmetern überwacht, ist für 11 700 Dollar zu haben. Die kleinste Ausbaustufe mit sechs niedrigauflösenden Flex-3-Kameras, die eine Fläche mit 1,5 Metern Durchmesser erfasst, kostet nur noch 7200 Dollar.

Bastelarbeit

Für seinen simulierten Jedi-Kampf muss Teitlers Spiel lediglich die Position und Blickrichtung des Spielerkopfes sowie seines Laser-Schwertes kennen. Es genügt daher, die Reflektorkugeln an Drähten an der Rift-Brille zu befestigen. Dazu benötigt er nicht die teure Body-Tracking-Version der Motive-Software für 2500 Dollar, sondern er kommt mit der Tracker-Version für 1000 Dollar aus. Das Optitrack-System kann dann die Position und Richtung schneller und genauer von allen Seiten erfassen, als es bei der DK2 möglich wäre. Zum Abgleich fragt Teitler noch die Daten des Beschleunigungssensors der Rift per USB ab. Als Lichtschwert hält der Spieler einen Move-

Controller von Sony in der Hand, der ebenfalls mit Reflektorkugeln verziert wurde, sodass die Optitrack-Kameras dessen Position und Richtung erfassen. Mittels einer PS3, die über Sonys Entwickler-Software Move.me mit dem PC verbunden ist, steuert Teitler die Farbe des Leuchtballs der Move-Fernbedienung und lässt den Griff bei einem Aufprall vibrieren. Die Positionserkennung des Move-Controllers nutzt er nicht, weil ihm diese zu ungenau ist.

Mitten im Spiel

Zur Programmierung seines Jedi-Simulators nutzte Teitler die Entwicklerplattform Unity, die das Rift-SDK von Oculus direkt unterstützt. Also muss er nur noch die Positionsdaten der Optitrack-Software übergeben, und schon kann das Spiel den Spielerkopf und das Laserschwert genau erfassen.

Im Spiel steht der Jedi auf einer schwebenden Plattform. Wo er in der realen Welt vor eine Wand laufen würde, tut sich im Spiel ein Abgrund auf. Um den Spieler herum kreist eine schwebende Drohne, wie man sie aus Star Wars Episode IV kennt. Sie greift den Spieler mit Laser-Schüssen und einem eigenen Laserschwert an, die er mit seinem eigenen parieren muss.

Nachdem Teitler das System vorgeführt hatte, konnte ich es selbst testen. Beim Spielerwechsel ist keinerlei Kalibrierung nötig: Brille auf, Rucksack auf dem Rücken, Move-Controller in der Hand und schon taucht man vollständig in

die Jedi-Cave ab. Weil das System jede Bewegung sofort umsetzt, kann man sich in ihr völlig natürlich bewegen: Weder Ruckeln noch schwammige Bewegungen stören das Gefühl der Präsenz – und man kommt richtig ins Schwitzen, wenn man mit der Drohne ins Gefecht geht. Einen Eindruck, wie gut das Ganze funktioniert, haben wir in einem c't-Videoclip eingefangen (siehe c't-Link). Hier finden Sie auch ein Interview mit Benjamin Teitler.

Ausblick

Die gesamte Programmierung des kleinen Spiels und das Aufsetzen des Motion-Capturing-Systems erledigte Teitler innerhalb von vier Monaten nach Feierabend. Künftig will er sein Holodeck unter dem Namen Atomic VR auf Veranstaltungen zeigen und für Events vermieten.

Virtual Reality elektrisiert die Entwickler-Szene derzeit geradezu: Überall schießen ähnliche Projekte aus dem Boden, von denen uns Teitlers Vorführung bislang mit Abstand am meisten beeindruckt hat. Sein System zeigt, dass man schon heute mit der bereits verfügbaren Technik und einem überschaubaren finanziellen Aufwand ein System bauen kann,

das vor einigen Jahren noch als Science-Fiction galt. Anhand unserer Zutaten-Liste unter dem Link unten links können Bastler den Bau einfach nachvollziehen – oder auf die HTC Vive warten, die für viel weniger Geld wahrscheinlich Ähnliches leistet (siehe Seite 42).

Mit Motion-Capturing-Kameras wie dem Optitrack-System lassen sich die Bewegungen der Spieler direkt ohne Verzögerung von einem gut ausgestatteten Gamer-PC empfangen (der Hersteller nennt hier einen Core i5 mit 2,4 GHz und 4 GByte RAM als Mindestvoraussetzung), auf dem auch gleichzeitig das Unity-Spiel läuft. Präddestiniert sind solche Systeme für futuristische Sportspiele, in denen sich der Spieler auf einem festgelegten Spielfeld bewegt. Neben Lichtschwert-Kämpfen würden sich auch Duelle aus dem Film Tron prima eignen.

Der Preis eines solchen Mocap-Kamera-Systems könnte deutlich fallen, wenn die Kameras in größeren Stückzahlen für Endverbraucher gefertigt würden. Beim Einsatz auf Veranstaltungen muss man dafür sorgen, dass die Funk-Übertragungskanäle des Systems auf dem 2,4- und 5-GHz-Band frei bleiben. Das größte Problem dürften jedoch die langen Warteschlangen der Spieler sein, die ein solches Holodeck endlich einmal selbst ausprobieren wollen. (hag) **c't**

Alle Links zum Artikel:
www.ct.de/hb1506080

SPIELZEIT.

iX. MEHR WISSEN.

iX Developer gibt Ihnen wertvolles Wissen rund um das Thema Spieleentwicklung an die Hand.

Inklusive der Themen:

- Grundlagen der Spieleentwicklung
- Entwickler-Know-how
- Game Engines im Überblick
- 3D Games programmieren

+ Große Heft-DVD
mit über 8 GB Inhalten für Entwickler

Bestellen Sie Ihr Exemplar für € 12,90*:

- shop.heise.de/ix-spiele-entwickeln
- ✉ service@shop.heise.de

Auch als eMagazin erhältlich unter:
shop.heise.de/ix-spiele-entwickeln-pdf

 **heise shop**
shop.heise.de/ix-spiele-entwickeln



VR-Technik „Holodeck“

Mit einem Head-mounted-Smartphone – also einem Handy vor dem Kopf – kann man am Fraunhofer IIS in Nürnberg auf 1400 Quadratmetern durch die virtuelle Realität wandern. Wir haben das „Holodeck 4.0“ ausprobiert.

Von Jan-Keno Janssen

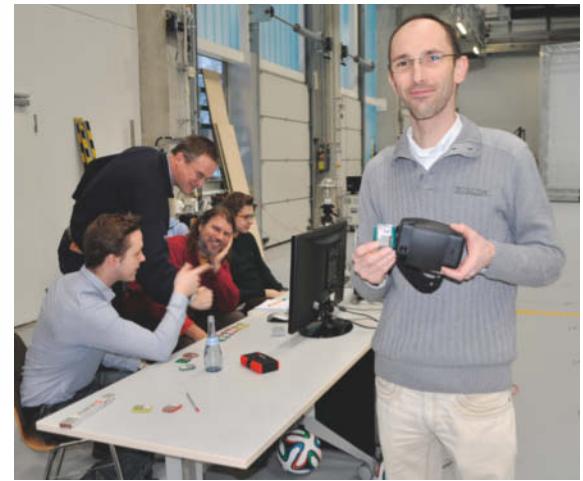
Virtual-Reality-Technik funktioniert inzwischen beeindruckend gut, aber ein grundlegendes Problem wurde noch nicht gelöst: Als VR-Brillen-Träger ist man zum Stillsitzen oder -stehen verdammt – und zwar nicht nur mit verkabelten Brillen wie der Oculus Rift, sondern auch mit Smartphone-VR-Gehäusen. Hier stören zwar keine Strippen, herumlaufen klappt aber

dennoch nicht: Da man seine Umgebung nicht sehen kann, würde man beim Spazieren durch virtuelle Realitäten mindestens Omas schöne Vase umschmeißen – wenn nicht sogar mit Karacho gegen die Wand knallen.

Um sich in der VR fortzubewegen, muss man also auf technische Krücken zurückgreifen, was unangenehme Nebenwirkungen hat: Den



Zum Zeitpunkt Anfang 2015 wurden im Holodeck 4.0 Nexus 5-Handys mit Durovis-Dive-VR-Gehäusen verwendet. Die Technik läuft komplett auf dem Smartphone, das RedFIR-Trackingsystem teilt der App über WLAN die aktuelle Position des VR-Spaziergängers mit.



Der Vater des „Holodecks 4.0“: Projektleiter Stephan Otto mit seinen Kollegen

meisten Menschen wird speiübel, wenn sie ein Spiel aus der Egoperspektive mit einem Gamepad steuern. Meldet doch der Körper „Ich sitze gemütlich auf dem Sofa“, während der Seh- und Hörapparat davon ausgeht, irgendwo herumzurennen.

Ein Weg aus dem Stillitz-Dilemma sind so genannte „Omnidirectional Treadmills“. In diesen Virtual-Reality-Laufställen tritt man auf der Stelle, hat aber mit aufgesetzter VR-Brille das Gefühl, als würde man sich fortbewegen. Zumindest wenn man ein bisschen Fantasie



Die Sender werden induktiv geladen. Der Akku hält mindestens drei Stunden lang.



In der „Holodeck 4.0“-Forschungshalle sind zwölf solcher Antennen installiert.

Fußball statt VR: Das Fraunhofer-Trackingsystem in der Spielanalyse

Da im „Holodeck 4.0“ eingebettete Funk-Trackingsysteme RedFIR haben die Fraunhofer-IIS-Forscher ursprünglich für den Einsatz beim Fußball entwickelt. Die U19-Spieler des Fußball-Bundesligisten des TSG Hoffenheim testeten das System. Nicht nur der Ball ist mit einem Trackingsender ausgestattet, die Sender stecken auch in beiden Stutzen der Spieler. RedFIR arbeitet so genau, dass das System bei jedem Pass zweifelsfrei weiß, ob mit rechts oder links geschossen wurde.

Alle Positionen der Spieler und des Balls sind zur sofortigen oder späteren Verwendung verfügbar – so ließe sich die komplette Partie in 3D-Grafik rekonstruieren. Davon sollen nicht nur Trainer bei der Spielanalyse profitieren, sondern auch das Fernsehen. Das System kann etliche Spieldaten automatisch generieren: neben der Laufdistanz jedes Spielers auch die Anzahl der Sprints, alle Antritte und Stopps sowie die Maximalgeschwindigkeit. Obendrein gibts die Zahl der Ballkontakte, Pässe und Torschüsse.

Für den im Fußball integrierten RedFIR-Sender gibt es eine eigene Induktionsladestation.



mitbringt, denn richtig perfekt funktionieren die ersten dieser Laufställe noch nicht.

Richtig herumlaufen!

Da Fraunhofer IIS löst da Problem viel eleganter: Sie lassen die Besucher ihres sogenannten „Holodeck 4.0“ einfach auf 1400 Quadratmetern herumlaufen. Ja, richtig echt herumlaufen, mit aufgesetzter VR-Brille. Möglich machen es ein Funk-Trackingsystem aus zwölf Antennen sowie ein Sender im Kopfgurt der VR-Brillen. Die Forscher nutzten Anfang 2015 das Smartphone-VR-Gehäuse Durovis Dive zusammen mit Nexus-5-Handys. Inzwischen sind sie auf das leistungsfähigere Gear-VR-System von Samsung umgestiegen. Das Fraunhofer-System lässt sich mit beliebigen Smartphone-Brillen verwenden; es muss nur eine Android-VR-App laufen, die per WLAN die aktuelle Position des Virtual-Reality-Spaziergängers mitgeteilt bekommt.

Seit über zehn Jahren arbeiten die Fraunhofer-IIS-Forscher bereits an dem aufwendigen Trackingsystem. „RedFIR“ wurde ursprünglich für die Echtzeit-Auswertung von Fußballspielen entwickelt. Die Sender wiegen nur wenige Gramm, lassen sich drahtlos aufladen und halten mit einer Akkuladung mindestens drei Stunden lang durch. Die Antennen, die das abgesteckte Areal in der Nürnberger Forschungshalle umgeben, erfassen den Eintreffzeitpunkt der Funksignale des Senders. Aus den daraus berechneten Laufzeitdifferenzen ermitteln die Wissenschaftler die Position mit einer Genauigkeit von rund fünf Zentimetern auf der X- und Y-Achse. Die Höhe wird etwas ungenauer getrackt.

Das Verfahren erfordert im Moment noch extrem viel Rechenpower: Pro Antenne wird ein 19-Zoll-Rack-Rechner im Serverraum verwendet, auf allen läuft eine eigene Linux-Distribution auf Debian-Basis. Hinzu kommen vier Rechner für die Positionsberechnung und ein Rechner plus Datenbank für die Ereigniserkennung - bei dem 12-Antennen-System in Nürnberg kommen also insgesamt 17 Computer zum Einsatz, damit die VR-App im um den Kopf geschnallten Smartphone jederzeit weiß, wo man ist.

Wie fühlt es sich an?

In der echten Welt herumzulaufen und dabei eine künstliche Welt vorgegaukelt zu bekommen ist ungewohnt - und gleichzeitig sehr faszinierend. Im Vergleich zu Virtual-Reality-Laufställen fühlt sich das Gehen im Fraunhofer-Holodeck deutlich echter an. Kein Wunder, denn statt auf der Stelle herumzutapsen, läuft man ganz normal durch die Gegend.

Aber wenn man in der virtuellen Welt vor einem Hindernis wie einer Wand steht, kann man einfach nicht weitergehen - obwohl man weiß, dass der Schritt nach vorne problemlos möglich wäre, weil die Wand in der realen Welt

gar nicht existiert. Ähnlich wie beim „Sich mit geschlossenen Augen fallen lassen“-Experiment klappt der Schritt durchs virtuelle Hindernis nur mit starker Konzentration. Wenn sich das Gehirn so austricksen lässt, spricht das für die Qualität der Technik - auch wenn das System in unserem Testlauf noch ein paar Mal aus dem Tritt kam und nachjustiert werden musste.

Bei der ersten der beiden fürs Fraunhofer-Holodeck entwickelten Demo spaziert man durch ein Landhaus und den Garten drum rum - die App fußt auf der von Oculus VR entwickelten Toskana-Demo. Hier stimmen die Grenzen der virtuellen Welt nicht mit denen der realen Forschungshalle überein, man läuft also Gefahr, gegen eine (echte) Wand zu rennen. In dieser Toskana-Demo experimentieren die Fraunhofer-Forscher mit Multiplayer-Elementen: Theoretisch könnten sich mehr als 100 Spieler in der virtuellen Welt versammeln - so viele Sender verwaltet das Tracking-System. Bislang werden die anderen Spieler nur als menschengroße Tic Tac-Dragees dargestellt; denkbar wären natürlich auch fotorealistische Avatare.

Bei der zweiten Fraunhofer-Demo-App muss man keine Angst haben, gegen ein reales Hindernis zu laufen: Die Ausmaße der virtuellen Umgebung stimmen genau mit denen der Forschungshalle überein - wo eine echte Wand ist, ist auch eine virtuelle. Nur stehen in der Mitte der virtuellen Halle riesige Fertigungsroboter, die in der echten Welt fehlen. Mit der App sollen Produktionsprozesse optimiert werden. So können die Planer großer Industrieanlagen schon vorher lebensecht testen, ob alles so reibungslos funktioniert wie gedacht.

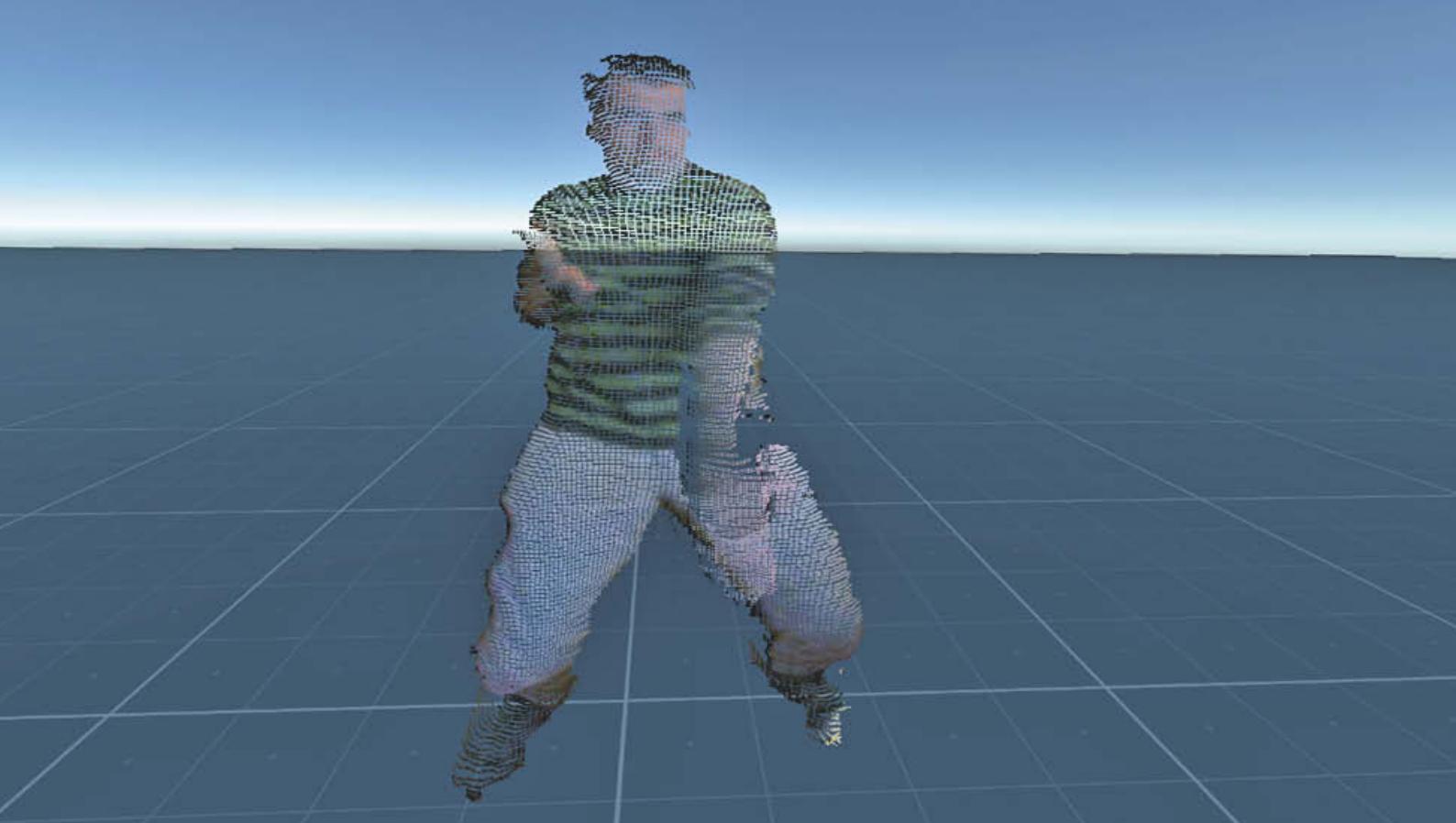
Was macht man damit?

Neben Anlagenplanung sind Trainings-Simulationen aller Art ein mögliches Anwendungsbereich des VR-Holodecks. So könnten zum Beispiel Feuerwehr und Rettungsdienst den Ernstfall in der virtuellen Realität trainieren. Die Fraunhofer-Forscher haben aber auch das Gesundheitswesen im Auge: Ein mögliches Szenario wäre die virtuelle Konfrontationstherapie für Menschen mit Höhenangst, Klaustrophobie oder posttraumatischen Belastungsstörungen.

Geradezu auf der Hand liegt natürlich der Einsatz als Virtual-Reality-Spielplatz. In den bereits in vielen Städten vorhandenen Laser-Tag-Hallen, in denen sich die Spieler mit Licht-Pistolen beharken, würde die VR-Technik für deutlich größeren Realismus sorgen. Allerdings müssten virtuelle und reale Hindernisse dann wirklich zu 100 Prozent übereinstimmen - im virtuellen Häuserkampf mit Volldampf gegen eine reale Wand zu rennen macht auch den größten Virtual-Reality-Fans keinen Spaß.

(jkj) ct

Ein Video vom Besuch
des Fraunhofer-
Holodecks finden Sie
unter ct.de/yzs7.



Animierte Punktwolken aufnehmen

Die spektakulären Hologramme aus dem Science-Fiction-Klassiker Minority Report lassen sich mit einer Kinect-Kamera selbst erstellen und so aufbereiten, dass man in Virtual Reality darin herumspazieren kann. Punktwolkenvideos machen sich auch gut auf der eigenen Website.

Von Christophe Leske

2002 waren die futuristischen Hologramme aus dem Film Minority Report noch absolute Science-Fiction. Heute kann man imponierende, animierte 3D-Punktwolken selbst aufnehmen – und sogar darin herumlaufen, auf Wunsch in Virtual Reality. Dazu benötigen Sie eine Kinect-Kamera und ein wenig Software – eine Oculus Rift ist optional.

Der Workflow funktioniert so: Ein Strom aus Tiefen- und Videodaten wird erst aufgenommen und bearbeitet, dann exportiert und in Unity visualisiert. Am einfachsten klappt das mit zwei einander ergänzenden Software-Komponenten: Brekel Pro PointCloud zur Aufnahme und Bearbeitung der Daten und einem kostenlosen Skript zur Visualisierung der Ergebnisse in Unity. Sie finden alle genannten Programme, Websites und Skripte über den c't-Link.

Punktwolken im Kasten

Die Software zum Aufnehmen kommt von Jasper Brekel, einem niederländischen Entwickler mit Spezialisierung auf Motion-Capturing-Werkzeuge. Pro PointCloud gibt es in separaten Versionen für die erste und die zweite Generation der Kinect. Die ältere Kamera liefert niedriger aufgelöste Tiefendaten, ist dafür aber einfacher zu handhaben und läuft ab Windows XP in 32 Bit. Die Kinect 2 setzt zwingend Windows 8 in 64 Bit voraus; außerdem benötigt sie einen kompatiblen USB-3.0-Anschluss, am besten mit Intel- oder Renesas-Chipsatz.

Brekel PointCloud ist als kostenlose Trial-Version erhältlich, die nach vier Sekunden die Aufnahme abbricht. Wenn die Software gefällt, kann man sie für 80 US-Dollar (Kinect 1) respek-

tive 140 US Dollar (Kinect 2) beim Entwickler registrieren.

Nach dem Start grüßt die Live-Ansicht der Tiefeinkamera. Im Programmfenster kann man die Ansicht ausrichten und automatisch den Boden erkennen lassen, damit die Aufnahme später räumlich stimmig ist. Ebenso begrenzt die Software auf Wunsch das erfasste Volumen oder erkennt Personen, um den Hintergrund auszublenden. Auch die Wahl der Tonquelle ist möglich, etwa um ein hochwertiges externes Mikrofon zu nutzen.

Ein Stativ ist vor allem für die Darstellung in Virtual Reality sinnvoll. Ansonsten kommt es beim Betrachter schnell zu Chaos im Kopf - und Übelkeit. Ist alles richtig eingestellt, beginnt ein Klick auf „Start Record“ die Aufnahme; ein weiterer Klick beendet sie wieder.

Punktwolken bearbeiten

Nach erfolgreicher Aufzeichnung bietet Brekel Pro PointCloud einen Editiermodus, in den man über den Reiter „File“ gelangt. Hier muss man erst die Aufnahme wieder einlesen, um sie zu bearbeiten. Im einfachen Schnittwerkzeug kann man Start- und End-Frame angeben. Leider wirkt der Schnitt nur aufs Video und nicht auf eventuell mit aufgezeichneten Ton. Der muss in einem Audioeditor wie dem kostenlosen Audacity manuell nachbearbeitet werden. Außerdem fehlen dem aufgenommenen Material jegliche Synchronisationsmarken wie etwa Zeitstempel: Zum Abspielen müssen Bild- und Tondaten deshalb manuell synchronisiert werden.

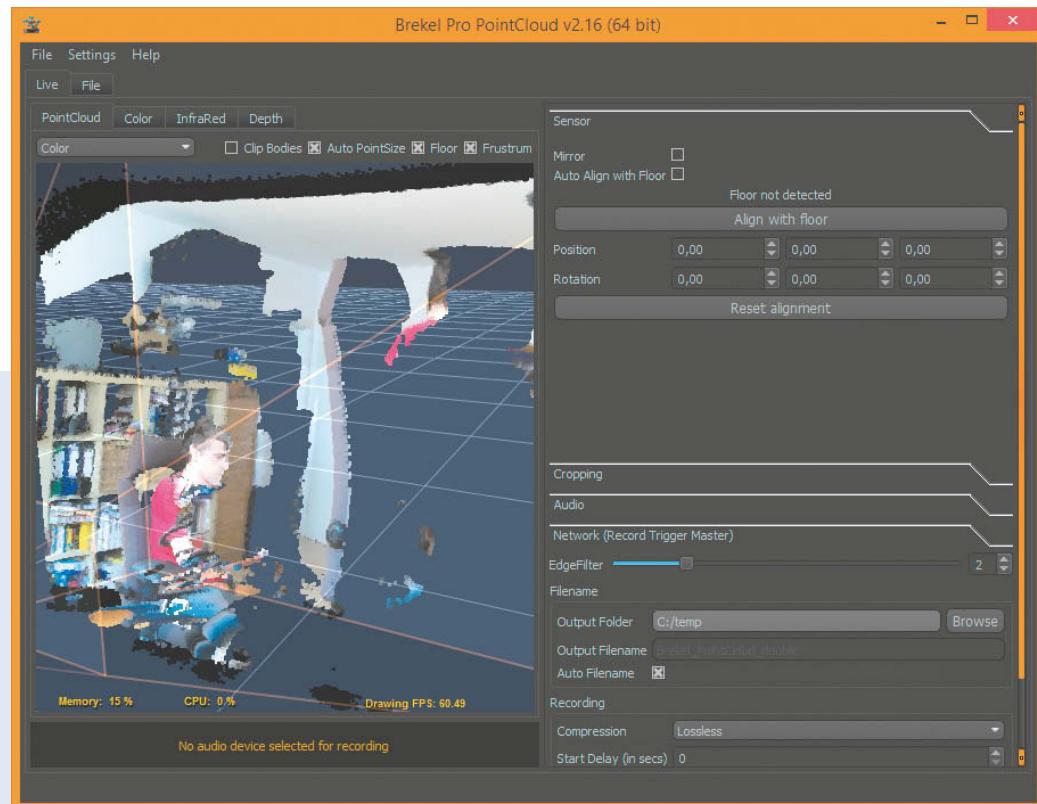
Ein sinnvoller erster Schritt nach der Aufnahme ist die „Decimate“-Funktion, die die aufgenommene Punktmenge und damit das Datenvolumen verkleinert (zum Beispiel um jeden zweiten Punkt). Das Cropping-Werkzeug begrenzt und bereinigt das erfasste Aufnahmeverummen nochmals – wenn zum Beispiel der Boden oder die Decke unruhig aussieht, lässt sich dieser einfach wegschneiden.

„Transform“ bietet die Möglichkeit, die Aufnahme im Raum zu bewegen, zu skalieren und zu rotieren. Neu hinzugekommen ist seit der letzten PointCloud-Version ein Kantenfilter, der die Umriss einer Person besser herausarbeitet, um Geisterpixel und zerrissene Konturen zu vermeiden.

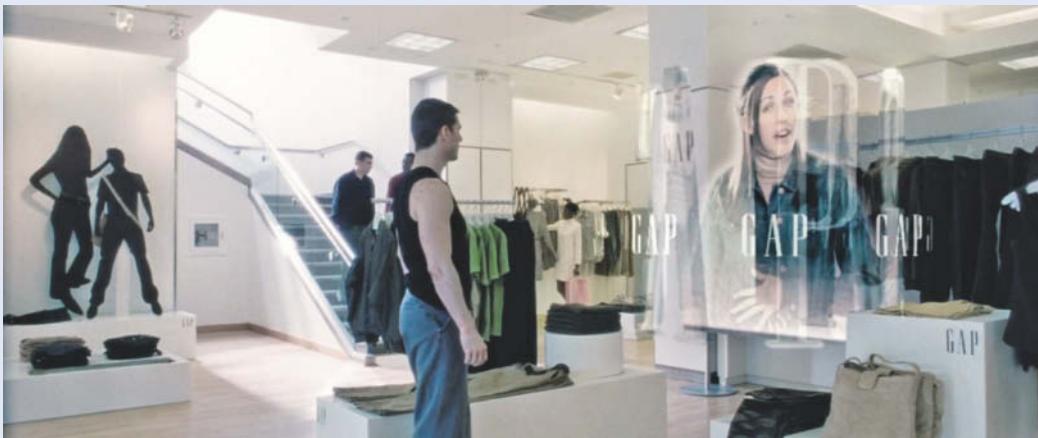
Raus mit den Punktwolken

Nun legt man fest, wie die Daten auf gegeben werden sollen: „Geometry Output“ erzeugt 3D-Modelle; „Particle Output“ exportiert Partikelsysteme und Punktwolken, „Texture Output“ die Texturdaten. Dabei werden jeweils verschiedene Ausgabeformate unterstützt, darunter PLY und OBJ für Geometrie sowie RealFlow und Houdini für die Punktwolken. Diese können in 3D-Software wie Maya oder 3D Max visualisiert werden. Das Binärformat „UnityCoder PointCloud Binary“ gibt die Punktwolken in einem Format für die beliebte 3D-Entwicklungsumgebung Unity aus. Deren Personal Edition darf praktischerweise umsonst genutzt werden.

Allerdings beherrscht dieses Binärformat keinerlei Kompression – die Dateigröße wächst also



Im Punktwolken-Aufnahmetool Brekel Pro PointCloud kann man die Datenwolken direkt bearbeiten.



Animierte Hologramme wie im Science-Fiction-Film *Minority Report* (2002) kann man mit einer Kinect-Kamera selbst aufnehmen.

chnell an. Die Auflösung eine Tiefenbilde beträgt 512 mal 424 Pixel, das entspricht 217 088 Einzelpunkten im Raum, die neben XYZ-Koordinaten im Gleitzahlformat ($3 \cdot 4$ Bytes) auch einen RGB-Farbwert (3 Bytes) haben. Alles in allem kommt man bei 30 fps auf happyge 93 MByte pro Sekunde.

Punktwolken visualisieren

Zum Abspielen der aufgenommenen Animation in Unity legt man eine Szene mit einem leeren GameObject an, das über den Menüpunkt „GameObject/Create Empty“ eingefügt wird. Diesem weisen Sie unser kostenloses Abspielsskript „Streaming Binary Viewer DX11“ zu – andernfalls weiß Unity nicht, was es mit den Punktwolken-Daten anfangen soll. Zum Ausprobieren können Sie auch unser Demoprojekt aus dem Netz laden.

Zur Wiedergabe der eigenen Animation kommt die exportierte Datei in ein Unterverzeichnis des Unity-Asset-Ordners. Der Name des Verzeichnisses muss als „Base Folder“ für das Abspielsskript im Inspector angegeben werden,

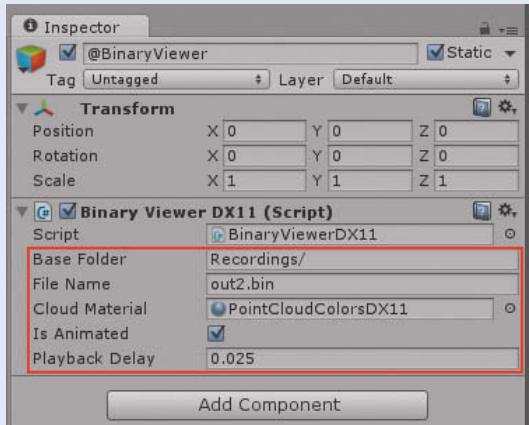
etwa „Recordings“. Als „File Name“ gibt man den Dateinamen der Aufnahme inklusive Endung an. Das „Cloud Material“ muss „Colored-PointCloudsDX11“ sein; es nutzt einen speziellen DirectX11-Shader zur Punktdarstellung. Die Checkbox „Is Animated“ sollte angeklickt bleiben, sonst wird die Animation nicht abgespielt. Die letzte Option „Playback Delay“ gibt an, wie viel Zeit pro Bild vergehen soll und bestimmt die Abspielgeschwindigkeit. Abschließend kann man eine optionale Sound-Quelle einfügen, um den aufgenommenen Ton mit abzuspielen – fertig ist die eigene holografische Punktwolke.

Virtuell originell

Sollten Sie eine Oculus-Rift-VR-Brille besitzen, können Sie die Punktwolken-Animation sogar begehbar machen: In der aktuellen Unity-Version 5.1 wird die Rift direkt unterstützt. Sobald die Brille am Rechner hängt und im Oculus-Treiber „Direct HMD Access from Apps“ aktiviert ist, wird die Vorschau nicht nur auf dem Monitor angezeigt, sondern auch im Headset – in voller stereoskopischer 3D-Pracht.

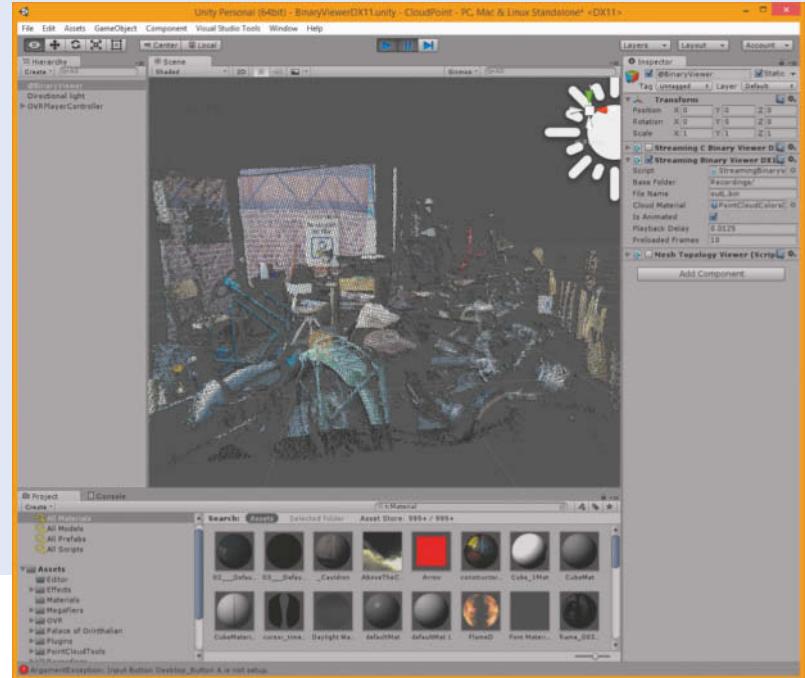


Das Musikvideo „TNT for two“ der neuseeländischen Gruppe Pajama Club zeigt eine animierte Punktwolke, deren 3D-Daten im Videoclip hinterlegt sind.



In den Optionen des Playback-Skripts für Unity wird das Unterverzeichnis und der Dateiname der Aufnahme angegeben.

Hängt eine Oculus Rift am Rechner, zeigt Unity die Vorschau automatisch auch in der Virtual-Reality-Brille an.



Um eine Minimalszene zur Wiedergabe einer Punktfolke zu bauen, benötigen Sie in Unity drei Dinge: eine Spielersteuerung, einen festen virtuellen Boden sowie Ihre Punktfolkenanimation. Die Spielersteuerung und den Fußboden können Sie mit sogenannten Prefabs realisieren - das sind fertige Bausteine aus Unity-Funktionen.

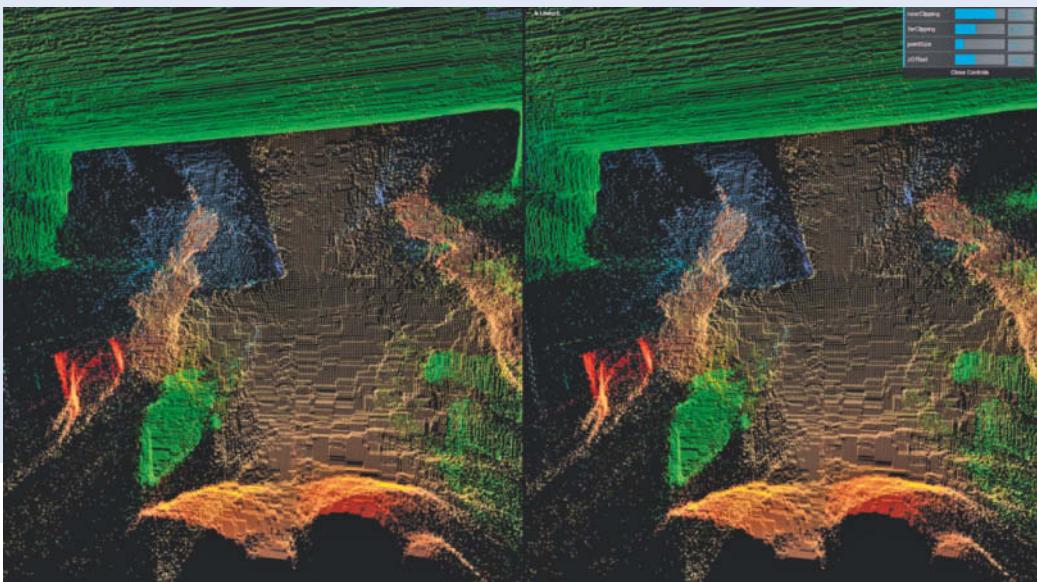
Eine Spielersteuerung benötigt zum Funktionieren in der virtuellen Welt festen Boden unter den Füßen. Andernfalls fällt man beim Start endlos nach unten - simulierte Schwerkraft hält. Dafür baut man entweder aus einem Quader in Unity einen eigenen Fußboden oder man importiert das sogenannte Prototyping Package über „Assets/Import Package/Prototyping“. Danach befindet sich im Ordner „Standard Assets“ ein

weiterer Unterordner namens „Prototyping“, der die Bausteine zum schnellen Aufbau einer Spielwelt enthält. Empfehlenswert ist etwa das Prefab „FloorPrototype64x01x64“: Ziehen Sie es in das Hierarchy-Fenster, damit es in die Spielwelt eingefügt wird.

Importieren Sie als Nächstes die eigentliche Spielersteuerung über das Menü „Assets/Import Package/Characters“. Im Ordner „Standard Assets“ (Projekt-Fenster) finden Sie nach dem Import das neue Verzeichnis „Characters“, in dem „FirstPersonCharacter/Prefabs“ enthalten sind. Dazu gehört der „RigidBodyFPSController“, der eine aus First-Person-Spielen bekannte Steuerung per WASD auf der Tastatur oder ein Gamepad aktiviert. Ziehen Sie dieses Prefab in das Hierarchy-Fenster und stellen Sie sicher, dass die



Ein Screenshot aus dem Clip mit nebeneinanderliegenden Tiefen- und Farbinformationen: Der Vertex-Shader erzeugt 3D-Punkte, der Pixel-Shader legt Farbwerte darüber.



Virtual Reality funktioniert auch im Browser – und sogar mit eigenen Kinect-Videos: Das Firefox-Projekt MozVR macht's möglich.

Kamera beim Start nicht durch den Boden fällt. Sollte dies der Fall sein, sitzt die Geometrie wahrscheinlich in der Oberfläche des Bodens statt darüber zu schweben – dann greift die Kollisionserkennung nicht.

Besser, aber komplizierter

Bisher ging es nur darum, wie man auf einfachstem Weg eigene Aufnahmen in Unity visualisiert. Wer die Punktwolkenvideos stattdessen im Browser darstellen will, kann ein anderes – allerdings noch etwas holperiges – Verfahren mit Videoclips verwenden. Der Workflow ist zwar komplizierter, bietet aber einige Vorteile: Die Datenströme können stärker komprimiert werden, außerdem sind Bild und Ton von vornherein synchronisiert.

Der Videokünstler Jeff Nusz hat auf diesem Weg den sehenswerten interaktiven Musik-Clip „TNT for two“ für die neuseeländische Gruppe Pajama Club produziert. In seinem Blog beschreibt er das verwendete Verfahren: Nusz hat die Tiefendaten der Kinect mit denen der Farbbildkamera kombiniert und nebeneinander in einem Video aufgenommen. Bei der Wiedergabe im Browser wird der Videoclip unsichtbar im Hintergrund gestreamt; ein Vertex- und Pixel-Shader kümmern sich um die Rekonstruktion der Punktdata. Dabei liest jeder Shader einen anderen Bereich aus: Der Vertex-Shader ermittelt aus dem linken Tiefenbild die Koordinatenwerte, der Pixel-Shader bezieht aus dem rechts danebenliegenden Farbbild den zugehörigen RGB-Farbtön. Das Ergebnis ist eine animierte Punktwolke mit Farbinformationen, perfekt synchronisiert zur Musik, und das alles in einem Clip, der mit gerade mal 70 MByte problemlos durchs Netz gestreamt werden kann.

Eine Vorstufe dieses Verfahrens findet sich auf der Website der WebGL-3D-Bibliothek three.js: Das dort gezeigte Beispiel „Kinect“ verwendet einen Videoclip, der nur Tiefeninformationen

enthält und wandelt diese zur Laufzeit in ein 3D-Bild um. Hier wird das Video per JavaScript im Hintergrund geladen, per Vertex- und Pixel-Shader ausgelesen und dann zur Punktfolke rekonstruiert – leider nur in Falschfarben. Der Betrachter kann über ein kleines Menü („Open Controls“) die Parameter für das Near- und Far-Clipping einstellen sowie die Punktgröße und den Abstand zur Kamera.

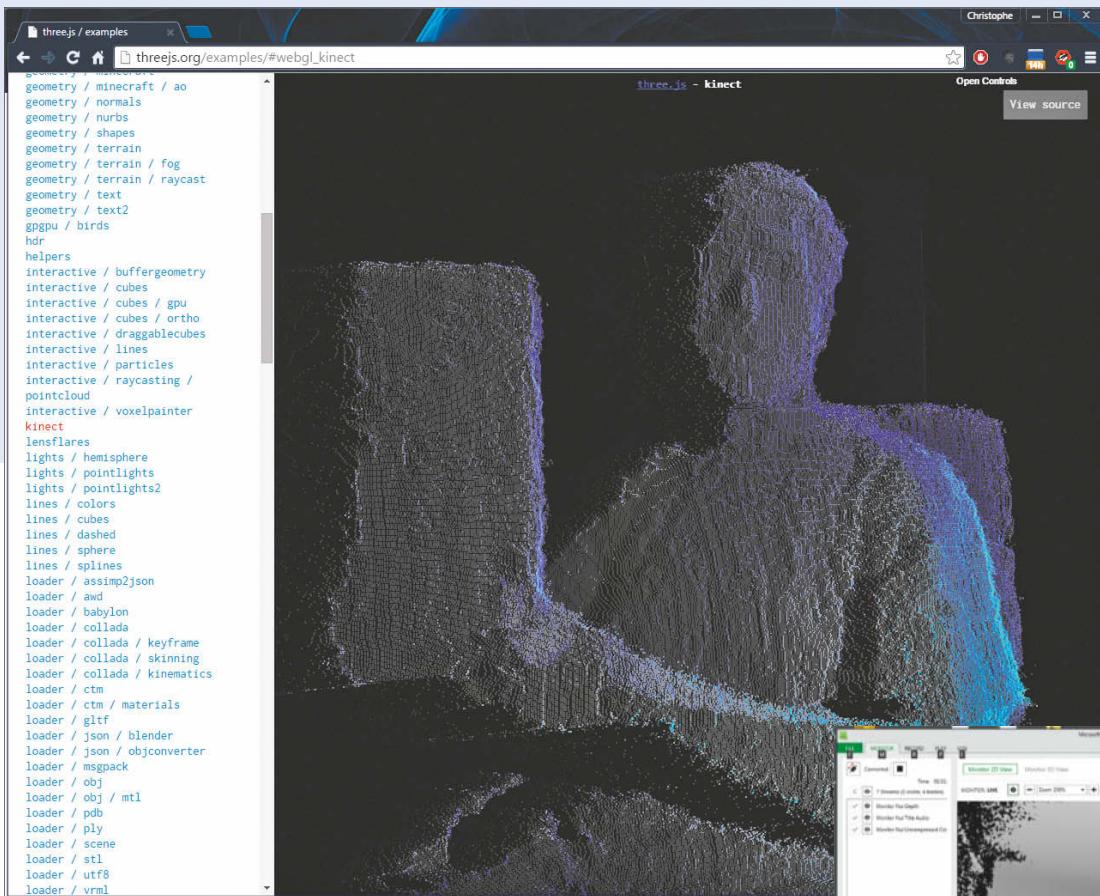
Über den Button „View Source“ erhält man Einblick in den Quellcode. Hier werden zwei Shader benutzt: Der Vertex-Shader ist für die Projektion und Ermittlung der XYZ-Koordinaten zuständig. Der zweite Shader sorgt für die Ermittlung der Farbe aus der Videotextur. Den Source-Code und eine fertige Demo finden Sie ebenfalls über den c't-Link.

Punktfolken als Video

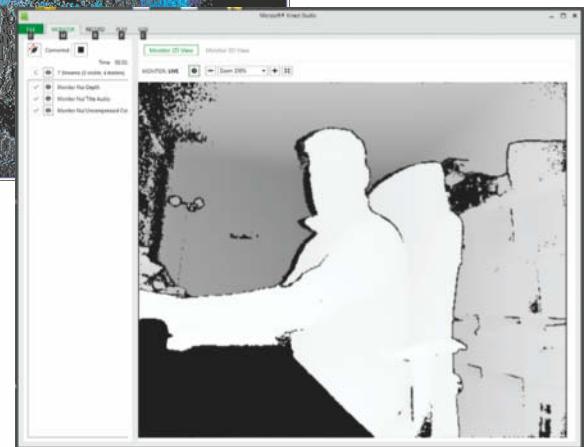
Am einfachsten erstellt man ein eigenes Video inklusive Tiefeninformationen mit Kinect Studio aus dem Microsoft Kinect SDK (Version 1.8 für die alte Kinect, Version 2.0 für die neue). Diese Anwendung visualisiert alle Datenströme in Echtzeit – so auch das Tiefenbild.

Mit einem Tool wie Bandicam kann man das Video aus der Kinect-Studio-Anwendung abfilmen. Uns ist kein Tool bekannt, das aus dem Tiefen-Stream der Kamera direkt eine Videodatei erzeugen könnte. Kinect Studio bietet nur jeweils eine Ansicht des Tiefenbildes oder des Farbbildes, zeigt aber nicht beide gleichzeitig. Das ist schade – denn sonst ließen sich direkt Videos aufnehmen, die beide Informationen gleichzeitig enthalten.

Aber zurück zu dem, was machbar ist: Hat man ein Tiefenkamera-Video erstellt, muss man es anschließend in ein vom Browser lesbares Format umwandeln. Dafür bietet sich Googles WebM mit dem VP8-Codec an, das Chrome und Firefox ohne Plug-in wiedergeben. Bei der Umwandlung helfen Tools wie VLC oder FFmpeg. In



Futuristisch:
Die WebGL-Bibliothek **three.js** zeigt eine 3D-Ansicht der Kinect-Tiefendaten.



Das Kinect Studio stammt aus dem Kinect SDK. Es visualisiert alle Datenströme der Kamera inklusive Tiefenbild. Je näher ein Bildpunkt der Kamera ist, desto heller wird er dargestellt.

Alle Links zum Artikel:
www.ct.de/hb1506088

FFmpeg lässt sich ein aufgenommenes AVI mit diesem Befehl nach Webm/VP8 wandeln:

```
ffmpeg -i inputVideo.avi output.webm
```

Jetzt kann man die HTML-Seiten der Kinect-Demo für das eigene Punktwolkenvideo anpassen. Dazu laden Sie die HTML-Seite der Kinect-Demo von three.js herunter, inklusive aller darin referenzierten JavaScript-Bibliotheken. Passen Sie im HTML-Quellcode der Seite den Namen und die Referenz an das eigene Video an. Die entsprechende Zeile mit dem Videonamen findet sich im JavaScript-Code der HTML-Seite in Zeile 200. Alternativ dazu kann man auch ein Unterverzeichnis namens „texture“ auf dem eigenen Server anlegen und dorthin ein Video mit dem Namen „kinect.webm“ kopieren.

Das Ergebnis ist eine streamende 3D-Punktwolken-Animation im Browser mit synchronem Ton. Auch dieser Ansatz lässt sich ausbauen: So bietet etwa Mozilla unter dem Projektnamen

MozVR ein Nightly Build von Firefox an, das die Oculus Rift DK2 inklusive Headtracking nativ unterstützt. Ein entsprechendes Boilerplate-Projekt von MozVR zeigt Code, mit dem sich eine stereoskopische Kamera für eine Virtual-Reality-Darstellung einbinden lässt. Ein paar Zeilen führen zu einem Ergebnis, das mit dem von Unity vergleichbar ist: die Visualisierung einer animierten 3D-Punktwolke, aber als Videotextur gespeichert, mit Sound und komplett im Browser umgesetzt – wenn auch ohne richtige Farben.

Ein kleines Wiki mit Demodateien, Tools und Artikeln zu weiterführenden Themen soll Ihnen Lust auf weitere Experimente machen (siehe Link zum Artikel). Sie finden dort das Unity-Abspielskript zum Streaming der aufgenommenen Dateien sowie ein Kommandozeilen-Tool zur Kompression der Datenströme und weitere Tipps und Tricks rund um Punktwolkenaufnahmen. (jkj) ct



Android-Programmierung für Google Cardboard mit OpenGL

Google hat mit seinem 3D-Brillen-Bastelkit Cardboard das Eintauchen in virtuelle Realitäten für Smartphone-Besitzer einfach und erschwinglich gemacht. Mit dem Cardboard SDK lassen sich eigene 3D-Apps für die Pappbrille schreiben.

Von Andreas Linke

Hunderte Apps sind bereits für Google Cardboard und andere Smartphone-VR-Halterungen erschienen, einige davon sind durchaus beeindruckend. Kein Wunder, denn die ersten Schritte zu einer eigenen 3D-App sind gar nicht so schwer. Dieser Artikel wirft einen Blick auf das von Google kostenlos zur Verfügung gestellte Cardboard SDK und die zugrundeliegende OpenGL-Programmierung auf Android-Geräten. Android unterstützt OpenGL ES (Open Graphics Library for Embedded Systems) schon immer; die für Cardboard benötigte Version OpenGL ES 2.0 ist seit Android 2.2 verfügbar, das Cardboard SDK setzt allerdings Android Version 4.1 (Jelly Bean) voraus.

Google bietet das Cardboard SDK in zwei Varianten an: einmal für die Verwendung mit dem Spiele-Framework Unity und einmal in einer Variante, die direkt auf das 3D-Render-Framework OpenGL aufsetzt. Das Folgende zeigt die Programmierung mit OpenGL.

Leider ist die von Google mitgelieferte Beispiel-App ziemlich komplex und schlecht dokumentiert. Zum Verständnis des Codes sind detaillierte Kenntnisse in der OpenGL-Programmierung vonnöten. Wir haben daher für diesen Artikel versucht, ein möglichst einfaches Beispiel zu implementieren. Der Wow-Faktor ist zugegebenermaßen nicht besonders groß. Die Reduktion auf das Wesentliche hilft aber, die Grundideen zu verstehen.

Hallo Dreieck

Jedes noch so komplexe OpenGL-Objekt setzt sich aus Dreiecken zusammen. Das Pendant zu

„Hello World“ in OpenGL ist daher ein Programm, das ein einzelnes Dreieck zeichnet. Bis dieses Dreieck auf dem Bildschirm erscheint, sind allerdings erst mal ein paar Vorarbeiten zu leisten.

Zunächst sind die Raum-Koordinaten des Objektes festzulegen. In OpenGL bezeichnet man die Koordinaten als Vertices (Singular: Vertex). Sie gehören zu einem rechtshändigen Koordinatensystem. Drei Vertices mit jeweils drei Parametern x, y und z beschreiben ein Dreieck eindeutig im Raum. Dieses Dreieck wird schließlich als eine Menge von Pixeln, in OpenGL Fragmente genannt, auf dem Schirm dargestellt.

Um das Objekt in der richtigen Größe und Lage zu zeichnen, werden die Vertex-Koordinaten mit einer Reihe von Matrizen multipliziert. Die sogenannte Model-Matrix verschiebt, dreht und skaliert das Objekt im Raum, die View-Matrix beschreibt die Kamera-Perspektive. Aus der Multiplikation der beiden entsteht die Model-View-Projektions-Matrix, die die Abbildung auf das Display des Betrachters beschreibt.

Zum Glück muss man die Matrizen nicht alle selbst ausrechnen, diverse Hilfsmethoden vereinfachen die Arbeit. So erzeugt etwa folgende Methode eine Transformationsmatrix, die einem Kamera-Blick von Position (eyex, eyey, eyez) nach (centerx, centery, centerz) entspricht, wobei der Vektor (upx, upy, upz) festlegt, wo oben ist:

```
float cameraMatrix[] = new float[16];
Matrix.setLookAtM(cameraMatrix, 0, eyex, eyey, eyez,
    centerx, centery, centerz, upx, upy, upz);
```

Der zweite Parameter gibt bei den meisten OpenGL-Methoden den Startindex des Ergebnis-Arrays an und ist normalerweise 0.

Die Multiplikation zweier Matrizen erledigt

```
Matrix.multiplyMM(result, 0, matrix1, 0, matrix2, 0);
```

OpenGL tammt aus der C/C++ Welt und kann mit der in Java verwendeten dynamischen Speicherverwaltung nichts anfangen. Java-Arrays mit Objektkoordinaten oder andere Daten wie beispielsweise Farben müssen daher mit speziellen Befehlen jeweils vor der Verwendung in ein OpenGL-kompatibles Format umgewandelt werden. Folgender Codeschnipsel vermittelt zwischen den Welten:

```
float triangleCoords[] = {0, 1, 0, ...};  
vertexBuffer = ByteBuffer  
.allocateDirect(  
    triangleCoords.length * BYTES_PER_FLOAT)  
.order(ByteOrder.nativeOrder())  
.asFloatBuffer();  
vertexBuffer.put(triangleCoords);
```

Die eben erwähnten Matrix Operationen werden nicht in Java, sondern als Maschinencode auf dem Grafikprozessor ausgeführt. Jedes OpenGL-Programm enthält dazu mindestens zwei sogenannte Shader: Vertex-Shader und Fragment-Shader.

Das sind Mini-Programme, die zur Laufzeit der App vor der ersten Verwendung kompiliert werden. Grob gesagt wird der Vertex-Shader (`GL_VERTEX_SHADER`) für jeden Vertex (Eckpunkt) des Objekts aufgerufen und berechnet dessen finale Position. Der Fragment-Shader (`GL_FRAGMENT_SHADER`) wird für jedes Pixel auf dem Schirm ein-

mal aufgerufen und bestimmt dessen Farbe. Durch die Ausführung auf dem Grafikprozessor ist die Darstellung auch für komplexe Objekte unglaublich schnell.

Ein einfacher Vertex-Shader sieht wie folgt aus:

```
// Model View Projection Matrix  
uniform mat4 uMVPMatrix;  
// Position  
attribute vec4 vPosition;  
void main() {  
    // Position auf dem Bildschirm  
    gl_Position = uMVPMatrix * vPosition;  
}
```

Er berechnet die Position `gl_Position` des Vertex auf dem Bildschirm durch Multiplikation der übergebenen Model-View-Projektionsmatrix `uMVPMatrix` mit dem Vertex `vPosition`.

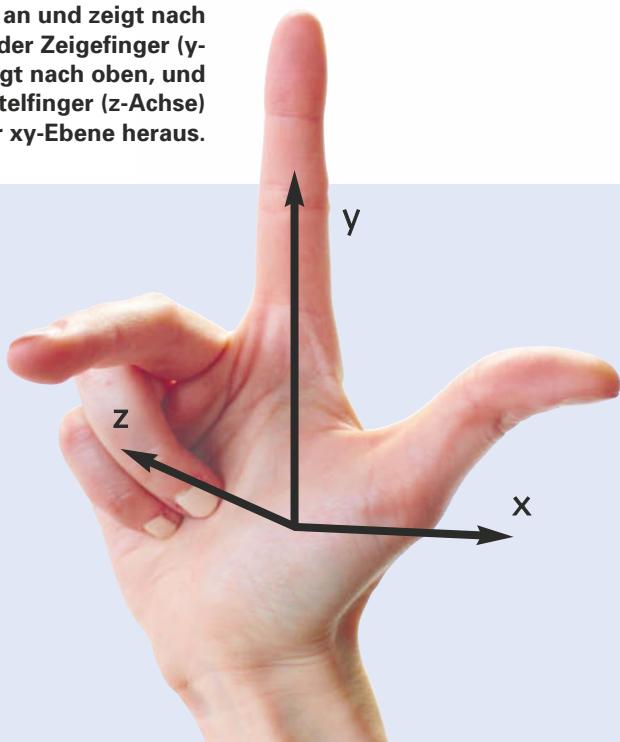
Im einfachsten Fall weist der Fragment-Shader jedem Pixel dieselbe Farbe `vColor` zu

```
uniform vec4 vColor;  
void main() {  
    gl_FragColor = vColor;  
};
```

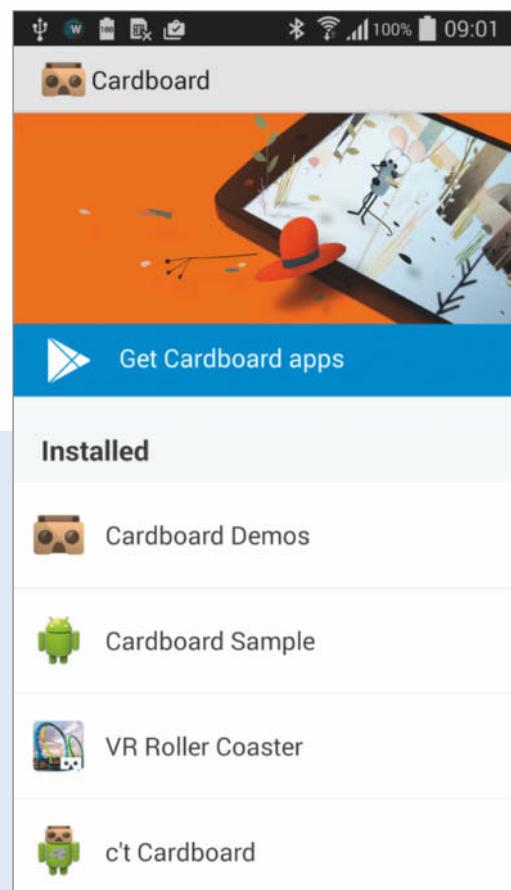
Der folgende Code kompiliert die beiden Shader und linkt sie zu einem gemeinsamen Shader-Programm:

```
mProgram = GLES20.glCreateProgram();  
GLES20.glAttachShader(mProgram, vertexShader);
```

Im rechtshändigen Koordinatensystem von OpenGL gibt der Daumen der rechten Hand die x-Achse an und zeigt nach rechts, der Zeigefinger (y-Achse) zeigt nach oben, und der Mittelfinger (z-Achse) aus der xy-Ebene heraus.



Mit dem richtigen Intent-Filter erscheint die eigene App auch in der Google-Cardboard-Übersicht.



```
GLES20 glAttachShader(mProgram, fragmentShader);
GLES20.glLinkProgram(mProgram);
```

vertexShader und fragmentShader enthalten den Shader-Quellcode als String.

Mit diesen Vorarbeiten kann man schließlich das Shader-Programm in den Grafikprozessor laden:

```
GLES20.glUseProgram(mProgram);
```

Der folgende Code bringt da Vertex Array mit Dreiecks-Koordinaten mit der Shader-Variable Position zusammen

```
private final int vPosition =
    GLES20.glGetAttribLocation(mProgram, "vPosition");
GLES20.glEnableVertexAttribArray(vPosition);
GLES20 glVertexAttribPointer(
    vPosition, COORDS_PER_VERTEX,
    GLES20.GL_FLOAT, false,
    0, vertexBuffer)
```

Nun lässt sich da Dreieck zeichnen

```
GLES20.glDrawArrays(GLES20.GL_TRIANGLE_STRIP, 0, 3);
```

Der zweite Parameter gibt wie üblich den Startindex im Vertex-Array an, der letzte Parameter bestimmt die Anzahl der zu zeichnenden Vertices.

In Stereo

So weit, so prinzipiell ganz einfach: Ein einzelnes Dreieck erscheint auf dem Bildschirm. Für die stereoskopische Darstellung müssen es aber zwei sein, für jedes Auge eines in einer leicht versetzten Perspektive. Die Unterteilung des Bildschirms in zwei Hälften übernimmt das Cardboard SDK.

Es besteht aus der Bibliothek cardboard.jar und der Hilfsbibliothek libprotobuf-java-2.3-nano.jar. Beide liegen im Verzeichnis libs des Google-Beispielprojekts (siehe Link am Artikelende).

Im Android-Manifest der App sind einige Einstellungen vorzunehmen. Nicht jedes Android-Gerät hat die nötige Rechenleistung, um OpenGL-Programme auszuführen, daher erlaubt die Zeile

```
<uses-feature android:glEsVersion="0x00020000"
    android:required="true" />
```

die Installation nur auf kompatiblen Geräten.

Das Cardboard SDK benötigt die Berechtigungen

```
<uses-permission android:name=
    "android.permission.NFC"/>
<uses-permission android:name=
    "android.permission.READ_EXTERNAL_STORAGE"/>
<uses-permission android:name=
    "android.permission.WRITE_EXTERNAL_STORAGE"/>
```

für das automatische Starten der Google Cardboard App, wenn ein NFC-Tag gefunden wird, sowie zum Lesen und Speichern benutzerspezifischer Anpassungen der Stereo-Darstellung.

Intent-Filter

Die Einstellung

```
category android name
"com.google.intent.category.CARDBOARD" />
```

sorgt dafür, dass die offizielle Google Cardboard App die eigene App findet und in ihren Katalog aufnimmt.

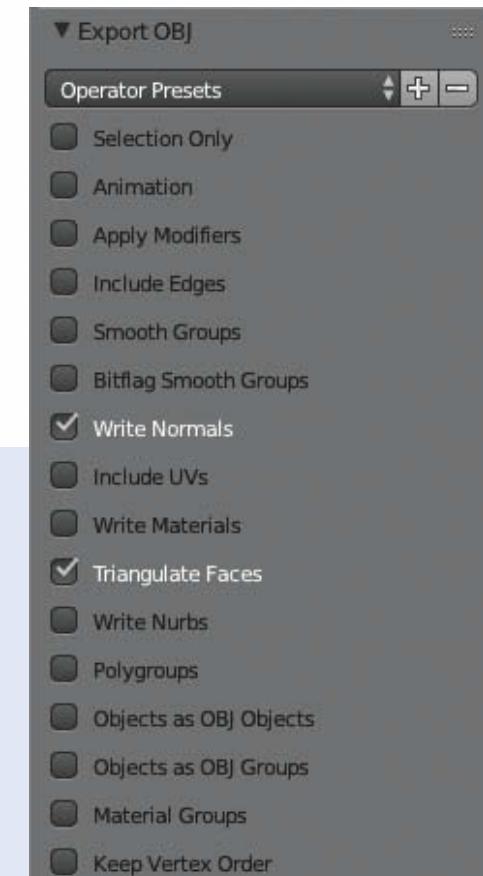
Da man bei aufgesetzter 3D-Brille schlecht aufs Display tippen kann, enthalten Cardboard-Apps keine interaktiven GUI-Elemente. Neben der Bewegung der Brille oder des Kopfes im Raum ist nur eine einzige, über den Magneten an der Brille ausgelöste Interaktion möglich, die sich durch Auslesen des Magnetfeld-Sensors (vulgo Kompass) abfragen lässt. Betätigt der Benutzer den Magnetschalter an der Brille, ruft die CardboardActivity das Callback

```
public void onCardboardTrigger()
```

auf. Unsere Beispiel-App ändert bei jedem Auslösen des Triggers die Farbe des Dreiecks.

Cardboard-Apps sind immer Vollbildschirm-Apps, die im Querformat laufen, wobei dieser in zwei Hälften für das linke und rechte Auge aufgeteilt ist.

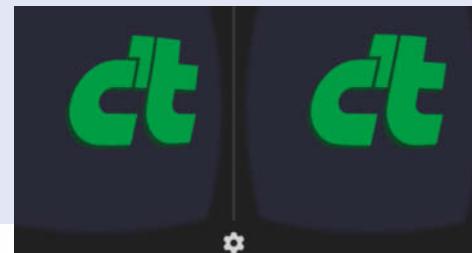
Cardboard-Apps bestehen normalerweise aus nur einer Activity. Diese ist von der Google-Klasse CardboardActivity abgeleitet, die automatisch Status- und Action-Bar ausblendet. Das Layout enthält eine einzelne View, die CardboardView, die von GLSurfaceView erbt. Der Aufruf



Damit in Blender definierte 3D-Objekte in der Beispiel-App funktionieren, muss man beim Export die Optionen „Write Normals“ und „Triangulate Faces“ auswählen.



Die Grundstufe der Beispiel-App zeichnet lediglich ein im Raum schwebendes flaches Dreieck – das man aber dank Cardboard von allen Seiten betrachten kann.



In der Ausbaustufe erscheint das ct-Logo als dreidimensionales Objekt in der Beispiel-App.

```
setCardboardView(cardboardView);
gibt ie der Activity bekannt Die Zeile
cardboardView.setRenderer(StereoRenderer renderer)
legt einen Renderer fe t, der für da Zeichnen
des Screens mittels OpenGL zuständig ist. Der
Einfachheit halber implementiert die MainActivity
direkt da StereoRenderer Interface Von de en
Methoden sind insbesondere onSurfaceCreated() und
onDrawEye() wichtig:
public void onSurfaceCreated(EGLConfig eglConfig)
wird aufgerufen, wenn das OpenGL-System ini-
tialisiert wurde. Hier ist der richtige Ort, um
OpenGL-Initialisierungen wie das Laden von Ver-
tices und das Kompilieren der Shader zu starten.
```

Die Hauptarbeit geschieht in
public void onDrawEye(Eye eye)

Die Methode wird mit der aktuellen Framerate wiederholt für jedes Auge aufgerufen. Die Klasse Eye liefert über die Methode getEyeView() die Transformationsmatrix für die leicht versetzte Perspektive des jeweiligen Auges. Daraus ergibt sich die Model-View-Projektionsmatrix für den OpenGL-Shader:

```
float camera[] = new float[16];
Matrix.setLookAtM(camera, 0,
    0.0f, 0.04f, 0.0f, // eye x,y,z
    0.0f, 0.0f, 0.0f, // center x,y,z
    0.0f, 0.0f, -1.0f); // up x,y,z
float view[] = new float[16];
Matrix.multiplyMM(view, 0, eye.getEyeView(), 0,
    camera, 0);
```

Danach zeichnet onDrawEye() die OpenGL-Szene.

Ausbau

Ein flaches Dreieck ist natürlich nicht so richtig spannend für eine 3D-Brille. In einer Ausbaustufe haben wir daher das ct-Logo in die OpenGL-Cardboard-Welt übertragen. Am einfachsten kommt man an die benötigten Vertices, wenn man ein geeignetes Blender- oder SketchUp-Modell als .obj-Datei exportiert [1]. Anders als der Name suggeriert, sind Dateien im .obj-Format einfache Textdateien, die sich mit einem beliebigen Texteditor anschauen und be-

arbeiten lassen. Für die App interessant sind die mit „v“ beginnenden Zeilen, die jeweils die Koordinaten eines einzelnen Vertex enthalten, sowie die mit „vn“ beginnenden Normalen (Senkrechten) der aus den Vertices gebildeten Dreiecke.

Mit einem kleinen Skript wie beispielsweise obj2opengl.pl von Heiko Behrens (siehe Link unten links) entstehen aus der .obj-Datei Konstanten für C oder Java. Kleiner Schönheitsfehler: Das Skript erzeugt Konstanten im Double-Format (wie etwa 0.1) – OpenGL für Java erwartet aber Floats (0.1f). Mit einem globalen Suchen-/Ersetzen ist die Umwandlung jedoch schnell erledigt. Die Klassen CTLogoVertices und CTLogoNormals enthalten die generierten Arrays. Eine Java-Methode – dazu gehört auch die Initialisierung eines Arrays beim Laden einer Klasse – darf nur maximal 64 KByte groß werden. Für das ct-Logo reicht das gerade so aus, bei umfangreicheren Objekten kommt man aber um das Einlesen und Umwandlung der .obj-Datei zur Laufzeit nicht herum.

Da das Objekt einfarbig sehr flach wirkt, fügt die App einen Beleuchtungs-Shader hinzu. Dieser berechnet den Helligkeitswert jedes einzelnen Pixels durch Multiplikation der Normalen mit der Ausrichtung zur Lichtquelle – Einzelheiten dazu finden Sie zum Beispiel in einem der OpenGL-Tutorials auf www.learnopengles.com.

Fazit

Die Darstellung eines einfachen geometrischen Objekts setzt nur eine geringe Einarbeitung in OpenGL voraus. Und die daraus entstehende stereoskopische Darstellung, die bei aufgesetzter Cardboard-Brille für den 3D-Eindruck sorgt, ist dank des zugehörigen SDKs gar nicht so schwierig. Wer allerdings richtige 3D-Spiele oder andere anspruchsvollere Programme für die CardBoard-Virtual-Reality schreiben will, kommt um die eingehende Beschäftigung mit Unity oder einem anderen auf OpenGL basierenden Framework nicht herum.
(ola)

Literatur

[1] Peter König, Mischmasch-Mesh, 3D-Modelle aus Fundstücken collagieren, ct 14/13, S. 82



Alle Links zum Artikel:

www.ct.de/hb1506094

IMPRESSUM

Redaktion

Postfach 61 04 07, 30604 Hannover
Karl-Wiechert-Allee 10, 30625 Hannover
Telefon: 05 11/53 52-300
Telefax: 05 11/53 52-417
Internet: www.ct-special.de

Leserbriefe und Fragen zum Heft: ctwissen@ct.de

Die E-Mail-Adressen der Redakteure haben die Form xx@ct.de oder xxx@ct.de. Setzen Sie statt „xx“ oder „xxx“ bitte das Redakteurs-Kürzel ein. Die Kürzel finden Sie am Ende der Artikel und hier im Impressum.

Chefredakteur: Dr. Jürgen Rink (jr)
(verantwortlich für den Textteil)

Konzeption: Jan-Keno Janssen (jkj)

Redaktion: Hartmut Giesemann (hag), Jan-Keno Janssen (jkj), Benjamin Kraft (bkr), Ulrike Kuhlmann (uk), Oliver Lau (ola), Stefan Porteck (spo)

Mitarbeiter dieser Ausgabe: Roland Austinat, Martin Jehle, Christophe Leske, Andreas Linke, Frédéric Starnecker

Assistenz: Mariama Baldé (mbl), Tim Rittmeier (tir), Sebastian Seck (sbs), Christopher Tränkmann (cht), Martin Triadan (mat)

DTP-Produktion: Wolfgang Otto (ltg.), Ben Dietrich Berlin, Martina Bruns, Martina Friedrich, Ines Gehre, Jörg Gottschalk, Birgit Graff, Angela Hilberg, Anja Kreft, Martin Kreft, Astrid Seifert, Edith Totsches, Dieter Wahner, Dirk Wollschlager, Brigitta Zurheiden

ePaper-Produktion: Klaus Ditze (ltg.), Nicole Tiemann

Layout-Konzept: Hea-Kyoungh Kim (Art Director Junior)

Art Direction, Titel, Aufmacher: Hea-Kyoungh Kim

Fotografie: Andreas Wodrich, Melissa Ramson

Verlag

Heise Medien GmbH & Co. KG
Postfach 61 04 07, 30604 Hannover
Karl-Wiechert-Allee 10, 30625 Hannover
Telefon: 05 11/53 52-0
Telefax: 05 11/53 52-129
Internet: www.heise.de

Herausgeber: Christian Heise, Ansgar Heise,
Christian Persson

Geschäftsführer: Ansgar Heise, Dr. Alfons Schräder

Mitglied der Geschäftsleitung: Beate Gerold

Verlagsleiter: Dr. Alfons Schräder

Anzeigenleitung: Michael Hanke (-167)
(verantwortlich für den Anzeigenteil),
www.heise.de/mediadaten/ct

Anzeigenverkauf: Verlagsbüro ID GmbH & Co. KG,
Tel.: 05 11/61 65 95-0, www.verlagsbuero-id.de

Leiter Vertrieb und Marketing: André Lux (-299)

Service Sonderdrucke: Julia Conrades (-156)

Druck: Firmengruppe APPL echter druck GmbH,
Delpstraße 15, 97084 Würzburg

DVD-Herstellung: Klaus Ditze (ltg.), Nicole Tiemann

Vertrieb Einzelverkauf:

VU Verlagsunion KG
Am Klingenberg 10
65396 Walluf
Tel.: 0 61 23/62 01 32, Fax: 0 61 23/62 01 332
E-Mail: info@verlagsunion.de

Einzelpreis: € 12,90; Schweiz CHF 18,90;
Österreich € 14,20

Erstverkaufstag: 27. 7. 2015

Eine Haftung für die Richtigkeit der Veröffentlichungen kann trotz sorgfältiger Prüfung durch die Redaktion vom Herausgeber nicht übernommen werden. Kein Teil dieser Publikation darf ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung des Ve lags in irgend einer Form reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden. Die Nutzung der Programme, Schaltpläne und gedruckten Schaltungen ist nur zum Zweck der Fortbildung und zum persönlichen Gebrauch des Lese s gestattet.

Für unverlangt eingesandte Manuskripte kann keine Haftung übernommen werden. Mit Übergabe der Manuskripte und B lder an die Redaktion erte lt der Verfasser dem Ve lag das Exklusivrecht zur Veröffentlichung. Honorierte Arbeiten gehen in das Verfügungsbereich des Verlages über. Sämtliche Veröffentlichungen in c't erfolgen ohne Berücksichtigung eines eventuellen Patentschutzes.

Warennamen werden ohne Gewährleistung einer freien Verwendung benutzt.

Printed in Germany.
Alle Rechte vorbehalten.
Gedruckt auf Recyclingpapier.

© Copyright 2015 by
Heise Medien GmbH & Co. KG



DENKEN SIE WEITER.

3 Ausgaben Technology Review mit
34% Rabatt testen und Geschenk erhalten.

GRATIS

WÄHLEN SIE IHR GESCHENK!

Zum Beispiel:
koziol Kaffeebereiter



IHRE VORTEILE ALS ABONNENT:

- Mehr als 34 % Ersparnis im Vergleich zum Einzelkauf während des Testzeitraums.
- Das Abonnement ist jederzeit kündbar.
- 10 % Rabatt auf alle Heise-Events.

JETZT AUCH KOMPLETT DIGITAL:

- Bequem auf Ihrem Tablet oder Smartphone
- Für Android, iOS oder Kindle Fire

Hier bestellen und von allen Vorteilen profitieren:

WWW.TRVORTEIL.DE



ct Make:

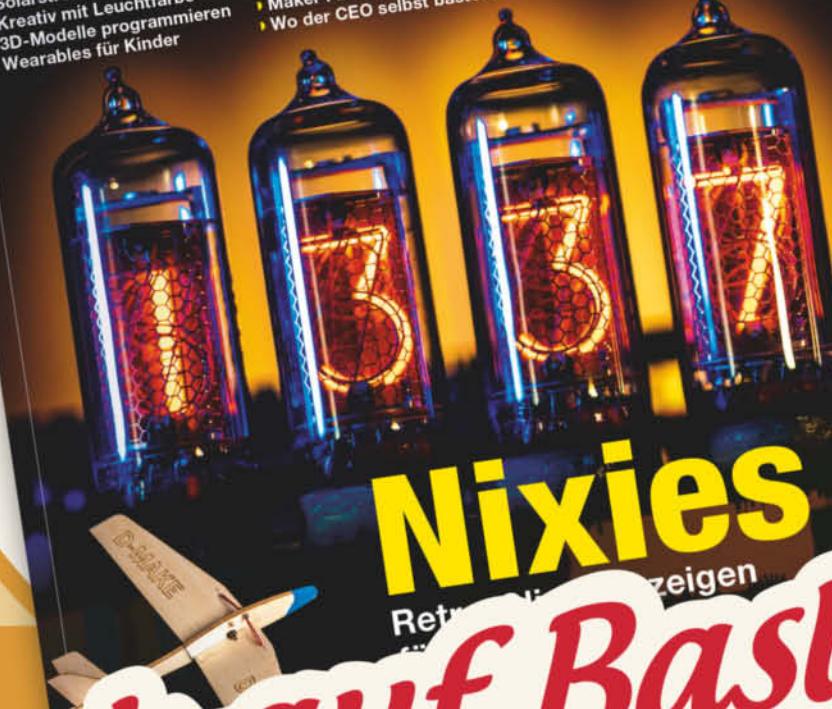
Make:

+ 13 Projekte
zum Nachbauen

- Solarstrom aus Früchtetee
- Kreativ mit Leuchtfarbe
- 3D-Modelle programmieren
- Wearables für Kinder

+ Reportagen
und Interviews

- Kinder basteln Technik
- Firmenbesuch bei Conrad
- Maker Faire Hannover
- Wo der CEO selbst bastelt



Nixies

3/2015

Bock auf Basteln!

6x Make: lesen und 10% sparen.

Ihre Vorteile:

- 10 % sparen gegenüber Einzelheftkauf
- Zusätzlich digital lesen über iPad oder Android-Geräte
- Unbegrenzter Zugriff auf Online-Artikel-Archiv
- Versandkostenfrei
- Keine Ausgabe mehr verpassen
- Gratis dazu: 54 Bit Driver Kit



Basteln, Bauen, Begeistern:

Weltweit ist eine Maker-Szene entstanden, die Spaß am kreativen Tüfteln mit Technik hat und für die der Umgang mit Lötkolben, Säge und Akkuschrauber so selbstverständlich ist wie mit 3D-Drucker und Lasercutter.

Die Zeitschrift „Make:“ veröffentlicht Bauanleitungen für coole Projekte, die sowohl Anfänger als auch Fortgeschrittene nachvollziehen können. Die Redaktion informiert zudem brandaktuell über die Maker-Szene.

Jetzt bestellen und gratis Driver Kit sichern:
www.make-magazin.de/vorteil

Hier können Sie direkt bestellen und finden weitere Informationen.

Tel: 0541 80 009 125 E-Mail: leserservice@make-magazin.de

(Mo.-Fr. 8-19 Uhr, Sa. 10-14 Uhr) Bitte Bestellcode MAP15102 angeben!

Bei Bestellung folgendes mit angeben: Ihren Namen, Adresse, Telefonnummer, Bestellcode MAP15102.





GNADENLOS DURCHLEUCHTET.

THEMEN UND TESTS MIT LEIDENSCHAFT.



4x
c't PLUS
FÜR 14,20 €*

JETZT 2 MONATE DAS **c't-PLUSABO** TESTEN:

- 4x c't als **HEFT + DIGITAL****
+ Online-Zugriff auf das **ARTIKEL-ARCHIV**
für nur 14,20 €
- Bereits **freitags** lesen
- Nach der Testphase erwartet Sie die
c't-NETZWERKKARTE mit exklusiven
Vorteilen.

IHR GESCHENK: **KINGSTON-STICK**

Für Ihre Testbestellung bedanken wir uns
mit dem **Kingston-Stick Data Traveler G4**
(32 GByte und USB 3.0-Flashspeicher)



Sie sind bereits **Abonent** und möchten für 18,20 € auf das
Plus-Abo umsteigen? Unser Leserservice hilft Ihnen gern
beim Wechsel – mit einem
Kingston-Stick als Dankeschön.

ct.de/plusabo

0541/80 009 120

leserservice@heise.de

Bitte bei Bestellung angeben: 1CEA1501

*Preis in Dt. inkl. MwSt. Auslandspreise können abweichen.

**Verfügbar für Android (Tablet, Smartphone, Kindle Fire) und iOS (iPad, iPhone)

Folgen Sie uns auf: