

Immersive Geovisualisierung eines Korallenriffs

Immersive Reef Experience with Geovisualization

Rainer Ressler, Florian Hruby, Genghis de la Borbolla del Valle

National Commission for the Knowledge and Use of Biodiversity (CONABIO), Mexico City ·
rainer.ressl@conabio.gob.mx

Zusammenfassung: Immersive virtuelle Geovisualisierung setzt stereoskopische Datenausgabe voraus. Eine solche wird von aktuellen GIS jedoch bislang noch unzureichend unterstützt bzw. befindet sich in Entwicklung. Wie sich Geodaten trotzdem immersiv darstellen lassen, wird im Beitrag am Beispiel eines Korallenriffs in Mexiko ausgeführt. Beginnend mit kartographischen Basisdaten (Kap. 2) wird gezeigt, wie diese Daten in VR-taugliche 3D-Modellen umgesetzt werden können (Kap. 3). Abschnitt 4 widmet sich der Fusion von Basisdaten und 3D-Modellen zu einer photorealistischen Repräsentation im Stil eines immersiven VR-Systems. Publikationsformate immersiver VR-Systeme beschließen den Beitrag.

Schlüsselwörter: Virtuelle Realität, Immersion, Geovisualisierung, 3D, Game Engine

Abstract: *Immersive virtual geovisualization requires stereoscopic data output. Current GIS support this feature insufficiently, respectively is under development. How geodata can be illustrated nevertheless in immersive form will be demonstrated by example of a major coral reef in México. Utilizing cartographic base information (chapter 2) we will show, how this data can be transformed to VR-suitable 3D models (chapter 3). Chapter 4 is describing the fusion of base information and 3D-models within the immersive VR-system for a photo-realistic representation of the coral reef. Finally, we will discuss different publication formats of VR-systems.*

Keywords: *Virtual reality, immersion, geovisualization, 3D, game engine*

1 Einleitung

Nach jahrzehntelanger Entwicklungszeit scheinen immersive VR-Systeme den Verbrauchermarkt endlich erreicht zu haben: Computer- und Smartphone-basierte *Head Mounted Displays* (HMD), bzw. *Stand-alone-VR-Headsets* sind in immer größerer Auswahl und zu immer niedrigeren Preisen erhältlich (Avila & Bailey, 2014). Gleichzeitig nehmen auch Qualität und Verfügbarkeit immersiver VR-Anwendungen zu, wobei diese Entwicklung von der Computerspieleindustrie maßgeblich beschleunigt wird (cf. Damer & Hinrichs, 2014). Aus Sicht der Geovisualisierung fällt jedoch einerseits auf, dass sich fachspezifische Anwendungen bislang hauptsächlich auf nicht immersive, Desktop-basierte VR-Systeme beschränken (cf. Zhang et al., 2016). Andererseits ist festzustellen, dass solche Inhalte, die explizit für ein immersives Nutzererlebnis entwickelt werden, im Allgemeinen nicht auf realen, georäumlichen Daten, sondern auf fiktiven Szenarien aufgesetzt sind.

Finden in aktuellen immersiven VR-Applikationen bislang kaum Geodaten Verwendung, so liegt dies vor allem daran, dass Geographische Informationssysteme (GIS) keine direkte stereoskopische Datenvisualisierung und -ausgabe auf HMD unterstützen. Zwar wird vereinzelt eine entsprechende VR-Fähigkeit im Sinne von VRGIS argumentiert (Boulos et al., 2017), doch zeigt eine genauere Analyse, dass bei diesen meist prototypischen Fallbeispielen eine

Ausgabe von GIS-Daten nur über den Einsatz von zusätzlicher externer Software (*middleware*) erreicht wird, während die als VRGIS publizierten Resultate weder den Funktionsumfang eines GIS, noch die grafische Qualität eines Videospiele bieten können. Wie geographische Information trotz gegenwärtiger Limitierungen aufseiten von GIS in Form immersiver VR-Applikationen visualisiert werden kann, soll in den folgenden Kapiteln am Beispiel eines Korallenriffs näher ausgeführt werden.

2 Geodaten als Grundlage immersiver VR-Applikationen

Im Gegensatz zu vielen anderen VR-Systemen beruht unsere Entwicklung auf realen Daten, welche über Fernerkundungsverfahren, GIS-Datensätze sowie in-situ erhoben wurden. Relevante Datensätze betreffen im vorliegenden Fall eines Korallenriffs vor allem Topographie bzw. Bathymetrie, benthische Habitate, sowie Tier- und Pflanzenarten.

2.1 Fernerkundungs- und GIS-Daten

Grundlage jeder VR-Geovisualisierung sind Reliefdaten, die eine 3D-Darstellung des Raumes ermöglichen. Für die Ableitung einer genauen Bathymetrie des hier modellierten Korallenriffs sowie dessen benthischer Habitate verwenden wir klassifizierte Daten des Satelliten *WorldView-2*. Diese werden bezüglich atmosphärischer Einflüsse korrigiert, um anschließend den Einfluss der Wassersäule auf das vom Satelliten gemessene, rückgestreute Signal über ein bio-optisches Modell zu beschreiben (Cerdeira-Estrada et al., 2012). Ziel dieses Vorgehens ist ein "sauberes" Signal, das eine Klassifikation benthischer Habitate und die Ableitung bathymetrischer Daten erlaubt. Durch die hohe Transparenz der karibischen Küstengewässer lässt sich die Bathymetrie bis zu einer Wassertiefe von ca. 20 m abbilden, was im vorliegenden Untersuchungsgebiet ausreicht, die gesamte räumliche Erstreckung des Korallenriffs und der umliegenden Ökosysteme abzudecken. Die finale benthische Karte wird über ein zweistufiges Klassifikationsverfahren generiert.

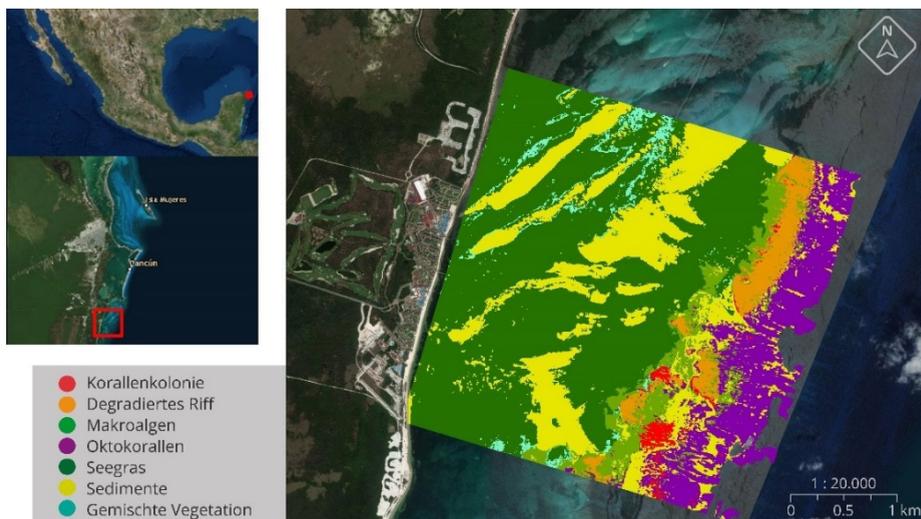


Abb. 1: Benthische Habitate abgeleitet aus der Klassifizierung von WorldView-2-Daten

Im ersten Schritt werden die unterschiedlichen benthischen Klassen aus den genannten Satellitendaten abgeleitet (Klassifikationsgenauigkeit: 82 %): Korallen, degradierte Korallen, Oktokorallen, Makroalgen, Seegräs, gemischte Vegetationsklasse, Sedimente. Anschließend wird über eine visuelle Interpretation der bathymetrischen Information eine geomorphologische Karte generiert. Beide Karten werden im finalen Schritt zur benthischen Habitatkarte „fusioniert“ (Cerdeira-Estrada et al., 2012). Die thematische Habitatkarte wird als Bitmap (png, jpg) in das VR-System importiert und bildet die Referenz für die Verortung der 3D-Modelle und der Modellierung des virtuellen Ökosystems. Abbildung 1 zeigt die klassifizierten Habitate: Auffallend sind die ausgedehnten Areale mit Seegrasvegetation (dunkelgrün). Großflächig finden sich auch Sedimente, sowie Oktokorallen am Übergang zum tieferen Meer. Die noch verbliebenen intakten Korallenkolonien sind in Rot abgebildet.

2.2 In-situ-Information

Neben benthischen Habitaten wird versucht, die wichtigsten Tierarten auch als Einzelmodelle darzustellen (vgl. Kapitel 3.1). Primäre Informationsquelle hierfür war das *Nationale Informationssystem über Biodiversität (SNIB)* von CONABIO, welches derzeit (Stand: 12/2017) etwas mehr als 12 Mio. georeferenzierte Einträge mexikanischer Flora und Fauna umfasst. Laut SNIB sind für das modellierte Gebiet von 12.25 km² ca. 100 Spezies dokumentiert.

Weiterhin wird auf eine Reihe in situ gesammelter Information zurückgegriffen, insbesondere in Form von unter Wasser aufgenommenen Fotos, Videos oder manuellen Aufzeichnungen. Diese Daten sind für die Modellierung von wesentlicher Bedeutung, stellen sie nicht nur bezüglich biologischer Parameter wie Wuchshöhe, Dichte und Textur der Seegräser, sondern auch hinsichtlich Präsenz und Abundanz der Spezies eine wichtige Referenz dar. Ferner dienen sie auch für eine realistische Nachbildung der ortsspezifischen Eigenschaften von Wasser, Licht etc. im immersiven VR-System.

3 Modellierung: Ökosystem, Flora und Fauna

Trotz zahlreicher 3D-Funktionalitäten stoßen GIS bei der Erstellung immersiver virtueller 3D-Ökosysteme an Grenzen. Zudem beschränkt sich die Verfügbarkeit von 3D-Objekten in der Kartographie v. a. auf terrestrische (v. a. urbane) Anwendungen. Ferner ist die Qualität der in GIS verwendeten 3D-Objekte hinsichtlich Detailgenauigkeit und Textur zumeist nicht ausreichend für eine immersive VR-Anwendung. Da sich der Anwender immersiver VR-Systeme zudem beliebig im VR-Raum bewegen und Objekte aus nächster Nähe begutachten kann, sind alle Elemente des Ökosystems mit hoher Genauigkeit zu modellieren. Hierfür werden zur Modellierung einzelner Spezies *Blender* (Open-Source-3D-Modellierungssoftware www.blender.org), und zur Repräsentation der Wassereigenschaften (z. B. Wasserfarbe/-transparenz, Wellenbewegungen, Lichtbrechungen etc.) und der Zusammensetzung der Ökosysteme *Unreal Engine* (Open-Source-3D-Modellierungssoftware und „game-engine“ www.unrealengine.com) verwendet.

3.1 Einzelobjektmodellierung

Auf Grundlage der sieben Bodenbedeckungsklassen bzw. der für jede Klasse im *SNIB* dokumentierten Spezies, werden die wichtigsten Arten (definiert anhand ökosystemischer sowie

ästhetischer Kriterien) einzeln modelliert. Mittels eines in der 3D-Modellierung üblichen Vorgehens werden systematisch aufgenommene Referenzbilder (Vorder-/Rück-, Drauf-/Unten- bzw. Seitenansichten) in Polygonnetze übersetzt. Verschiedene Genauigkeitsstufen (*Level of Detail, LoD*) erlauben es, beim späteren Echtzeitrendern die Auflösung aller 3D-Modelle dynamisch der Sichtdistanz anzupassen, da lediglich bei großer Nähe eine maximale Anzahl der Geometrien erforderlich ist. In einem nächsten Schritt werden Texturen (abgeleitet aus den in Abschnitt 2.1. genannten Referenzdaten) auf die Polygonnetze projiziert. Abschließend werden für bewegliche Spezies entsprechende Bewegungsmuster (*rigging*) definiert, um ein realistisches Verhalten innerhalb des VR-Systems nachzubilden. Alle Modelle sind maßstabsgetreu, sodass die absoluten und relativen Größenverhältnisse im VR-Raum der physischen Wirklichkeit entsprechen.

3.2 Ökosystemmodellierung

Sowohl Basiskarten (in Bildformaten) als auch 3D-Modelle können zur Generierung komplexer virtueller Ökosysteme in *Unreal Engine (UE)* importiert werden, dessen *game-engine* für die Visualisierung großer Datenmengen in virtuellen Umgebungen konzipiert ist. Konkret wird zunächst aus den Bathymetriedaten das Unterwasserrelief generiert (*height-mapping*), und die im GIS erstellte Habitatkarte als Textur auf dieses Relief aufgebracht. Anschließend werden die in Abbildung 1 als Farben ausgewiesenen Klassen in 3D-Modelle bzw. Ökosystemmodelle übersetzt: So werden beispielsweise allen rot ausgewiesenen Bereichen 3D-Modelle der entsprechenden Korallenarten zugewiesen. Schlussendlich sollen alle modellierten Bodenbedeckungen den realen, im GIS aufbereiteten Daten entsprechen. Im Gegensatz zu geometrisch komplexen Spezies wie Korallen werden größere Flächen wie Seegraswiesen zur Optimierung des Echtzeitrenders nicht auf Basis volumetrischer Polygonnetze, sondern mittels (flacher) 2D-Gittermodellen visualisiert. Ferner wurden die Seegräser bezüglich wellenabhängiger Bewegungen animiert (UEs *SimpleGrassWind*).

Tierarten wie Fische oder Schildkröten, die sich relativ unabhängig im VR-Ökosystem bewegen können, agieren in der aktuellen Version der VR-Applikation in vordefinierten Bewegungsmustern (*path-animation*). Aktuell versuchen wir, auch künstliche Intelligenz (KI) für die Fauna zu programmieren, um Bewegungsmuster zufallsgesteuert und auch hierarchisch (z. B. unter Berücksichtigung von Räuber-Beute-Beziehungen) zu modellieren. Dies soll auch die Implementierung größerer Fischschwärme erleichtern.

Für ein immersives VR-Erlebnis geographischer Räume bedarf es nicht nur realistisch modellierter Fauna, Flora und geomorphologischer Elemente, sondern auch einer anschaulichen Repräsentation atmosphärischer Bedingungen (z. B. Lichtverhältnisse) und, im Falle eines Korallenriffs, auch der optischen Eigenschaften des Wassers. Im vorliegenden VR-System werden in der mexikanischen Karibik typische Wasserfarbe (UEs *post-process-volume*) und Wassertrübung (UEs *exponential height fog*) simuliert. Im Wasser gelöste Substanzen werden als Partikelsysteme dargestellt, und kaustische Effekte über eine Materialanimation visualisiert, welche der zentralen Lichtquelle des VR-Systems zugeordnet ist. Aus Tauchgängen übernommene Unterwassergeräusche verstärken den immersiven Eindruck.

3.3 Interaktivität

Interaktivität ist Voraussetzung immersiver Erfahrung (Cummings & Bailenson, 2016). Nutzer können sich daher selbstständig, ohne vorgegebene Tauchrouten, mittels Videospielekonsole oder anderen „motion-controllern“ in der VR-Applikation bewegen (cf. Kapitel 4). Um den Informationswert des virtuellen Korallenriffs zu erhöhen sind Karteikarten implementiert, die biologische und geographische Informationen zu jeder Spezies bereitstellen. Diese sind standardmäßig ausgeblendet, jedoch im Wasser an entsprechenden Stellen anhand von schwebenden Symbolen kenntlich gemacht, und können via Konsole im HMD eingeblendet werden (Abb. 2). Alternativ kann ein Audiofile aufgerufen werden. Zur Orientierung im VR-Raum werden Übersichtskarte und Kompass eingeblendet, die dem Nutzer Standort und Blickrichtung anzeigen.



Abb. 2: Karteikarte mit Speziesinformation, verlinkt mit Symbolen im VR-Raum

4 Publikationsformate immersiver Geovisualisierungen

Unreal Engine stellt eine Reihe immersiver (als auch nicht immersiver) Publikationsformate zur Verfügung. Das vorliegende Projekt ist primär für das *Oculus Rift* HMD entwickelt, und kann mit der entsprechenden Hardware und einer handelsüblichen Xbox-Steuerkonsole „erforscht“ werden (Abb. 3). Ein entsprechendes .exe-file ist online für die Desktop-Installation verfügbar. Informations- und detailreiche immersive VR-Applikation stellen, abgesehen vom notwendigen HMD, trotz Optimierungsprozessen (z. B. *LoD*) hohe Hardwareansprüche (v. a. Grafikkarte). Wird diesen Ansprüchen nicht Genüge geleistet, können Rendergeschwindigkeit und Bildfrequenz in einem Ausmaß beeinträchtigt werden, das den Eindruck von Immersion aufseiten der Nutzer zunichtemacht, bzw. stark beeinflusst.

Um ausgewählte 3D-Modelle dennoch in immersiver Form einem breiteren Publikum zugänglich zu machen, wird parallel zur Computer-basierten VR-Applikation eine Bibliothek mit allen modellierten Objekten als Smartphone-App entwickelt und für die Betriebssysteme *Android* und *iOS* kostenfrei angeboten. Der Nutzer muss in diesem Fall sein Smartphone in einer VR-Brille (im einfachsten Fall ein *cardboard*) montieren, welche ihm eine stereoskopische Betrachtung der 3D-Inhalte erlaubt. Dabei kann zwischen den Spezies ausgewählt und das gewünschte Objekt durch Kopfbewegungen angesteuert und rotiert werden. Ein zeitgleich eingespieltes Audiofile informiert über die jeweilige Spezies. Zusätzlich sind alle Modelle für nicht kommerzielle Anwendungen in einem generischen Format (.obj) über die 3D-Web-Bibliothek *Sketchfab* (<https://sketchfab.com/conabio>) verfügbar, wo sie wiederum auch mittels Smartphone-basiertem HMD betrachtet werden können.

Für den Bezug (kostenlos im Rahmen einer CC BY-NC-ND 4.0 Lizenz) der immersiven VR-Applikation, der Smartphone-App sowie aller 3D-Modelle stehen URL-Links unter folgender Adresse zur Verfügung: <http://www.biodiversidad.gob.mx/geoviz>.



Abb. 3: Szene der VR-Applikation mit *Oculus Rift*

Literatur

- Avila, L., & Bailey, M. (2014). Virtual reality for the masses. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 34(5), 103–104.
- Boulos, M., Lu, Z., Guerrero, P., Jennett, C., & Steed, A. (2017). From urban planning and emergency training to Pokémon Go: applications of virtual reality GIS (VRGIS) and augmented reality GIS (ARGIS) in personal, public and environmental health. *International Journal of Health Geographics*, 16(1).
- Cerdeira-Estrada, S., Heege, T., Kolb, M., Ohlendorf, S., Uribe, A., Müller, A., Garza R., Ressler, R., Aguirre R., Marino I., Silva R., & Martell, R. (2012). Benthic habitat and bathymetry mapping of shallow waters in Puerto Morelos reefs using remote sensing with a physics based data processing. *Proc. IGARSS*, 2012 (pp. 4383–4386).
- Cummings, J., & Bailenson, J. (2016). How immersive is enough? A meta-analysis of the effect of immersive technology on user presence. *Media Psychology*, 19(2), 272–309.
- Damer, B., & Hinrichs, R. (2014). The virtuality and reality of avatar cyberspace. In: M. Grimshaw (Ed.), *The Oxford Handbook of Virtuality* (pp. 17–41). New York: Oxford University Press.
- Zhang, C., Chen, M., Li, R., Fang, C., & Lin, H. (2016). What's going on about geo-process modeling in virtual geographic environments (VGEs). *Ecolog. Modelling*, 319, 147–154.