

DAS SONNENSYSTEM ZUM GREIFEN NAH

1. April 2029: Gespannt sitzen wir in unserem Büro im DLR-Institut für Planetenforschung und betrachten mit unseren Virtual-Reality-Brillen die neuesten Bilder der Marsoberfläche, die gerade von einem Rover der Europäischen Weltraumorganisation ESA zur Erde gefunkt wurden. Der Rover ist Teil des internationalen Programms zur Probenrückholung vom Mars und soll Behälter mit Gesteins- und Bodenproben einsammeln, die vor acht Jahren der Mars-2020-Rover der NASA im Jezero-Krater entnommen und dort deponiert hat. Es sind nur noch wenige Hundert Meter bis zu der Stelle, wo die Proben vor acht Jahren abgelegt wurden! Wir haben die Aufgabe, den Rover zu den Probenbehältern zu steuern. Zusammen mit Kollegen der ESA in Darmstadt und der NASA am JPL in Pasadena, deren virtuelle Avatare wir im Jezero-Krater treffen, diskutieren wir gemeinsam „vor Ort“ über den besten Weg des Rovers zu den Proben. Mühelos können wir von der Roverperspektive zu den Bildern aus der Umlaufbahn wechseln, die in den letzten Jahren von der gesamten Umgebung aufgenommen wurden. Wir analysieren die dreidimensionalen Daten und legen die Route fest: Liegen irgendwo größere Steine im Weg? Ist der Abhang auf dem geplanten Pfad nicht doch zu steil? Gibt es unterwegs wissenschaftlich interessante Gesteinsformationen, die einen Zwischenaufenthalt und spezielle Untersuchungen erfordern? Mit wenigen Gesten vermessen wir das virtuelle Gelände. Ein Ingenieur macht sich Sorgen über die Dauer der Fahrt – werden wir das geplante Ziel bis zum Sonnenuntergang erreichen? Wir lassen eine virtuelle Kopie des Rovers mittels einer Simulation den optimalen Weg finden. Im Zeitraffer lassen wir die Visualisierung schneller ablaufen und beobachten gespannt den Stand der Sonne am Himmel ... und tatsächlich, kurz bevor sie untergeht, wird der Rover sein Ziel erreicht haben.

Ernst Hauber, Planetenforscher im DLR

Virtual Reality für die Planung zukünftiger Weltraummissionen

Von Simon Schneegans und Markus Flatken

Forscher, die eine zukünftige Mars-Mission mit dem Ort des Geschehens vor Augen planen, ohne dabei ihren Arbeitsplatz zu verlassen, sollen bald keine Zukunftsvision mehr sein. Mittels Virtual-Reality-Technik (VR) sollen sie auf der Oberfläche ferner Planeten umherwandern und dort Rover-Missionen sorgfältig vorbereiten, Entfernungen vermessen oder Landestellen identifizieren können. Dazu entwickeln Planetenwissenschaftler und Softwareingenieure des DLR gemeinsam die Software CosmoScout VR, mit der man virtuell durch das Sonnensystem und zu einzelnen Planeten reisen kann.

Große Datenmengen müssen miteinander kombiniert werden

Die neue Software made by DLR ist in der Lage, riesige Datensätze ganzer Monde und Planeten detailgenau darzustellen. Diese Stärke ist für die Ingenieure gleichzeitig auch eine der größten Herausforderungen bei der Entwicklung, denn die Menge der Satellitendaten ist mittlerweile so groß, dass sie mit konventionellen Methoden nur noch in Ausschnitten ausgewertet werden können.

Ein Beispiel dafür ist die Sonde Mars Express der Europäischen Weltraumorganisation ESA, die seit 2003 unseren Nachbarplaneten umkreist. Eines ihrer sieben Messgeräte ist die im DLR entwickelte High-Resolution-Stereo-Kamera (HRSC), die hochauflösende Oberflächenaufnahmen des Mars liefert. Allein die Datensätze der von ihr produzierten Bilddaten belaufen sich inzwischen auf etwa fünf Terabyte. Für die wissenschaftliche Analyse benötigen die Forscherinnen und Forscher ein möglichst detailliertes virtuelles Abbild der Realität. Dazu muss die Software verschiedene Datensätze wie Multispektraldaten, simulierte Atmosphärendaten oder Untergrund-Radardaten kombinieren. Die Daten kommen meist aus unterschiedlichen Missionen. In der Summe umfasst die Datenbasis für eine Analyse dann oft mehrere Hundert Gigabyte bis

Missionsplanung der Zukunft: Mit Hilfe von Virtual-Reality-Technologie können Wissenschaftler an weit entfernte Orte reisen, ohne ihren Arbeitsplatz zu verlassen. Ein möglicher Anwendungsfall ist die gemeinsame Planung von Fahrtrouten für Rover auf anderen Planeten.

CosmoScout VR ist ein virtuelles 3D-Sonnensystem, das von Forschern der Einrichtung Simulations- und Softwaretechnik des DLR in Braunschweig entwickelt wird.

Begonnen hatten die Arbeiten daran unter dem Namen „Terrain Renderer“ im Rahmen des EU-Projekts CROSSDRIVE (Collaborative Rover Operations and Satellites Science in Distributed Remote and Virtual Environments). Seitdem wurde die Software kontinuierlich weiter verbessert. Sie simuliert nun nicht mehr nur den Mars, sondern das komplette Sonnensystem.

CosmoScout VR verwendet OpenGL zur Darstellung des Sonnensystems und läuft unter Windows und Linux. Der Quellcode ist unter der MIT-Lizenz frei verfügbar.

<https://github.com/cosmoscout>

Das Sonnensystem ist groß, sehr groß

Eine weitere Herausforderung für die Entwickler ist die unvorstellbare Größe des Sonnensystems. Um die Bewegung von Himmelskörpern zu berechnen, nutzt CosmoScout VR die Softwarebibliothek „SPICE“ der NASA. Zusätzlich entwickelten die DLR-Forscher Algorithmen, mit denen es möglich ist, die Planetenoberflächen bis zu einer Genauigkeit im Millimeterbereich darzustellen. In Anbetracht der immensen Dimensionen des Sonnensystems erfordert dies eine enorme Präzision, die für andere VR-Anwendungen nicht nötig ist. Um schnell durch das komplette Sonnensystem reisen zu können, passt CosmoScout VR die maximale Bewegungsgeschwindigkeit immer an die Entfernung zum nächsten Himmelskörper oder Satelliten an: Befinden sich die Anwender außerhalb des Sonnensystems, bewegen sie sich mit vielen Lichtjahren pro Sekunde, nähern sie sich hingegen einem Planeten oder Satelliten, wird ihre maximale Geschwindigkeit kontinuierlich auf wenige Kilometer pro Stunde reduziert. Dabei folgen sie immer automatisch der Position und Rotation des entsprechenden Himmelskörpers. So können sie aus dem Orbit beobachten, wie sich der Mars einmal pro Tag um die eigene Achse dreht; landen sie jedoch auf der Marsoberfläche, können sie beobachten, wie die Sonne auf- und wieder untergeht. Diese Fortbewegungstechnik ist wichtig, um einerseits die Oberfläche eines Planeten Zentimeter für Zentimeter vermessen zu können und andererseits in wenigen Sekunden von der Planetenoberfläche in eine Umlaufbahn zu fliegen und sich dort einen Überblick zu verschaffen.

Damit die Wissenschaftler mit ihrer Umgebung interagieren können, muss der nächste virtuelle Himmelskörper immer maximal eine Armlänge entfernt liegen. Würde das Sonnensystem immer in einer 1:1-Skalierung dargestellt werden, wäre die virtuelle Planetenoberfläche viel zu weit entfernt, um mit der Simulation effektiv arbeiten zu können. Statt tatsächlich eine virtuelle Strecke von vielen 100 Kilometern zurückzulegen, um in die Planetenumlaufbahn zu gelangen, schrumpft die Software den Planeten. Der Forscher, der durch das Sonnensystem reist, sieht den fußballgroßen Planeten aus der Perspektive eines interplanetaren Riesen vor sich und kann ihn mit seinem ausgestreckten Arm berühren.

Virtual Reality bietet Vorteile in der Zusammenarbeit

Ein entscheidender Vorteil für den Einsatz der Virtual Reality (VR) bei der Missionsplanung der Zukunft ist, dass beispielsweise bei der Interaktion Gestik und Mimik der Wissenschaftler, die ja an unterschiedlichen Orten arbeiten, mitübertragen werden. So wird die Zusammenarbeit deutlich effizienter. Darüber hinaus besitzt der Wissenschaftler mit der VR-Anwendung ein Werkzeug, mit dem er auf einem fremden Planeten so arbeiten kann, als wäre es ein Feldversuch auf der Erde. Dabei beschränkt sich die Anwendung nicht nur auf ein bloßes Abbild der Realität, sondern sie kann diese um eine Vielzahl von Möglichkeiten erweitern, die in der Realität so gar nicht möglich sind: Beispielsweise können Informationen wie Höhenwerte oder Neigungswinkel zusätzlich eingeblendet werden. Außerdem stehen den Wissenschaftlern effizientere

Mit der VR-Brille wirkt der Mars zum Greifen nah

VON DEN MONDEN DES MARS BIS ZUR KLIMAFORSCHUNG AUF DER ERDE

Das virtuelle Sonnensystem CosmoScout VR ist universell einsetzbar und nicht auf einzelne Planeten beschränkt. Neben zukünftigen Missionen zu unserem Nachbarplaneten wie Mars 2020 bietet sich die Software auch für Expeditionen zu anderen Planeten an. Beispiele sind die für das Jahr 2020 geplante ESA-Mission JUICE zum Jupiter, die Sonde Martian Moons Exploration (MMX) der japanischen Raumfahrtbehörde JAXA, die Proben des Marsmonds Phobos zur Erde bringen soll, oder die Mission to the Moon der PTScientists GmbH. Auch Missionen im Erdorbit, wie zum Beispiel die Reparatur defekter Satelliten (On-Orbit-Servicing), lassen sich mit CosmoScout VR simulieren.

Natürlich sind auch viele Anwendungsfälle jenseits der Missionsplanung denkbar. In Zusammenarbeit mit dem DLR-Institut für Physik der Atmosphäre arbeiten die Entwickler aus der DLR-Einrichtung für Simulations- und Softwaretechnik aktuell an einer Erweiterung für die Visualisierung und Analyse von Klimasimulationsdaten des Projekts ESCiMo (Earth System Chemistry Integrated Modelling).



Ergebnisse einer Wettersimulation des HD(CP)²-Projekts (High definition clouds and precipitation for advancing climate prediction) in CosmoScout VR

Mit CosmoScout VR sollen die etwa zwei Petabyte umfassenden Klimadaten dargestellt, interaktiv erforscht und analysiert werden. Auch die Simulation einer Kamera auf einem Raumfahrzeug ist mit der Software möglich. Sie kann in Echtzeit virtuelle Kamerabilder eines autonomen Landeanflugs erstellen, mit denen die Entwickler ihre Algorithmen überprüfen können. Nicht zuletzt bietet die Software auch Nicht-Wissenschaftlern einen Einblick in die Forschung oder die Möglichkeit, vergangene, aktuelle und zukünftige Weltraummissionen hautnah zu erleben.

Navigationmöglichkeiten zur Verfügung – das Reisen mit Überlichtgeschwindigkeit wird möglich.

All das kann in den Arbeitsplatz integriert werden und bringt nicht zuletzt auch Abwechslung in den Arbeitsalltag. Nachteile der Technologie sind hingegen noch die teure Hardware, aufwändige Installationen, indirekte Interaktion mit der virtuellen Szene, kaum mögliches haptisches Feedback und nicht zuletzt das Schwindelgefühl, das viele Nutzer beim Reisen durch den virtuellen Weltraum erleben. Mit CosmoScout VR untersuchen die DLR-Forscher diese Vor- und

Nachteile der VR-Technik und arbeiten an Lösungen, damit diese negativen Begleiterscheinungen des Arbeitswerkzeugs der Zukunft demnächst der Vergangenheit angehören.

Simon Schneegans arbeitet in der DLR-Einrichtung Simulations- und Softwaretechnik in der Arbeitsgruppe für interaktive Visualisierung. Er erforscht Verfahren zur fotorealistischen Darstellung von Objekten in Virtual Reality (VR).

Markus Flatken entwickelt und erforscht in der gleichen Gruppe Methoden der wissenschaftlichen Visualisierung. Einen Fokus legt er dabei auf die Analyse großer Datensätze unter Verwendung von High-Performance-Computing-Ressourcen.



Diese Bilder sind Momentaufnahmen einer nahtlosen virtuellen Reise durchs All: Der Flug beginnt in den äußeren Bereichen unserer Galaxie, mehrere zehntausend Lichtjahre von der Sonne entfernt (Bild 1). In unserem Sonnensystem werden die Umlaufbahnen der Planeten mit farbigen Ellipsen dargestellt (Bild 2). Das folgende Bild zeigt den Mars. Zu sehen sind sowohl die Bahnen der Monde Phobos und Deimos als auch die stark elliptische Bahn von Mars Express in Rot (Bild 3). Bild 4 zeigt den Mars zusammen mit Phobos. Nach einem Vorbeiflug am Mars Reconnaissance Orbiter (Bild 5) endet die Reise im Gale-Krater (Bild 6). Die hochauflösenden Satellitendaten der HiRISE-Kamera erlauben eine Untersuchung des Geländes im Zentimeterbereich.