



Aufstieg zum Höhleneingang der Eisriesenwelt in 1641 Metern Höhe.

Terrestrisches Laserscanning und die dreidimensionale Visualisierung der größten Eishöhle der Welt

NATURWISSENSCHAFT / 3D-DOKUMENTATION Schwerpunkt dieses Dokumentationsprojekts war die dreidimensionale Visualisierung eines einzigartigen Höhlensystems, das als größte Eishöhle der Welt internationale Bedeutung genießt. Innerhalb sehr kurzer Zeit erfasste der FARO Laser Scanner komplexe dreidimensionale Datensätze in einer rauen Umgebung. Sein kompaktes Design machte dieses Projekt möglich.

Die dreidimensionale Visualisierung großer räumlicher Objekte hat in den letzten Jahren beträchtliche Aufmerksamkeit erfahren – nicht nur in wissenschaftlicher Hinsicht, sondern auch in den Bereichen Tourismus und Marketing. Der Erfolg der 3D-Dokumentation auf diesem Gebiet verdankt sich unter anderem den sehr erschwinglichen Preisen für Laserscanner sowie einer neuen Dimension in Bauweise und Funktionalität. Den Schwerpunkt dieses Projekts bildete die dreidimensionale Visualisierung eines einzigartigen Höhlensystems, das als größte Eishöhle der Welt internationale Bedeutung genießt – der sogenannten Eisriesenwelt bei Werfen in Österreich.

Im Auftrag des Vorstands der Eisriesenwelt GmbH hat das Institut für Kartographie der Tech-

nischen Universität Dresden die Eisriesenwelt in der extrem kurzen Zeit von vier Tagen dreidimensional vermessen und fotografisch erfasst. Dieses Projekt wurde mithilfe von zwei terrestrischen Laserscannern (TLS) von FARO Europe GmbH & Co. KG realisiert.

Die Eisriesenwelt mit einer Gesamtlänge von 42 km ist ein ausgedehntes Höhlensystem mit eindrucksvollen Eisformationen, Labyrinth und riesigen Hallen. Ein Abschnitt von über einem Kilometer Länge ist ständig von Eis bedeckt. Diese atemberaubende Eishöhle zieht jährlich mehr als 150.000 Touristen an (die Höhle ist nur sechs Monate im Jahr für die Öffentlichkeit zugänglich). Der FARO Laser Scanner arbeitet im Nahinfrarot-Spektrum (NIR) mit einer Wellenlänge von 805

nm. Die horizontale Ebene des Geräts rotiert um die vertikale Achse und erfasst ein 360°-Messfeld in horizontaler Richtung. Aufgrund der vertikalen Rotation des Spiegels und der Einschränkung durch seinen Unterbau einschließlich des Stativs kann der Scanner jedoch nur Daten eines vertikalen Messfelds von 305° erfassen.

Neben den dreidimensionalen Daten der Oberfläche eines Objekts nimmt der FARO Laser Scanner auch Intensitätswerte auf, die hauptsächlich vom Reflexionsvermögen des gescannten Objekts abhängen. Mit einer Messgeschwindigkeit von fast einer Million Punkten pro Sekunde (die Messgeschwindigkeit für dieses Projekt lag bei nur einem Viertel der maximalen Auflösung) wurden sämtliche Oberflächenstrukturen >>



Atemberaubender Blick auf den Mörgletscher in der Höhle.

>> durch den Laserstrahl erfasst. Das Ergebnis waren digitale Punktwolken mit Punktabständen von nur wenigen Millimetern.

Beeindruckende 158 Scans wurden dabei erstellt. Das gesamte Höhlensystem wurde von zwei Teams dokumentiert, die aufeinander zu arbeiteten.

Während das erste Team im Eingangsbereich der Höhle auf einer Höhe von 1641 Metern startete und sich nach innen vorarbeitete, begann das zweite Team im inneren, mit Eis gefüllten Bereich. Dabei musste es über 700 Stufen vom Grund der Eishöhle bis zum höchsten Punkt aufsteigen. Vor Beginn der Laserscanning-Arbeiten wurden im umgebenden Bereich Referenzkugeln platziert. Die Kugeln dienen als Hilfsmittel zur Registrierung und anschließenden Datenverarbeitung in der Software. Sie erleichtern die Zusammenstellung einzelner Scans zu einem Punktwolkenprojekt. Aufgrund der vielen verdeckten Eckpunkte und eines Höhenunterschieds von über 1400 Stufen waren zahlreiche Scans erforderlich, um einen vollständigen 3D-Datensatz zu erhalten.

Steigeisen und Eispickel waren nötig, um sowohl die Referenzkugeln als auch die Scanner auf der Eisoberfläche aufzustellen. Die 158 Laserscans und über 2000 erfassten Texturbilder ergaben eine Gesamtmenge von 27 Gigabyte Daten, die ausgewertet werden mussten. Davon wurden 151 Laserscans für eine Punktwolkenregistrierung mit der FARO-Software SCENE verwendet. Nachdem die verschiedenen Scans miteinander verbunden waren, wurden die Punktwolkendaten in mehrere Klassen eingeteilt, sodass die gewaltige Datenmenge mit verschiedenen Softwarepaketen weiterverarbeitet werden konnte. Das komplexe Modell der Eisriesenwelt wurde in vier Kategorien gegliedert: Eis, Gestein, Stufen, Pfade sowie Handläufe und Sonstiges. Mithilfe der Soft-

„Innerhalb sehr kurzer Zeit erfasste der FARO Laser Scanner komplexe dreidimensionale Datensätze in einer rauen Umgebung. Sein kompaktes Design machte dieses Projekt möglich.“

CHRISTIN PETERS, TU DRESDEN

warepakete PolyWorks (InnovMetric Software, Inc.) und Geomagic Studio (Geomagic, Inc.) wurden die Oberflächen des Eises und Gesteins unter Anwendung verschiedener Triangulationsmethoden (je nach Reflektionsvermögen/Beschaffenheit der Oberfläche) vernetzt. Für Pfade, Stufen, Handläufe und Sonstiges wurden mithilfe des AutoCAD-Plug-ins PointCloud von der kubit GmbH Geometrien erzeugt. Schließlich wurden alle generierten Objekte texturiert und zu einer Gesamtdarstellung des mit Eis gefüllten Teils der Höhle zusammengeführt.

Darüber hinaus wurde die gesamte Ausdehnung der Eisoberfläche ermittelt; sie beträgt ca. 24.345 m². Die Erstellung des dreidimensionalen Modells des eisgefüllten Teils der Höhle hat gezeigt, dass die Laserscan-Technologie eine geeignete Methode darstellt, um Objekte zu vermessen und anhand der gewonnenen Daten ihre Flächenausdehnung zu bestimmen. Mit der Eisriesenwelt GmbH wurde vereinbart, dass das Institut für Kartographie der Technischen Universität Dresden die Eisoberfläche künftig alle zwei Jahre vermessen wird. Anhand des erzeugten Modells können mithilfe von Referenzvermessungen langfristige Veränderungen des Eises vorhergesagt werden.

(Autoren: Prof. Manfred Buchroithner, Dr. Bernd Hetze, Jeannette Milius, Christin Petters)

TU DRESDEN

Das Institut für Kartographie der Technischen Universität Dresden hat in einer dreidimensionalen Visualisierung die in Österreich gelegene größte Eishöhle der Erde dokumentiert. Dieses Projekt wurde unter der Leitung von Manfred Buchroithner von Jeannette Milius und Christin Petters mit freundlicher Unterstützung durch Dr. Bernd Hetze und der Arbeitsgruppe Visualisierung des Zentrums für Informationsdienste und Hochleistungsrechnen der TU Dresden durchgeführt. Weitere Forschungsfelder des Instituts sind u. a. Echt-3D-Visualisierung (raumbezogener Daten), GIS für Umweltmonitoring, Fernerkundung, Kartographie und digitale Medientechnik.

@ KARTOGRAPHIE.GEO.TU-DRESDEN.DE

– 4 GUTE GRÜNDE –

- 1 Hohe Flexibilität: Der Scanner ist tragbar, leicht (5 kg) und kompakt (24 x 20 x 10 cm) und mit einem integrierten Lithium-Ionen-Akku ausgestattet, der bis zu fünf Stunden hält.
- 2 Hohe Präzision: Mit der integrierten Farbkamera können fotorealistische 3D-Scans parallaxenfrei erfasst werden (70 Megapixel).
- 3 Hohe Geschwindigkeit: Der Focus^{3D} erstellt in unglaublicher Geschwindigkeit eine virtuelle Kopie des Objekts – bis zu 976.000 Punkte werden pro Sekunde erfasst.
- 4 Revolutionäre Einfachheit: Durch die Touchscreen-Steuerung ist der Focus^{3D} Laser Scanner ebenso einfach zu verwenden wie eine Digitalkamera.



@ WWW.FARO.COM/FOCUS

ZUSAMMENFASSUNG

Schwerpunkt des Projekts war die Vermessung und dreidimensionale Visualisierung der Eisriesenwelt, der größten Eishöhle der Erde, mit terrestrischen Laserscannern von FARO. Zusätzlich wurde die gesamte Ausdehnung der Eisoberfläche bestimmt. Dies bildet künftig die Basis für weiteres Veränderungsmonitoring und dessen Analyse.