



Das 3D Modell der Frankfurter Festhalle

**Karla Jödicke,
Hagen Höfer,
Olaf Krüger**

Ein Bericht über den Einsatz des 3D LMS Callidus®

Im Zeitalter der Kostensparnis gehört Technologien, die eine Produktivitätssteigerung bewirken, zweifellos die Zukunft. Deshalb erfolgt die Erfassung und Verwaltung von Industrieanlagen und Gebäuden jeglicher Art in zunehmendem Maße mittels 3D Laserscanning bzw. in 3D Planungs- und Managementsystemen. Das 3D Laser Mess-System Callidus® liefert auch bei komplizierten architektonischen Strukturen hervorragende Ergebnisse, wie der weltweite Einsatz nicht nur bei der Bestandserfassung und -dokumentation bedeutender Bauwerke und Denkmäler belegt.

1 Einführung

Der Bau der Frankfurter Festhalle galt als epochales architektonisches Ereignis. Geplant wurde sie vom berühmten Münchener Architekten Friedrich von Thiersch. Mit der größten freitragenden Kuppel der Welt und einer Bauzeit von nur 18 Monaten war sie bei ihrer Einweihung im Jahr 1909 ein Wunderwerk der modernen Architektur. Ihr Dach wölbt sich in 40 m Höhe. Mit ihren komplexen geometrischen Formen – als Beispiel sei hier nur der elliptische Grundriss im mittleren Bereich, über dem sich eine Stahl-Glas-Ellipsoid-Kuppel wölbt, genannt – stellt sie eine wirkliche Herausforderung

an eine verformungsgerechte 3D-Vermessung mit anschließender CAD-Modellierung dar.

Der heutigen Eigentümerin, der Messe Frankfurt GmbH, dient die Festhalle als Austragungsort für zahlreiche Sonderveranstaltungen. Anliegen der Messe Frankfurt GmbH war es deshalb, ein komplettes CAD-Modell des Halleninnenraumes erstellen zu lassen, um Hallenumbauten für die verschiedenen Veranstaltungen besser planen zu können.

Da die Festhalle fast 100 Jahre alt ist, eine sehr komplexe Geometrie aufweist und nach Kriegsschäden leicht abweichend wieder aufgebaut wurde, liegen keine belastbaren Unterlagen vor. Wie aus der nachfolgend abgebildeten Originalzeichnung ersichtlich ist, ist ein komplettes 3D-Aufmaß rationell eigentlich nur durch 3D-Laserscanning realisierbar.

Andere Verfahren sind im vorliegenden Fall nicht – oder nur mit erheblichem Aufwand in der Lage, eine komplette Erfassung aller relevanten Maße zu liefern. Insbesondere steht die Festhalle nur selten und nur für kurze Zeiträume für ein Aufmaß zur Verfügung.

Nach einem erfolgreich durchgeführten Pilotscan, der die Machbarkeit des Aufmaßes demonstrierte, erhielt die Firma Höfer & Bechtel den Auftrag zur kompletten Vermessung des Innenbereiches der Festhalle mit anschließender 3D CAD-Modellierung.

2 Das Aufmaß

Insgesamt standen nur 3 Arbeitstage zu 8 h für die gesamte Vermessung zur Verfügung. Es erfolgte eine Unterteilung in 6 Ebenen (s. Tab.).

Ebene 0 wurde am 28.05.2001 vermessen, alle anderen Messungen wurden am 21. und 22. Juni 2001 durchgeführt.

Da die Halle mit effektiven 90 m × 60 m × 40 m aus mehreren Scans zusammengesetzt werden musste, war auf eine gute Scanvereinigung zu achten.

Ein Aufmaß mit herkömmlichen Methoden hätte einen höheren Zeitaufwand bei geringerer Genauigkeit bedeutet, da die Anzahl der erfassten Messpunkte wesentlich geringer gewesen wäre.

Außerdem garantiert das 3D Laser-aufmaß mit dem Vollpanoramascan-

| Nr. | Bezeichnung | Anzahl der Scans |
|-----|---|------------------|
| 0 | Hallen-Fußboden | 18 |
| 1 | 1. Rang oben, entlang der Wand | 14 |
| 2 | 1. Rang unten, entlang der Brüstung | |
| 3 | 2. Rang oben, entlang der Wand | 14 |
| 4 | 2. Rang unten, entlang der Brüstung | |
| 5 | Kuppel, von Ebene 0 aus auf Steiger ca. 10 m angehoben, um die Kuppel mit 40 m Höhe zu erfassen | 3 |



Bild D: Einsatz des Scanners

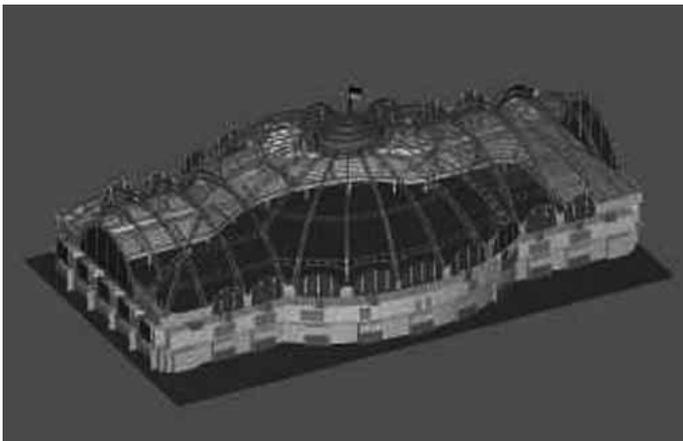


Bild F: Modell der Festhalle

ner eine vollständige Erfassung. Es besteht bei richtiger Anwendung keine Gefahr, ein Maß zu vergessen, so dass man noch einmal vor Ort müsste.

3 Auswertung der Messergebnisse

Die gesamte Auswertung nahm ca. 4 Mannwochen in Anspruch. Die Scan-Rohdaten hatten ein Volumen von 138,4 MB. Als Werkzeuge dienen die zum Callidus® zugehörige Software 3D-Extractor®, MicroStation® und Nemetschek Allplan.

Für die Bearbeitung von 3D-Daten, die Callidus® liefert, ist MicroStation® nach Einschätzung von Höfer & Bechtel besonders gut geeignet. Ein Vorteil ist z.B. die Referencefile-Technik, mit der die Punktdaten zur

Vektorisierung nach Bedarf hinzu-referenziert werden, ohne das Datenvolumen der Vektor-Modellierungsdatei zu belasten. Für die in der Festhalle vorkommenden Freiformflächen war MicroStation® ebenfalls sehr gut einsetzbar. Hinzu kam natürlich auch die mittlerweile fast 20-jährige Erfahrung von H&B mit dieser Software. Die Generierung einzelner Flächen, wie z.B. Säulen und Stegflächen von Trägern erfolgte im 3D-Extractor®. Die Vereinigung der Scans erfolgte in der Ebene 0 über die Säulen, die den Balkon des ersten Ranges abstützen. Die Ebenen 1–5 wurden über die Brüstung des jeweiligen Balkons des nächsten Ranges vereinigt. Diese Brüstung war jeweils vom unteren und oberen Scan aus erkennbar. Weiterhin erfolgte die Vereinigung über die Stahlträger.

In den einzelnen Phasen der CAD-Bearbeitung wurden aus den Callidus-Punktwolken dxf-Daten erzeugt. Diese beanspruchten ein viel höheres Datenvolumen als die Rohdaten. Scans wurden segmentiert und interessierende Ausschnitte stückweise als dxf-Daten im lagerichtigen 3D-Kontext der zur Vereinigung erzeugten und im sat-Format ebenfalls ausgegebenen Vektorflächen exportiert. Die Punktwolkenausschnitte wurden in MicroStation® referenziert und zur Vektorisierung verwendet. Nach Gebrauch wurde die Referenzdatei abgehängt. Sie steht jedoch bei Bedarf wieder zur Verfügung. Die endgültige Vektordatei wurde aus den Einzelscans stückweise zusammengefügt. Über Scanüberlappungen und eindeutige Bezugsflächen wurden die Teilmodelle vereinigt. Das Endergebnis (CAD-Vektorgrafik) hat ein Volumen von 11,4 MB. Die Abgabe des Modells in Nemetschek Allplan war Kundenforderung und machte eine Umsetzung des Modells erforderlich, für die H&B eine entsprechende Fachfirma beauftragten.

Diskussion

In der weiteren Entwicklung des Systems und der Software hat es sozusagen einen “Quantensprung“ gegeben.

Durch die Möglichkeit des Aufsetzens eines Prismas auf dem Messkopf und der automatischen Zielerkennung kann das System exakt in bestehende Koordinatensysteme transformiert werden.

Local-into-Global® erlaubt eine optimale Vereinigung der Scans auf der Grundlage der Prismenposition.

Durch Fuzzy Join® ist es möglich, selbst ohne Prismen mehrere Scans zu registrieren. Die Grundlage dafür sind überlappende Bereiche in den Scans. Im Hintergrund ablaufende Iterationsprozesse realisieren ein Zusammenfügen der Scans mit einer Genauigkeit im Millimeterbereich.

Durch beide Methoden ist die Schaffung eines in seinen Abmessungen genauen 3D-Modells garantiert. Ein in diesem Falle eventuell kompliziertes Zusammenfügen über gemeinsame Flächen entfällt. Der Export in

MicroStation® zum Zwecke der Scanvereinigung ist nicht notwendig. Bei der Auswertung der vorhandenen komplexen Strukturen ist die Frage nach dem Einsatz der Ergebnisse für die Wahl der Methode von entscheidender Bedeutung. Bei hauptsächlich analytischen Anwendungsbereichen (Planungsunterlagen, Bestandsdokumentation) sind 2 grundsätzliche Verfahren zu unterscheiden. So lange näherungsweise Regelgeometrien erkannt werden können, ist sicherlich ein Arbeiten mit diesen vorzuziehen. Im Falle des Fehlens von Regelgeometrien können zur Auswertung Splines (Nurbs) herangezogen werden. In diesem Falle bietet sich die Arbeit mit MicroStation® an.

Für Visualisierungszwecke bietet sich ein weiteres Verfahren, die Dreiecksvermaschung, an. Diese kann al-

lerdings mit einem gewissen Genauigkeitsverlust einhergehen. Genügen die Ergebnisse jedoch den gestellten Anforderungen, so leistet die Integration des Mesh & Map-Tools in das Softwarepaket 3D-Extractor® einen erheblichen Beitrag. Der Bearbeitungsprozess der Daten erfolgt optimal und reibungslos. Außerdem besteht die Möglichkeit, ein dreiecksvermaschtes Modell mit den von der internen Kamera erzeugten Bildern automatisch zu texturieren. Dafür muss die CCD-Kamera natürlich kalibriert werden. Es ist ebenfalls möglich, die Punktwolke im „True-Colour-Modus“ darzustellen, d.h., jedem Punkt der Punktwolke kann genau die in der Realität vorhandene Farbe zuzuordnen. Schon die Punktwolke erscheint nun als wirklichkeitsgetreues Abbild.

Mit dem Tool Mesh & Map Plus können auch Bilder einer beliebigen externen Kamera genutzt werden, was für professionelle Visualisierungen erforderlich ist.

Danksagung

Wir bedanken uns bei der Höfer & Bechtel GmbH und besonders bei Herrn Hagen Höfer für die freundliche Unterstützung und die zur Verfügungstellung der Daten.

joedicke@callidus.de

Callidus Precision Systems GmbH

H.Hoefel@Hoefel-Bechtel.de

Höfer & Bechtel GmbH

krueger@callidus.de

Callidus Precision Systems GmbH

info@trimble.com

Trimble GmbH Raunheim