

Terrestrisches 3D-Laserscanning im Hamburger Rathaus - Mensi GS100 und IMAGER 5003 im Vergleich

THOMAS P. KERSTEN¹, HARALD STERNBERG² UND ENRICO STIEMER³

In diesem Beitrag wird der vergleichende Einsatz von zwei terrestrischen 3D-Laserscanning-Systemen bei der Erfassung und Modellierung von zwei historischen Sälen im Hamburger Rathaus vorgestellt. Die beiden Säle (Kaisersaal und Großer Festsaal) wurden in ca. drei Stunden mit dem Mensi GS100 von Trimble und mit dem IMAGER 5003 von Zoller & Fröhlich von fünf (GS100) bzw. 22 Standpunkten (IMAGER) gescannt, um aus der jeweiligen gesamten Punktwolke verschiedene Schnitte, 2D-Pläne und 3D-Modelle beispielhaft zu generieren. Die Georeferenzierung der Punktwolken in das lokale Koordinatensystem wurde über Zieltafeln mit einer Genauigkeit von ca. 5 mm (GS100) bzw. 8 mm (IMAGER) erreicht. Die Qualität der aus den Laserscannerdaten modellierten digitalen CAD-Daten wird durch Referenzstrecken kontrolliert und die Effizienz der jeweiligen Datenerfassung und Auswertung wird miteinander verglichen und bewertet.

1 Einleitung

Seit Ende der neunziger Jahre die ersten terrestrischen 3D-Laserscanner auf dem Markt kamen, haben die Systeme eine enorme technische Weiterentwicklung vollzogen, so dass sie sich als 3D-Messtechnik neben und auch in Ergänzung zu den bekannten Technologien wie Photogrammetrie und Tachymetrie etablieren. Durch die Verbesserungen von Hardware und Software sind die Systeme heute in der Lage, komplexe Formen und Objekte mit einem dichten 3D-Punktraster aufzunehmen und entsprechend auszuwerten. Dennoch sind Untersuchungen über Genauigkeiten und effizienten Projekteinsatz aus diesem Grunde sowohl für das Verständnis und für die Verbesserung, als auch für eine breite Marktakzeptanz solcher Messsysteme sehr wichtig. Der Fachbereich Geomatik der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg hat in einem Pilotprojekt vergleichend untersucht, in wie weit sich die beiden terrestrischen 3D-Laserscanning-Systeme Mensi GS100 von Trimble und IMAGER 5003 von Zoller & Fröhlich bei der Innenraumaufnahme zweier historischer Säle im Hamburger Rathaus effizient einsetzen lassen. Die Qualität der aus den Laserscannerdaten modellierten digitalen CAD-Daten wurde mit Referenzstrecken verglichen.

Genauigkeitsuntersuchungen und praktische Erfahrungen mit dem Mensi GS100 an der HAW Hamburg wurden von KERSTEN et al. 2004 und STERNBERG et al. 2005 veröffentlicht. Als Beispiele für den Einsatz von terrestrischen Laserscannern für Aufnahmen historischer Innenräume dienen die Erfassung von Schloss Neuschwanstein mit dem IMAGER 5003 von STRACKENBROCK (2004) und der kleinen Hagia Sophia Moschee in Istanbul mit dem 3dLMS (Prototyp der TU Darmstadt) von DÜPPE & KLEIN (2005). LORRA & JAEGER (2004) berichten über den effizienten Einsatz des IMAGER 5003 bei der Tatortvermessung.

¹ Fachbereich Geomatik, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Hebebrandstr. 1, 22297 Hamburg, e-mail: t.kersten@rzc.n.haw-hamburg.de

² Adresse s. o., e-mail: h.sternberg@rzc.n.haw-hamburg.de

³ Adresse s. o., e-mail: enrico.stiemer@web.de

In diesem Beitrag werden die beiden Säle und die beiden 3D-Laserscanning-Systeme im Kapitel 2 kurz vorgestellt. Die Datenerfassung, Registrierung und Georeferenzierung mit den Lasersystemen werden im Kapitel 3 und die Auswertung der beiden unterschiedlichen Datensätze wird in Kapitel 4 präsentiert. Im Kapitel 5 werden die Ergebnisse und die Systeme bewertend verglichen.

2 Aufnahmeobjekte und Laserscanning-Systeme

Die als Aufnahmeobjekte gewählten historischen Säle zeichnen sich durch ein großes Messvolumen mit bis zu 17m x 41 m x 16 m und durch Detailreichtum aus. Um diesen beiden Gesichtspunkten gerecht zu werden, wurden zwei mit unterschiedlichen Messprinzipien arbeitende Laserscanner-Systeme bei der Aufnahme verwendet.

2.1 Kaisersaal und Großer Festsaal im Hamburger Rathaus

Das Hamburger Rathaus wurde 1886-1897 von einer Architektengemeinschaft unter der Leitung Martin Hallers als prächtiger Sandsteinbau im Stil der Neo-Renaissance gebaut und ist heute Sitz von Senat und Bürgerschaft. Das Rathaus ist 111 Meter lang und besitzt einen 112 Meter hohen Turm. Im Rathaus befinden sich 647 Räume, von denen die prachtvollsten der Kaisersaal und der Große Festsaal sind (Abb. 1). Beide Säle sind mit viel Marmor, Goldverzierungen und kostbaren Gemälden ausgestattet. Sie dienen heute für Empfänge und gesellschaftliche Veranstaltungen. Der Kaisersaal erhielt seinen Namen nach einem Besuch von Kaiser Wilhelm II. anlässlich der Eröffnung des Nord-Ostsee-Kanals. Er verfügt über eine auffällige Deckenmalerei, die die Handelsschifffahrt unter deutscher Flagge symbolisiert. Die Wände, an denen Porträts bedeutender Bürgermeister Hamburgs hängen, sind mit einer Tapete aus gepresstem Rindsleder bedeckt, die größte dieser Art in Deutschland aus dem 19. Jahrhundert. Im reich verzierten großen Festsaal werden heute noch Empfänge für Politiker des In- und Auslandes gegeben. Über der beschnitzten Senatsestrade mit den Bürgermeistersitzen glänzt das goldene Staatswappen. Direkt darüber befindet sich ein Wandgemälde, das den Hamburger Hafen zu Beginn des 20. Jahrhunderts zeigt. Weitere große Wandgemälde, von Hugo Vogel bis 1909 gemalt, zeigen die Geschichte Hamburgs von 800 bis 1900. Umsäumt werden die Wandmalereien in 13 Meter Höhe mit 62 Stadtwappen des alten Hansebundes. Drei riesige Kronleuchter mit jeweils 240 Glühbirnen und einem Gewicht von 1,7 Tonnen erhellen den Saal.



Abb.1: Ansichten des Kaisersaals (links) und des Großen Festsaals im Hamburger Rathaus (rechts)

2.2 Laserscanning-Systeme Mensi GS100 und IMAGER 5003

Das 3D-Laserscanning-System GS100 wird von Mensi S.A., Frankreich hergestellt und der IMAGER 5003 wird von Zoller & Fröhlich in Wangen im Allgäu produziert. Die wichtigsten technischen Spezifikationen der beiden verwendeten Systeme sind in Tab. 1 zusammengefasst. Die wesentlichen Unterschiede zwischen GS100 und IMAGER 5003 werden wie folgt aufgeführt: Das Impulslaufzeitverfahren des GS100 (Wellenlänge 532 nm) erlaubt die Messung von längeren Scandistanzen als der IMAGER 5003 (780 nm), dagegen ist die Scangeschwindigkeit des GS100 aufgrund des Messverfahrens deutlich geringer. Das Sichtfeld ist beim IMAGER 5003 wesentlich größer als beim GS100 und erlaubt somit eine höhere Flexibilität des Systems in Innenräumen. Dagegen weist der GS100 eine höhere Winkelauflösung und eine deutlich geringere Spotgröße des Laserstrahls am Objekt auf. Ein Laserpunkt wird beim GS100 in 25 m Entfernung 3 mm groß abgebildet, während der Laserpunkt beim IMAGER 5003 auf derselben Distanz 11 mm groß sein kann. Durch die integrierte Kamera bietet der GS100 die Möglichkeit, die Punktwolke mit RGB-Werten farblich zu kodieren.

	Mensi GS100	IMAGER 5003
Messmethode	Impulslaufzeit	Phasendifferenz
Sichtfeld	360 ⁰ horiz., 60 ⁰ vertikal	360 ⁰ horiz., 310 ⁰ vertikal
Optimale Scandistanz	2 – 100 m	1 – 53,5 m
Scangeschwindigkeit	Bis zu 5000 Punkte/sec	Bis zu 500000 Punkte/sec
Streckenmessgenauigkeit (25m)	6 mm (einfache Strecke)	~ 6mm
Winkelauflösung	0.002 gon	0.020 gon
Strahldivergenz/Laserspot in 25 m	0,06 mrad / 3 mm	0,22 mrad / ca. 11 mm
Integrierte Kamera	RGB 768 x 576 Pixel	keine

Tab. 1: Technische Spezifikationen der Laserscanner Mensi GS100 und IMAGER 5003

Die Abb. 2 zeigt beide 3D-Laserscanning-Systeme mit entsprechendem Zubehör. Zum GS100 gehören eine robuste Transportkiste und ein Notebook zur Steuerung des Messinstrumentes bei der Datenerfassung. Eine sinnvolle Ergänzung des Systems ist ein effizienter Generator (z. B. Honda-Stromerzeuger EU 10i, Leistung ca. 1 KW) für den Betrieb im Außendienst, da nicht überall eine Stromversorgung vom Netz gewährleistet werden kann. Der IMAGER 5003 ist auf einem fahrbaren Stativ montiert und wird durch eine Batterie versorgt. Der Steuerung des Scanners erfolgt ebenfalls über ein Notebook.



Abb.2: Das 3D-Laserscanning-System Mensi GS100 der HAW Hamburg mit Zubehör (links), GS100-Innenansicht mit digitaler Kamera und Spiegel (Mitte), IMAGER 5003 mit Zubehör (rechts)

Software	Mensi GS100	IMAGER 5003
Scanning	PointScape V1.2	LR Viewer2
Datenverarbeitung	Real Works Survey V4.1 zur Registrierung und Georeferenzierung, OfficeSurvey Module	LFM Modeller V3.64c zur Registrierung und Georeferenzierung, Einpassen von geometrischen Primitiven in Punktwolke
Datenverarbeitung	3Dipos V3.0 zur Registrierung und Georeferenzierung, Einpassen von geometrischen Primitiven in Punktwolke	LFM Server + Generator 3.64i zur Bearbeitung von großen Punktwolken

Tab. 2: Software für die Laserscanning-Systeme Mensi GS100 und IMAGER 5003

Ein wesentlicher Bestandteil der Laserscanning-Systeme ist die Software, die für beide verwendeten Systeme in Tab. 2 zusammengefasst ist. Die Software bietet die Steuerung des Scanners bei der Aufnahme über ein Notebook, die Registrierung und Georeferenzierung der verschiedenen Punktwolken und eine Vielzahl von Optionen für deren Auswertung bis zur Einpassung von geometrischen Primitiven in die Punktwolke zur CAD-Konstruktion.

3 Datenerfassung, Registrierung und Georeferenzierung

Die Arbeitsschritte vor der eigentlichen Bearbeitung der 3D-Punktwolken sind die Datenerfassung, die Registrierung (Verknüpfung) und die Georeferenzierung der Punktwolken in ein übergeordnetes Koordinatensystem. Dazu wurden vor dem Scannen in beiden Räumen entsprechende Zielmarken (Targets) angebracht, die später eine Transformation vom Scanner- in das übergeordnete Koordinatensystem gewährleisten. Die verschiedenen Zielmarken (Abb. 3 Mitte), neun für den GS100 und 29 für den IMAGER 5003, wurden mit einem Tachymeter TCRA 1105 von Leica in einem lokalen 3D-Netz eingemessen und in einer Ausgleichung mit einer Genauigkeit von ca. 4 mm bestimmt.

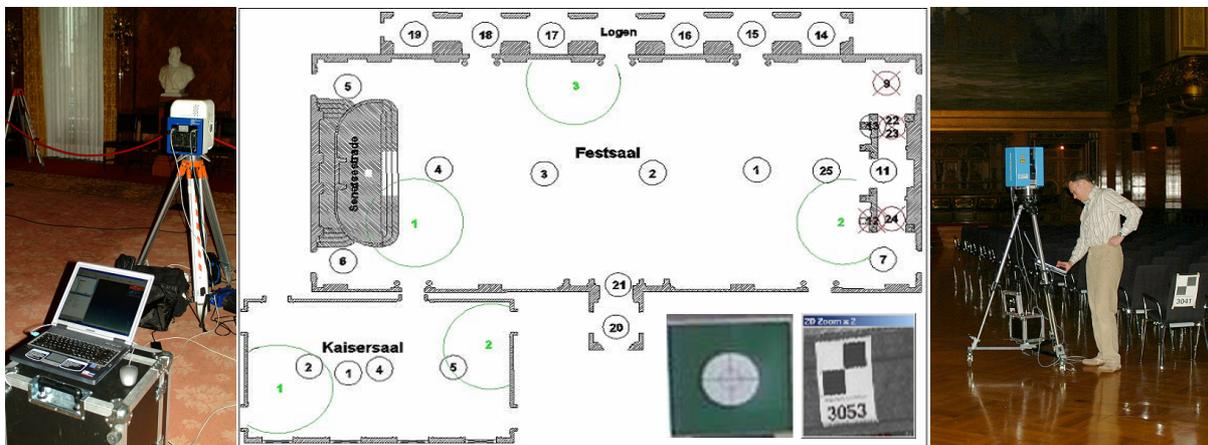


Abb.3: Links: Mensi GS100 im Kaisersaal, Mitte: Übersicht der Scanstationen: GS100 große Kreise und IMAGER 5003 kleine Kreise, sowie Zielmarken für GS100 und IMAGER 5003, rechts: IMAGER 5003 im Festsaal.

Für das Laserscanning in den beiden Sälen des Hamburger Rathauses standen insgesamt fünf Stunden zur Verfügung. Aus zeitlichen Gründen konnte mit dem GS100 nur von fünf Scannerstandpunkten gescannt werden (siehe Abb. 3 Mitte), während man durch die kurzen Scanzeiten von ca. 7 Minuten je Scan mit dem IMAGER 5003 von 22 Standpunkten Aufnahmen durchführen konnte. Als Auflösung wurde die Einstellung ‚high‘ gewählt, in der ein 360° Scan eine Größe von 10000 Pixel x 5967 Linien aufweist. Dies führt in 25 m Entfernung zu einem Punktabstand von 16 mm x 16 mm. Der Standpunktwechsel mit dem IMAGER 5003 konnte durch den Rolluntersatz sehr schnell und flexibel vollzogen werden, dagegen war

beim GS100 ein Auf- und Abbau des Systems von jeweils ca. 10 Minuten erforderlich. Die Steuerung der beiden Scanner erfolgte über ein Notebook mit der Software PointScape V1.2 (GS100) bzw. LRViewer 2 (IMAGER 5003). Um die gescannten Punktwolken verschiedener Standpunkte automatisch verknüpfen zu können, wurde jede sichtbare grüne Zieltafel mit dem GS100 separat vor jedem Objektskan gescannt. Die nummerierten Targets für den IMAGER 5003 wurden in jedem Panoramascan des Standpunktes mit erfasst. Leider konnte das Scannen der beiden Säle nicht unter Idealbedingungen durchgeführt werden, da sowohl Besuchergruppen im Rathaus, als auch eingeladene Laserscanner-Interessierte manchmal ein leichtes Vibrieren des Parkettbodens verursachten. Jedoch konnten keine signifikanten Auswirkungen des Vibrierens bei der Auswertung festgestellt werden. Wichtige statistische Angaben über das Scannen im Hamburger Rathaus sind in Tab. 3 zusammengefasst. Obwohl der Punktabstand beim Scannen bei beiden Systemen ungefähr gleich groß gewählt wurde, ergaben sich durch die vielen Standpunkte und durch das größere Sichtfeld des IMAGER 5003 eine deutlich höhere Anzahl gescannter Punkte und damit ein größeres Datenvolumen.

Scanstatistik	Mensi GS100	IMAGER 5003
# Zielmarken	9	29
# Scanner-Standpunkte	5	22
# Scans	8	22
# Punkte (in Mio.)	24,5	1076
Datenvolumen [MB]	500	5400
Punktabstand in 25 m [cm] / Scan	1,9	1,6
Scan-Zeit/Station [min]	50	7
Scan-Zeit insgesamt [min]	190	154

Tab. 3: Scanstatistik für die Aufnahme im Hamburger Rathaus mit Mensi GS100 und IMAGER 5003

Die anschließende Registrierung und Georeferenzierung der acht Punktwolken erfolgte beim GS100 im Programm Real Works Survey 4.1 automatisch über die drei bzw. fünf Zieltafeln mit einer Genauigkeit von 3 mm (Kaisersaal) bzw. 5 mm (Festsaal). Dagegen wurden aufgrund der großen Datenmengen die Punktwolken jedes einzelnen Standpunktes des IMAGER 5003 über jeweils drei bis sechs Zielmarken mit der Software LFM Modeller 3.64 und einer Genauigkeit von 8mm direkt georeferenziert. Bei vier Standpunkten war dies aufgrund zu wenig sichtbarer Targets nicht möglich. (siehe durchgekennzeichnete Kreise in Abb. 3). Abb. 4 zeigt die registrierten und georeferenzierten Punktwolken vom Großen Festsaal und Kaisersaal, wobei die GS100-Daten durch die Bilder der Videokamera farbkodiert, die Daten des IMAGER 5003 jedoch nur in Grautönen dargestellt sind.

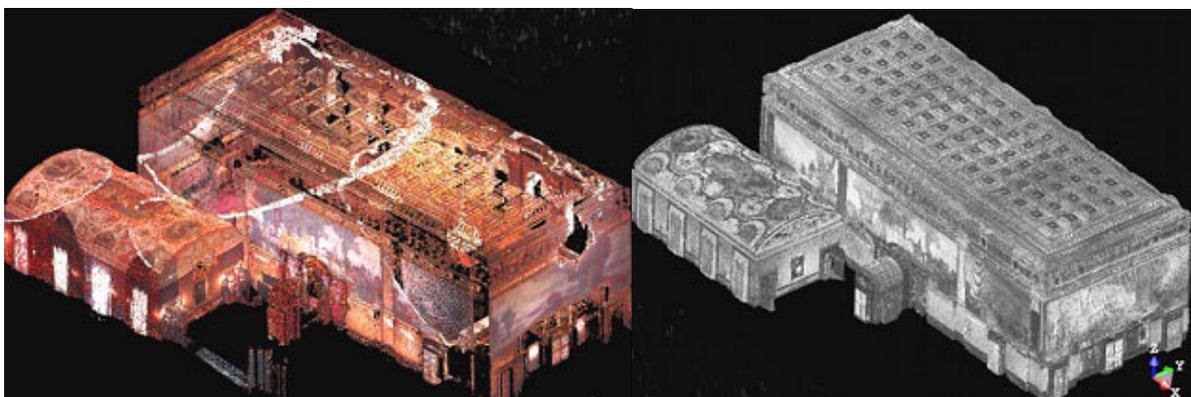


Abb. 4: Georeferenzierte Punktwolken beider Säle: Mensi GS100 (links), IMAGER 5003 (rechts)

4 Auswertung der Punktwolken

Die Generierung von 2D-Schnitten und einfachen 3D-Modellen stand im Vordergrund der Auswertung der Punktwolken. Dazu konnte für den GS100 weiterhin die Software Real Works Survey 4.1 genutzt werden. Diese ermöglicht das manuelle und automatische Erzeugen von Schnittebenen, die Einrechnung von Polylinien in die Punktwolke der Schnitte und den Export von Polylinien zu AutoCAD. Diese Polylinien waren die Grundlage, um in AutoCAD sowohl die Grundrisse und Aufrisse, wie in Abb. 5 und 7 dargestellt, als auch 3D-Modelle (Abb. 6) zu konstruieren. Für die Konstruktion des Wandstückes im Großen Festsaal (Abb. 8) wurden beispielsweise 48 Schnittebenen in einem Abstand von 10 cm mit einer Stärke von 5 cm gebildet und daraus Polylinien erzeugt.

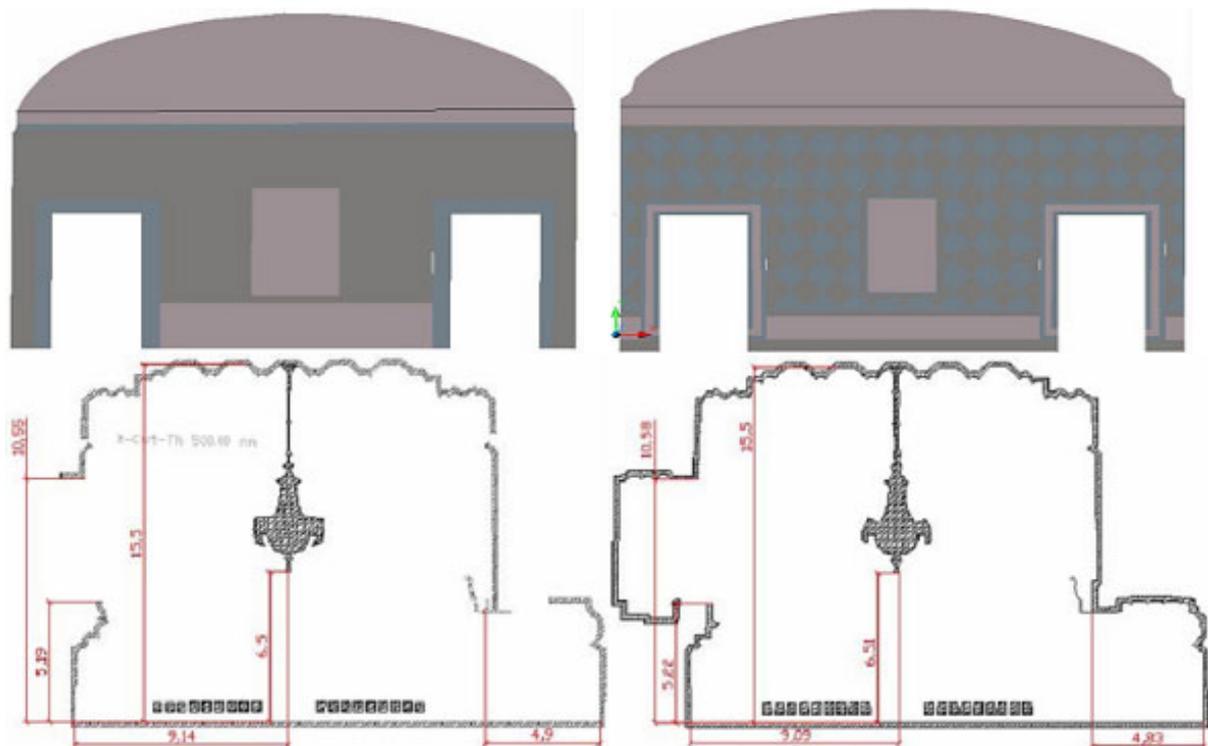


Abb. 5: Detaillierungsgrad der 2D-Konstruktion einer Wand im Kaisersaal (oben) und eines Querschnittes im Großen Festsaal (unten) konstruiert aus den Punktwolken des GS100 (links) und des IMAGER 5003 (rechts)

Der Vergleich von Strecken in den 2D-Plänen mit Referenzstrecken ergab eine durchschnittliche Abweichung von 17 mm. Im 3D-Modell einer Tür (Abb. 6) ergab die Abweichung zwischen dem CAD Modell und der Referenzstrecke durchschnittlich 10 mm.



Abb. 6: Detaillierungsgrad des 3D- Modells einer Tür im Festsaal konstruiert aus den Punktwolken des GS100 (links) und des IMAGER 5003 (rechts)

Für die Auswertung der Punktwolken des IMAGER 5003 wurde nicht die LFM Modeller Software verwendet, da diese ähnlich der 3Dipsos Software von Mensi nur die Generierung von 3D-Primitiven ermöglicht. Hier wurde eine weitere Software von Zoller & Fröhlich, der LFM Server, eingesetzt. Mit dieser Software ist es möglich, Teile der Punktwolke in voller Auflösung als Hintergrundbild für die Konstruktion in AutoCAD zu laden. Zur Generierung der 2D-Pläne wurden manuell Schnittebenen im LFM Server erzeugt und die gewonnene Punktwolke direkt als Hintergrund in das verbundene Programm AutoCAD übernommen. Mit diesem Modul war es gut möglich, die großen Datenmengen des IMAGER 5003 effektiv zu verwalten und zügig die 2D-Schnitte und die 3D-Modelle in AutoCAD zu erzeugen. Die Abweichungen zwischen den Referenzstrecken und den Strecken im 2D-Plan betragen durchschnittlich 13 mm. Im 3D-Modell wurden die Abweichungen mit 11 mm bestimmt.

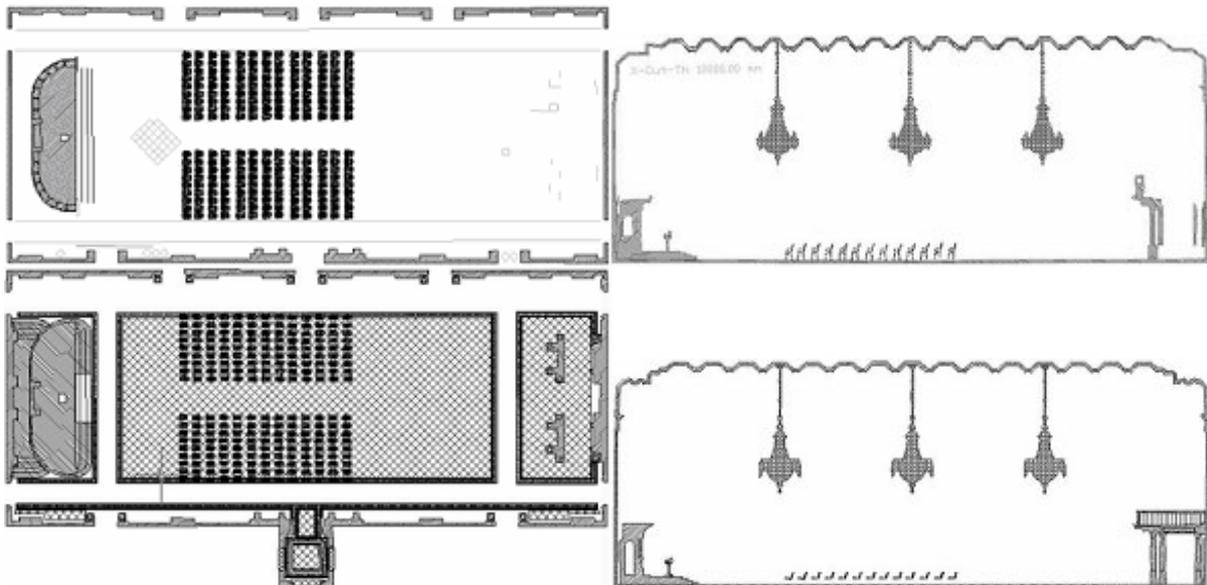


Abb. 7: Detaillierungsgrad der 3D Pläne (Grundriss und Längsschnitt) des großen Festsaales aus den Daten des GS100 (oben) und des IMAGER 5003 (unten) konstruiert.

In Abb. 7 ist deutlich zu sehen, dass die Ausarbeitungen aus den Punktwolken des IMAGER 5003 detailreicher sind, da die Punktdichte im Objekt aufgrund der größeren Standpunktzahl deutlich höher war und weniger Lücken aufgrund von Abschattungen aufwies. Des Weiteren war die Konstruktion mit dem LFM Server weniger zeitaufwändig als mit Real Works Survey. Dies führte auch dazu, dass bei der Konstruktion der Seitenwand des Festsaales mit Real

Works Survey nur ein 2D-Plan erzeugt werden konnte, während es in der gleichen Bearbeitungszeit mit dem LFM Server und AutoCAD möglich war, ein 3D-Modell zu generieren (Abb. 8).

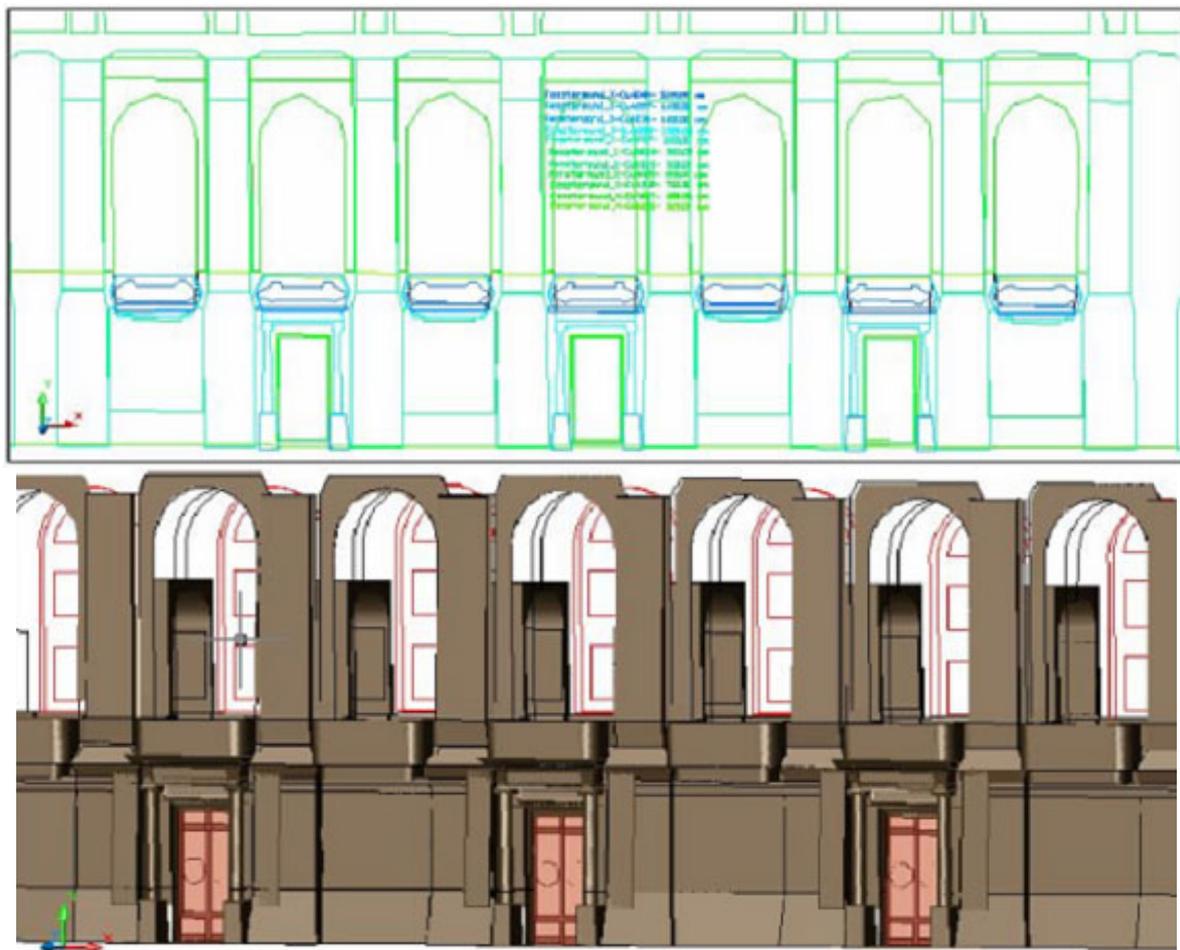


Abb. 8: Konstruktion der Seitenwand des Festsaales: 2D-Plan mit Real Works Survey (oben) und 3D-Modell mit LFM Server und AutoCAD (unten) erstellt

5 Vergleich der beiden Laserscanning-Systeme

Die Bearbeitungszeiten der beiden Projekte Kaisersaal und Großer Festsaal sind in Tab. 4 nach den wesentlichen Arbeitsschritten unterteilt für den Mensi GS100 und IMAGER 5003 aufgeführt.

Arbeitsschritt/Bearbeitungszeit [h]	Mensi GS100	IMAGER 5003
Scannen	3,2	2,6
3D-Netzausgleichung	4,0	4,0
Registrierung/Georeferenzierung	2,0	2,0
Datenaufbereitung, -konvertierung	0,5	2,0
Erstellung 2D-Schnitte	44,5	39,0
Erstellung 2D-Plan/3D-Modell	53,0	41,5
Zeit insgesamt [h]	107,2	91,1

Tab. 4: Bearbeitungszeit je Arbeitsschritt mit den Systemen Mensi GS100 und IMAGER 5003

Es zeigte sich in diesem Projekt, dass der Zeitaufwand für die Datenaufnahme im Verhältnis zur Datenauswertung um den Faktor 30 weit auseinander klafft. Während das Scannen im

Rathaus und die anschließende Datenvorbereitung (Registrierung / Georeferenzierung, etc.) automatisiert abläuft, ist für die Erstellung von 2D-Schnitten, von Grundrissen und von 3D-Modellen sehr viel manuelle Arbeit erforderlich. Aufgrund der höheren Punktdichte und der hohen Anzahl Scannerstandpunkte (geringe Verdeckungen) konnte mit den Daten des IMAGER 5003 eine schnellere Auswertung durchgeführt werden. Daher ist die Projektbearbeitungszeit mit dem IMAGER um 15% (zwei Arbeitstage) effizienter als mit dem GS100 (siehe Tab. 4).

Der Einsatz beider Laserscanning-Systeme (Hardware und Software) wurde nach der Projektbearbeitung anhand verschiedener Beurteilungskriterien im Vergleich bewertet. Die Beurteilungskriterien für die Bewertung sind in Tab. 5 aufgeführt, wobei für jedes Kriterium eine Gewichtung und eine Benotung in Form von Punkten (1 = negativ, 2 = Durchschnitt und 3 = gut) vergeben wurde. Der erstellte Kriterienkatalog soll dabei auch die Anforderungen an eine Aufnahme und Auswertung von historischen Innenräumen berücksichtigen.

Beurteilungskriterien/Bewertung	Gewicht [%]	Mensi GS100	IMAGER 5003
Sichtfeld des Scanners	10	2	3
Scanreichweite	10	3	2
Scangeschwindigkeit	10	1	3
Anzahl gescannter Punkte	10	2	3
Datenvolumen	5	3	2
Flexibilität des Systems in Innenräumen	5	2	3
Registrierung/Georeferenzierung	5	3	2
Automation in der Datenauswertung	30	1	1
Genauigkeit	5	2	2
Resultate/Produkte	10	2	2
Punktzahl gesamt	100	180	205
Punktbedeutung: 1.....negativ, 2.....Durchschnitt, 3.....gut			

Tab. 5: Beurteilungskriterien für den Einsatz der Systeme Mensi GS100 und IMAGER 5003

Negativ werden hier in erster Linie der Automationsgrad in der Auswertung von Punktwolken bei beiden Systemen und die Scangeschwindigkeit des Mensi GS100 bewertet. Alle anderen Kriterien werden entweder mit durchschnittlich oder gut beurteilt. Insgesamt wird der IMAGER 5003 für diese Projektbearbeitung aufgrund seiner besseren Leistung beim Scannen von Innenräumen gegenüber dem GS100 mit 205 zu 180 Punkten etwas besser beurteilt.

6 Fazit und Ausblick

Die beiden eingesetzten terrestrischen Laserscanning-Systeme haben sich bei der Datenerfassung im Hamburger Rathaus und bei der Auswertung der Punktwolken für Anwendungsgebiete in Innenräumen bewährt. Trotz der nicht idealen Bedingungen beim Scannen konnten mit beiden Systemen gute Resultate in Form von 2D-Schnitten, Grundriss und 3D-Modell erzielt werden. Es zeigte sich aber auch deutlich, dass die hohe Datenmenge vom IMAGER 5003 zwar bei der Datenaufbereitung mehr Aufwand bereitete als die GS100-Punktwolken, doch durch die hohe Punktdichte und die geringeren Abschattungen konnte wesentlich detaillierter ausgewertet werden. Die Datenerfassung ist mit beiden Scannern recht einfach, doch die Auswertung der Punktwolken ist sehr komplex und zeitaufwendig (bis zu einem Verhältnis von 1:30 für Aufnahme/Auswertung). Daher ist es sehr wichtig, bei einem Laserscanning-System sowohl die Hardware als auch die Software für bevorstehende Anwendungen in Betracht zu ziehen. Somit zeigte sich auch in diesem Projekt, dass es keinen Scanner für alle Anwendungen gibt, sondern eher für jede Anwendung einen speziellen Scanner. In

diesem Projekt hat sich der IMAGER 5003 als flexibler und geeigneter erwiesen, da die Punktdichte und die vielen Standpunkte in kurzer Zeit eine bessere Auswertung ermöglichen. Generell ist 3D-Laserscanning eine innovative Technologie, deren Einsatz gerade auch in der Denkmalpflege ein hohes Potenzial aufweist.

Durch eine hohe Automatisierung der Auswerteprozesse werden Laserscanning-Systeme in Zukunft eine zunehmende Akzeptanz im Markt erreichen. Die Systeme werden auch schneller, genauer, handlicher und hoffentlich auch günstiger werden. Eine Datenfusion von hochauflösenden Digitalkameras mit Punktwolken für Visualisierungs- und Interpretationsaufgaben scheint daher auch eine konsequente Weiterentwicklung der Systeme darzustellen.

7 Dank

Die Autoren bedanken sich bei Dipl.-Ing. K. Mechelke, Dipl.-Ing. C. Acevedo Pardo (beide HAW Hamburg), Dipl.-Ing. S. Kruse und Dipl.-Ing. J. Soumagne (beide Ingenieurbüro Dr. Wesemann, Bochum/Hamburg) für die Datenerfassung im Hamburger Rathaus.

8 Literaturverzeichnis

DÜPPE, R.-D., KLEIN, B., 2005: Blockausgleichung mit Flächen für Laserpunktwolken. Photogrammetrie, Laserscanning, Optische 3D-Messtechnik – Beiträge der Oldenburger 3D-Tage 2005, Th. Luhmann (Hrsg.), Wichmann Verlag, Heidelberg, pp. 266-277.

KERSTEN, TH., STERNBERG, H., MECHELKE, K., ACEVEDO PARDO, C., 2004: Terrestrischer Laserscanner Mensi GS100/GS200 – Untersuchungen und Projekte an der HAW Hamburg. Photogrammetrie, Laserscanning, Optische 3D-Messtechnik – Beiträge der Oldenburger 3D-Tage 2004, Th. Luhmann (Hrsg.), Wichmann Verlag, Heidelberg, pp. 98-107.

LORRA, K. & JAEGER, R. R., 2004: Laserscanner können Tatortarbeit revolutionieren. Der Kriminalist 12/2004, pp. 479-484.

STERNBERG, H., KERSTEN, TH., CONSEIL, N., 2005: Untersuchungen des terrestrischen Laserscanners Mensi GS100 - Einfluss unterschiedlicher Oberflächeneigenschaften auf die Punktbestimmung. Photogrammetrie, Laserscanning, Optische 3D-Messtechnik – Beiträge der Oldenburger 3D-Tage 2005, Th. Luhmann (Hrsg.), Wichmann Verlag, Heidelberg, pp. 56-65.

STRACKENBROCK, B., 2004: Visualization of "Thronsaal Neuschwanstein" with scanner and panorama camera. IAPRS, Vol. XXXIV, PART 5/W16, Editors H.-G. Maas & D. Schneider, Proceedings of the ISPRS working group V/1 'Panoramic Photogrammetry Workshop', Dresden, Germany, February 19-22, 2004, <http://www.tu-dresden.de/fghgipf/photo/PanoramicPhotogrammetryWorkshop2004/Proceedings.htm>