Verknüpfung von Laserscanner-Daten und zusätzlichen digitalen Bildern

Michael Hovenbitzer

1 Einleitung

Am Geodätischen Institut der Technischen Universität Darmstadt wurden in den letzten Jahren verschiedene Ansätze der berührungslosen Objekterfassung im Nahbereich getestet [Hovenbitzer und Schlemmer 1997, Glück 1998, Kowalzick 1999, Hovenbitzer 2001]. Zum Zwecke der Innenraumaufnahme wurden angepasste Methoden entwickelt, um aus den Punktwolken, die mittels Triangulation oder polarer Punktbestimmung erfasst wurden, geometrische Primitive (Ebene, Kugel bzw. Zylinder) zu extrahieren. Die zusätzliche Aufnahme von digitalen Bildern ergänzt die durch Laserscanning gewonnenen Objektinformationen sinnvoll. Die Entwicklung geeigneter Verknüpfungsstrategien ist die Problematik der gemeinsamen Auswertung dieser beiden Informationsquellen.

2 Messsystem 3dLMS

Das Messsystem 3dLMS setzt sich zusammen aus einem Basissensor LMS 200 der Firma Sick und einem schrittmotorgetriebenen Drehtisch. Dieses System wurde als polares, berührungslos messendes System am Geodätischen Institut der Universität Darmstadt entwickelt [Hovenbitzer 2001, Hovenbitzer 2002]. Der Basissensor wird durch den motorisierten Drehtisch positioniert, dessen Steuerung den Befehl zur Positionierung über eine serielle Schnittstelle vom angeschlossenen Computer erhält. Ein Profil des Objektes wird nun vom Laserscanner mittels des Time-of-Flight-Messverfahrens erfasst und die Messdaten werden in Echtzeit zum Computer übertragen. Nach der nächsten Positionierung des Drehtisches wird das folgende Profil des Objektes aufgenommen und so weiter. Dies führt zu einer 360°-Rundumaufnahme.

Abb. 1: Geräteentwicklung 3dLMS

Mit der maximalen Winkelauflösung von 0,25° können bei einem vertikalen Öffnungswinkel von 100° etwa 600 000 Punkte mit einer Rundumerfassung bestimmt werden. Für das Gesamtsystem kann ein Helmertscher Punktfehler von 5 mm für den Nahbereich bis etwa 10 m angegeben werden.

Der zur Zeit eingesetzte Basissensor kann keine Intensität des ausgesandten Laserimpulses registrieren. Es werden nur geometrische Größen, wie Strecken und Richtungen bestimmt. Die Firma Sick verbesserte den Sensor allerdings in der Vergangenheit so, dass dieser die Intensität des reflektierten Laserimpulses beobachten kann. Dies kann genutzt werden, um ein Grauwertbild des Messobjektes zusammen zu setzen, welches direkt mit den Messpunkten verbunden ist.

3 Zusätzliche, digitale Bilder

Zu Dokumentationszwecken werden schon jetzt von einigen Instrumentenherstellern zusätzliche digitale Bilder aufgenommen und abgespeichert [Callidus 2002, Cyra-Technologies 2002]. Diese werden allerdings nicht in den Messprozess integriert, sondern dienen lediglich der Visualisierung von speziellen Objekten, wie z.B. Rissen oder Markierungen. Zusätzliche digitale Bilder können jedoch vielfältiger – wie nachfolgend dargestellt genutzt werden.

- Nichterfasste Details messen

Durch das feste Winkelraster der Koordinatenaufnahme des Lasermesssystems wird nur an bestimmten Stellen eine Koordinatenmessung durchgeführt. Vielfach sind Koordinaten von Einzelheiten des Objektes gefordert, die nicht direkt erfasst werden. Zur Dokumentation und Vermessung der Details kann nun ein digitales Bild aufgenommen werden.

● Bilder als Textur
Bei der Aufmessung von Denkmälern ist meist nicht nur die Geometrie zu bestimmen, sondern es interessieren auch die Lage von Texturen auf den Wänden (z.B. Malereien). Werden diese Texturen mit einer kalibrierten Kamera aufgenommen, können sie sowohl im CAD-Modell als auch in interaktiv begehbaren virtuellen Räumen hinterlegt werden. Weiterhin lassen sich maßstäbliche Karten der Wände erstellen, die entweder durch projektive Abbildung oder durch Abwicklung die Textur der Wand zeigen. Diese Karten entsprechen den Orthophotos der Luftbildphotogrammetrie.
● Objektränder im Bild messen
Das Verschneiden von geometrischen Primitiven führt dann zu Problemen, wenn sie nicht an andere Objekte angrenzen. So können z.B. die Ränder eines Tisches nicht durch Verschneidung bestimmt werden, da die nächsten Messpunkte auf die Ebene des parallel zur Tischebene liegenden Bodens fallen. Solche Ränder von Objekten, die nicht mittels Verschneidung von Ebenen aus Laserdaten gebildet werden können, können mittels einer Schnittauswertung im Bild gemessen werden.
● Bilder als Informationsspeicher für verdeckte Objekte
Zusätzliche Bilder können genutzt werden, um verdeckte (im Messschatten liegende) Objekte, mit Hilfe der Photogrammetrie zu vermessen. Die Bilder müssen mit den Laserscannerdaten verknüpft werden und können dann durch photogrammetrisches Vorwärtseinschneiden ausgewertet werden. So können Informationen der verdeckten Objekte ohne zusätzliche Aufstellung des Lasermesssystems abgeleitet werden.
Zusätzliche, digitale Bilder lassen sich also sinnvoll nutzen, wenn die Verknüpfung zu den Laserscannerdaten gegeben ist. Mittels Verknüpfungspunkten lässt sich ein photogrammetrischer Rückwärtsschnitt berechnen, so dass die äußere Orientierung der Bilder berechnet werden kann. Je nach Aufgabenstellung können nun Einzel- bzw. Stereoauswertungen der Bilder durchgeführt werden, um die Objektinformation, welche durch Laserscanning gewonnen wurde, zu ergänzen. Hierzu wird allerdings eine photogrammetrisch kalibrierte Kamera benötigt, das heißt die innere Orientierung der Kamera muss bekannt sein, um diese Bilder sinnvoll für Messzwecke einsetzen zu können.

3.1 Bilder eines ebenen Objekts

Den einfachsten Fall der Verknüpfung der Laserscannerdaten und der zusätzlichen Bilder stellt ein ebenes Objekt, z.B. die Wand eines Innenraumes, dar. Hier ist es einfach Verknüpfungspunkte festzulegen, da der Schnitt von drei Ebenen (Wänden) als Punkt sowohl in den Laserdaten [HOVENBITZER 2001] als auch in den Bildern eindeutig zu berechnen bzw. zu identifizieren ist. Das Bild kann nun ebenenweise mittels projektiver Transformation mit dem Laserdatensatz in Verbindung gebracht werden.
Da es sich hier nur um eine Abbildung Ebene auf Ebene handelt, kann diese Lösung nur für eine Texturierung des Objektes genutzt werden. Das Messen von Objektinformation kann so nicht durchgeführt werden, da keine Berechnung der äußeren Orientierung des Bildes durchgeführt wird.

Abb. 2: Testobjekt Altar (Mainzer Dom), zusätzliches Bild

3.2 Bilder eines dreidimensionalen Objekts

Die Verknüpfung der Laserdaten und zusätzlicher Bilder eines dreidimensionalen, komplizierten Objektes (siehe Abbildung 2) kann nur über die Berechnung eines photogrammetrischen Rückwärtsschnittes erfolgen. Identische Punkte sind natürlich über den Ansatz eines Schnittes dreier Ebenen zu gewinnen. Erfahrungsgemäß können aber nicht genügend sichere Punkte durch diese Methode gefunden werden, da meist nur kleine Ebenensegmente sichtbar sind oder nur zwei der nötigen drei Ebenen im Laserdatensatz erfasst sind. Die Lösung dieser Problematik liegt in der Nutzung eines Kantenbildes, welches aus den Laserdaten generiert wird (siehe Abbildung 3). Stellt man nun ein kantengefiltertes digitales Photo des Objektes diesem generierten Kantenbild gegenüber, so können mittels Korrelation identische Bildpunkte gefunden werden. Den Bildpunkten der generierten Kantendarstellung aus Laserdaten kann sofort ein gemessener Objektpunkt zugeordnet werden. Zur Berechnung des Rückwärtsschnittes können so beliebig viele identische Punkte erzeugt werden. Ist nun die äußere Orientierung des Bildes berechnet, so kann das Bild auf die Daten des Laserscannings projiziert werden. Dies kann direkt über eine Dreiecksvermaschung der gemessenen Objektpunkte erfolgen oder man extrahiert zuerst geometrische Primitive aus dem Laserdatensatz, die dann zur Visualisierung genutzt werden können.

4 Beispiel

Als Beispiel einer Verknüpfung von Laserscanner-Daten und eines zusätzlichen digitalen Bildes wurde ein Altar im Dom zu Mainz ausgewählt. Die Abbildung 2 zeigt die photographische Aufnahme dieses Altars, der im südlichen Querschiff zu finden ist. In der Abbildung 3 ist

Abb. 3: Darstellung der Objektanten, generiert aus den gemessenen Laserdaten

die entsprechende Ansicht des Altars mittels der Laserscannerdaten generiert. Da nur geometrische Informationen registriert wurden, handelt es sich hier um eine schwarz-weiße Darstellung der Objektkanten. Diese Darstellung kann auf Grund der lokalen Maxima und Minima der Streckendaten berechnet werden und wird zur ersten Visualisierung der Daten eines Instrumentenstandpunktes genutzt. Um einen ersten Eindruck der gemessenen Laserdaten zu erhalten, kann das Objekt mittels VRML (**V**irtual **R**eality **M**odeling **L**anguage) dargestellt werden (siehe Abbildung 4). Man sieht deutlich, dass im Messschatten liegende Objektinformationen nicht erfasst werden. Der Opferstock am linken Bildrand ist hierfür ein gutes Beispiel. Er wird bis zur Wand verlängert dargestellt, da die Verbindungsdreiecke zwischen Opferstock und Wand nicht eliminiert wurden. Begründet durch das feste Winkelraster des Lasermesssystems sind weiterhin nicht alle Details erfassbar.
Die Abbildung 5 zeigt zwei Ansichten des Altars mit aufgebrachter Textur. Die Einzelheiten sind deutlich erkennbar, allerdings stört die schon angesprochene Verlängerung der Objekte bis zum Hintergrund. Das zusätzliche Bild (Abbildung 2) wurde über einen photogrammetri-

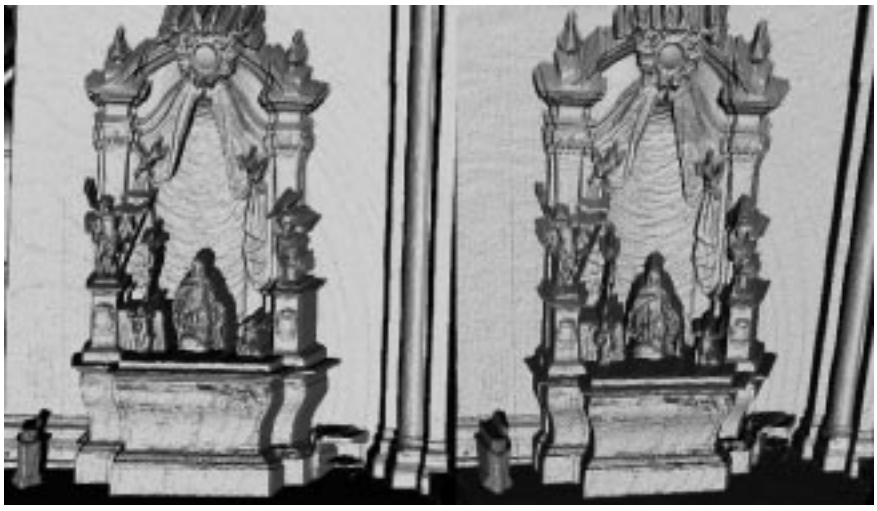

Abb. 4: Zwei Ansichten des gescannten Altars, dargestellt mittels VRML

Abb. 5: Zwei Ansichten des texturierten Altars, dargestellt mittels VRML

schen Rückwärtsschnitt orientiert. Hierbei konnten Genauigkeiten von 1 bis 3 cm für die Projektionszentrumskoordinaten erreicht werden. Die notwendigen Verknüpfungspunkte wurden mittels des beschriebenen Korrelationsansatzes bestimmt.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Es konnte gezeigt werden, dass eine Verknüpfung von Laserscannerdaten und zusätzlichen digitalen Bildern möglich ist. Zwei Methoden um identische Punkte zu finden, wurden dargestellt. Zum Einen kann der Schnittpunkt dreier Ebenen als Verknüpfungspunkt dienen, wenn er auch im Bild eindeutig zu identifizieren ist. Zum Anderen können mittels Korrelation von Kantenbildern Verknüpfungspunkte gefunden werden. Eine Visualisierung der Daten wurde mittels VRML durchgeführt. In der Zukunft ist es nicht mehr nötig die Korrelation über Kantendarstellungen durchzuführen, da die heutige Generation von Laserscannern die Intensität des reflektieren Lasersignals bestimmt und ein Grauwertbild des Objektes abgeleitet werden kann. Die dargestellte Methode, Verknüpfungspunkte zu bestimmen, kann dann mittels des Grauwertintensitätsbildes durchgeführt werden.
Um einen besseren Eindruck der Visualisierung zu gewährleisten, sind zukünftig die störenden Verbindungsdreiecke zwischen Vorder- und Hintergrund zu eliminieren. Diese Verlängerung der Objekte bis zum Hintergrund stört die dreidimensionale Ansicht erheblich, so dass geeignete Eliminationsansätze zu finden sind.
Die Einbeziehung von Bilddaten ermöglicht es, die beobachteten Messdaten des Lasermesssystems besser auszunutzen. Mit Hilfe dieser zusätzlichen Information ist es möglich, nicht bestimmte Details der automatischen Aufnahme zu erfassen bzw. verdeckte Objekte, die im Messschatten liegen, aufzunehmen. Die digitalen Bilder können auch als Textur für die CAD-Modelle der Aufnahmeobjekte dienen. Sie können genutzt werden, um Objektränder, die sich nicht durch das Verschneiden von geometrischen Primitiven ergeben, zu bestimmen. Wünschenswert wäre eine Ausgleichung aller Messdaten, so dass die Punktbeobachtungen des Laserscanners und die zusätzlich aufgenommenen Bilddaten zusammen zur Objektbildung beitragen.

6 Literatur

Callidus 2002: www.callidus.de
Cyra-Technologies 2002 : www.cyra.com
Glück, P. (1998): Entwicklung eines dreidimensionalen Messsystems auf der Grundlage des Laser-Scanners LMS 200. Diplomarbeit, TU Darmstadt, Geodätisches Institut, unveröffentlicht
Hovenbitzer, M.; Schlemmer, H. (1997): A line-scanning theodolite-based system for 3D applications in close range. In Gruen, A. und Kahmen, H. (Hrsg.), Optical 3-D measurement techniques IV, S. 339 – 345, Wichmann, Heidelberg
Hovenbitzer, M. (2001): 3-D Laser Measurement System in Close-Range. In Gruen, A. und Kahmen, H. (Hrsg.), Optical 3-D measurement techniques V, S. 64 – 69, Wichmann, Heidelberg
Hovenbitzer, M. (2002): Zur Automation berührungsloser Objekterfassung im Nahbereich, Dissertation, TU Darmstadt, DGK C Nr. 556 (im Druck)
Kowalzick, P. (1999): Realisierung und Kalibrierung einer berührungslos messenden Systemkomponente eines hybriden 3D- Messsystems mit Hilfe eines codierten Lichtverfahrens. Diplomarbeit, TU Darmstadt, Geodätisches Institut, unveröffentlicht

Anschrift des Autors:
Michael Hovenbitzer,
Elbestraße 10, 64569 Nauheim
Tel. und Fax : 0 61 52/6 24 95
m.hovenbitzer@web.de

Zusammenfassung

Zur Ergänzung von Daten, die mittels Laserscanning beobachtet wurden, können zusätzliche, digitale Bilder genutzt werden. Das Problem der Verknüpfung dieser beiden Datenquellen liegt in der Bestimmung eindeutiger identischer Punkte. Zur Lösung dieser Problematik werden zwei Methoden näher dargestellt. Am Beispiel eines dreidimensionalen Objektes wurde eine texturierte VRML-Darstellung erzeugt.

Abstract

As a supplement for data from laser scanning additional digital images can be used. The problem of combination of the two data sources is the determination of clear identical points. Solving this problem two methods are presented. Exemplary a 3-D object was generated as a VRML depiction with texture.