

Optische 3D-Messtechnik: Neue Anwendungen durch digitale Technik

Christian Heipke, Institut für Photogrammetrie und GeoInformation, Leibniz Universität Hannover

Bilder spielen in unserer Gesellschaft eine immer wichtigere Rolle, man denke nur an die immer häufiger zu sehenden Videokameras, an Computerspiele, das digitale Fernsehen oder den täglichen Wetterbericht in den Nachrichten. *Ein Bild sagt mehr als 1000 Worte*, dieses bekannte Sprichwort aus der Werbebranche¹ beschreibt auch viel von der Faszination, die von Photogrammetrie und Fernerkundung ausgeht. In der Vergangenheit wurden Luft- und Satellitenbilder vor allem zur Erstellung topographischer Karten herangezogen; heute dienen sie z. B. zur Erfassung und Aktualisierung von Geoinformationen, die für unterschiedlichste Anwendungen benötigt werden. Genannt seien hier nur die Stichworte Erdbeobachtung, 3D-Stadtmodelle, Fahrzeugnavigation, Küstenschutz und die Funknetzplanung im Mobilfunk. Wesentliche Charakteristika von Photogrammetrie und Fernerkundung sind die berührungslose Aufnahme, die kurze Aufnahmedauer und damit die Möglichkeit zur Erfassung dynamischer Prozesse, die umfassende flächenhafte und bildliche Dokumentation der aufgenommenen Szene, die Auswertung in drei Dimensionen sowie die Möglichkeit, fast beliebig große Objekte zu bearbeiten. So werden photogrammetrische und fernerkundliche Methoden für verschiedenste Zwecke von der Rasterelektronenmikroskopie bis hin zur Beobachtung ganzer Planeten eingesetzt.

Neben der Aufnahme und Auswertung von Bildern aus Luft- und Weltraum hat sich die Photogrammetrie schon immer auch mit terrestrischen Bildern beschäftigt, also mit Bildern, die von der Erdoberfläche aus aufgenommen wurden. Dieses Gebiet wird bisweilen als Nahbereichsphotogrammetrie bezeichnet; aufgrund größerer Überschneidung mit dem künstlichen oder Computersehen finden sich aber auch die Bezeichnungen computer vision, machine vision und robot vision. Anwendungen liegen z. B. in der Industrievermessung, der Medizin, der Archäologie, der Robotik und autonomen Navigation, der Architektur, der Überwachung größerer Anlagen oder der Unfalldokumentation. Auch Bilder, die Touristen im Urlaub aufnehmen und dann ins Internet stellen, sind oft als Basis für photogrammetrische Arbeiten geeignet. Angemerkt sei, dass die Computergraphik als Umkehrung der photogrammetrischen Verarbeitungskette auf denselben mathematischen und physikalischen Gegebenheiten aufsetzt: statt Bilder zu analysieren werden sie z. B. für Computerspiele generiert.

Im Grundsatz geht es in der Nahbereichsphotogrammetrie – wie bei Luft- und Satellitenbildern – um zwei Fragestellungen: um den *Typ der abgebildeten Objekte* (welche Objekte sind auf dem Bild zu sehen, in welche Klasse gehören sie?) sowie um deren *Geometrie* (wo sind die Objekte, wie groß sind sie, welche Form haben sie, auf welchen Trajektorien bewegen sie sich?). Während sich Photogrammetrie und Fernerkundung damit beschäftigen, beide Aufgaben auf der Grundlage digitaler Bildverarbeitung möglichst automatisch zu bewältigen, liegt der Schwerpunkt der optischen 3D-Messtechnik auf der geometrischen Beschreibung der Objekte.

¹ Siehe http://de.wikipedia.org/wiki/Ein_Bild_sagt_mehr_als_tausend_Worte

Ziel ist die Bestimmung dreidimensionaler Punkte (in der Industrie liegen die Anforderungen an die Messgenauigkeit z. B. bei bis zu ca. 10 μm in allen drei Koordinatenachsen bezogen auf ein Messvolumen von 1m^3), die Ableitung flächenhafter Tiefeninformation (etwa zur Qualitätskontrolle in der Fertigungsindustrie) sowie die Verfolgung von Punkten in dynamischen Szenen (z. B. bei der Bewegungsanalyse in Sport und Medizin, der Vermessung von Verformungen bei Crashtests im Fahrzeugbau oder der Bestimmung von Bewegungstrajektorien von optisch markierten Teilen in Physik und Chemie).

Neben photogrammetrischen Einzelbild- und Hochgeschwindigkeitskameras auf der Basis von CCD- und CMOS-Technologie werden als Sensoren immer häufiger auch Lasersensoren und 3D-Kameras, die mit der so genannten PMD-Technik arbeiten (Photonic Mixer Device) verwendet. Mit PMD-Technik können flächenhaft und direkt Tiefen in Videofrequenz erfasst werden. Damit ist es im Gegensatz zum Laserscanning möglich, die Entfernung zu Objekten auch für dynamische Szenen zu erfassen; im Gegensatz zu Videoaufnahmen liegen die Ergebnisse ohne größere zusätzliche Weiterverarbeitung sofort vor.

Im Vortrag wird die moderne, heute in der 3D-Messtechnik verwendete Sensorik kurz vorgestellt sowie die Weiterverarbeitung der aufgenommenen Bilder beschrieben. Stichworte sind die Sensor- und die Systemkalibrierung, die Bestimmung der Posen (äußere Orientierung) für alle Sensoren, Bildzuordnungsverfahren, Merkmalsverfolgung und Bündelausgleichung zur stereoskopischen Analyse der Bilder, Streifenprojektion und sogenannte shape from X Verfahren zur Ableitung der Oberflächen. Insbesondere in der Forschung spielt dabei der erreichbare Grad an Automation – auch als Voraussetzung für Echtzeitanwendungen – eine große Rolle. Der heutige Stand in Wissenschaft und Praxis wird anhand verschiedener Beispiele anschaulich dargestellt.