



ZUKUNFT
H O L Z

Statusbericht zum aktuellen Stand der Verwendung von Holz und Holzprodukten im Bauwesen und Evaluierung künftiger Entwicklungspotentiale

Auszug bestehend aus:

Kapitel 14 – Gebäudekonzepte, Bauen im Bestand

14 Gebäudekonzepte, Bauen im Bestand Inhaltsverzeichnis

14.1	Besondere Gebäudekonzepte	
	Mehrgeschossiger Holzbau – heute und in naher Zukunft	S. 1185
	Nachhaltige, energetische Gebäudekonzepte	S. 1193
	Bauen mit Raummodulen	S. 1199
	Anforderungen an den Wohnungsbau der Zukunft	S. 1209
	Holz in temporärem Einsatz	S. 1215
	Hochhäuser aus Holz	S. 1221
14.2	Bauen im Bestand	
	Bauen in der Stadt	S. 1227
	Dachaufstockungen	S. 1231
	Sanierung auf Passivhausstandard	S. 1239
	Gebäudeupdate	S. 1247
	Erhaltung und Ertüchtigung von Holztragwerken	S. 1253
	Bestand geometrisch erfassen	S. 1259
	Baubegleitendes 3D-Laserscannen	S. 1267
14.3	Besondere Einsatzgebiete	
	Sperrholz – Ein Werkstoff im Gerüstbau	S. 1273
14.4	Gebäudetechnik	
	Zukünftige Gebäude	S. 1277
	Photovoltaik und Holz – Eine Verbindung mit Zukunft	S. 1285
	Zeitgemäße Gebäudeautomation – Aktueller Stand und Potenziale	S. 1293
	Wärmepumpen	S. 1299

14.2 Bauen im Bestand

Bestand geometrisch erfassen

Klaudius Henke

1 Allgemeines

Das Bauen im Bestand ist einer der wichtigsten Märkte der Bauwirtschaft. Ein Markt, der bis heute von der Verwendung kleinformatischer Bauelemente und handwerklicher Bearbeitung vor Ort geprägt ist. Fertigtbau kommt nur in Ausnahmefällen zur Anwendung. Für das Bauen mit vorgefertigten Elementen aus Holz und Holzwerkstoffen stellt der Baubestand somit ein gewaltiges Potenzial dar.

Der Einsatz von Vorfertigung im Bestand setzt die Verfügbarkeit verlässlicher Bestandsdaten voraus. Dies gilt insbesondere für die Geometriedaten. Bestandspläne aus der Genehmigungs- oder Ausführungsphase sind in der Regel weder aktuell noch genau genug und oft überhaupt nicht vorhanden. Deshalb wird bei den meisten Baumaßnahmen im Bestand eine neu zu erstellende Erfassung der Gebäudegeometrie unerlässlich sein.

2 Die etablierten Messverfahren

Im Bauwesen gibt es vier Messverfahren, die als etabliert bezeichnet werden können: das Handaufmaß, die Tachymetrie, die Photogrammetrie und das 3D Laserscanning. Die vier Messverfahren werden im Folgenden, in der Reihenfolge ihres geschichtlichen Auftretens, kurz einzeln beschrieben und anschließend verglichen.

2.1 Handaufmaß

Das traditionelle Handaufmaß ist nach wie vor als eigenständige oder ergänzende Methode der Bauaufnahme von großer Bedeutung. Neben den teils seit Jahrhunderten verwendeten Messwerkzeugen wie Meterstab und Bandmaß, Lot und Wasserwaage, Niveliergerät und Theodolit kommen heute auch Laserentfernungsmesser zum Einsatz. Bei letzteren können die Messwerte z.B. kabellos mittels Bluetooth an einen PC übertra-

gen und dort in Programme wie z.B. Excel oder AutoCad eingelesen werden.

Die Anschaffungskosten der Messgeräte für ein Handaufmaß sind gering und das Verfahren ist leicht zu erlernen. Es bietet eine nicht zu überbietende Transparenz und damit Sicherheit vor Messfehlern. Einfache Objekte mit ebenen Flächen und rechten Winkeln sind gut von Hand zu vermessen. Aber auch komplexe Geometrien können mittels Handaufmaß erfasst werden, z.B. verformte Altbauten in der Baudenkmalpflege, hier sogar oft durch maßstäblichen zeichnerischen Auftrag direkt vor Ort. Der große zeitliche Aufwand wird dabei durch den Zugewinn an Information gerechtfertigt, der sich aus der unmittelbaren Arbeit am Objekt ergibt.

Umfassende Darstellungen der Techniken des Handaufmaßes geben [1] und [10].

2.2 Photogrammetrie

Bereits Mitte des 19. Jahrhunderts und damit nur wenige Jahre nach Erfindung der Fotografie (Aber knapp ein Jahrhundert vor Erfindung des Computers!) wurden die ersten Methoden entwickelt, um aus fotografischen Bildern Lage und Form von Objekten messen zu können. Damit ist die Photogrammetrie die älteste der im Folgenden besprochenen optischen 3D Messtechniken.

Heute werden für photogrammetrische Aufgaben in der Regel digitale Kameras in Kombination mit spezieller Bildauswertesoftware eingesetzt.

Als Aufnahmegesetz kommen je nach Anwendungsgebiet und Verfügbarkeit unterschiedliche Geräte - vom Fotohandy über digitale Kompakt- und Spiegelreflexkameras bis hin zu speziellen Messkameras („Messkammer“) oder 360 °-Panoramakameras - zum Einsatz. Werden hohe Anforderungen an die Genauigkeit gestellt, so muss

die Kamera kalibriert werden: Das heißt, es werden Größen, wie die Lage des Projektionszentrums und die Abweichung vom mathematischen Modell der Perspektive bestimmt, wie sie (z.B. durch die Verzeichnungen des Objektivs) bei jeder Kamera mehr oder weniger gegeben sind. Die Kalibrierung gilt jeweils bei einer einzigen Kamera mit einem einzigen Objektiv nur für eine Brennweite und eine Fokussierung. Fokussierung und bei Zoomobjektiven auch die Brennweite werden deshalb bei kalibrierten Kameras fixiert.

Charakteristisch für die Photogrammetrie ist, dass nicht am Objekt selbst, sondern im Bild gemessen wird. Tiefenmaße sind folglich nur schwer zu nehmen. Die Erfassungszeit am Objekt ist extrem kurz. Das Verfahren ist sehr robust gegenüber klimatischen Einflüssen. Bewegungen des Aufnahmegerätes während der Erfassung sind (anders als bei Tachymetrie und terrestrischem Laserscanning) unproblematisch; das ermöglicht die Arbeit von Hub- und Fluggeräten aus. Die Anschaffungskosten für Gerät und Lizenzen sind gering, die Betriebskosten verschwindend klein. Voraussetzung für photogrammetrische Aufnahmen sind selbstverständlich ausreichend gute Lichtverhältnisse. Die sozusagen als Nebenprodukt mitgelieferten Bild- und Farbinformationen sind oft von großem Wert für Auswertung und Interpretation.

Ausführliche Gesamtdarstellungen zum Thema Photogrammetrie haben Kraus [7] und Luhmann [8] zusammengestellt.

In Hinblick auf die Anwendungen im Bauwesen kann die Photogrammetrie in zwei Gruppen eingeteilt werden: Einbild-Photogrammetrie und Mehrbild-Photogrammetrie. Während bei der Einbild-Photogrammetrie ausschließlich in einer Ebene des Objekts (etwa in einer Fassade) gemessen werden kann, können bei der Mehrbild-Photogrammetrie die Lage von Objektpunkten im Raum ermittelt werden. Auch die photogrammet-

rische Software lässt sich in solche für Einbild- und solche für Mehrbild-Photogrammetrie unterteilen.

2.2.1 Einbild- Photogrammetrie

Im perspektivischen Bild, wie es durch Fotografie entsteht, können wegen der für diese Projektionsart typischen Fluchtung, Strecken in der Regel nicht unmittelbar gemessen werden. Eine Ausnahme stellen solche Perspektiven dar, bei denen eine Ebene des Objektes parallel zur Bildebene verläuft: Strecken in dieser Ebene des Objektes werden maßstäblich abgebildet. Der Maßstab kann ermittelt werden, wenn ein Streckenmaß bekannt ist.

In der Praxis wird es, schon allein wegen räumlicher Zwänge, selten möglich sein, die Bildebene des Fotoapparates exakt auf das Objekt auszurichten. Es werden immer mehr oder weniger perspektivisch fluchtende Abbildungen entstehen. Dennoch können, unter Ausnutzung der geometrischen Gesetzmäßigkeiten der Perspektive, Objektmaße aus Messungen im Bild errechnet werden: Einzelauswertung in der Einbild-Photogrammetrie. Um Fluchtung und Maßstab errechnen zu können, müssen eine geringe Anzahl von Maßen z.B. per Handaufmaß oder Tachymetrie am Objekt selbst genommen werden. Dies können etwa ein vertikales und ein horizontales Maß oder die Koordinaten dreier Punkte in der zu vermessenden Objektebene sein. Eine Alternative besteht darin, Maßstäbe mit zu fotografieren. Alle übrigen Strecken können in der Folge aus dem Bild errechnet werden.

Eine komfortable Variante der Einzelauswertung stellt die Einzelauswertung dar. Hier wird das Bild so umgewandelt (= entzerrt), dass eine Ebene des Objektes (typisches Beispiel: eine Fassadenebene) unverzerrt erscheint. Strecken können anschließend unmittelbar im entzerrten Bild gemessen werden.

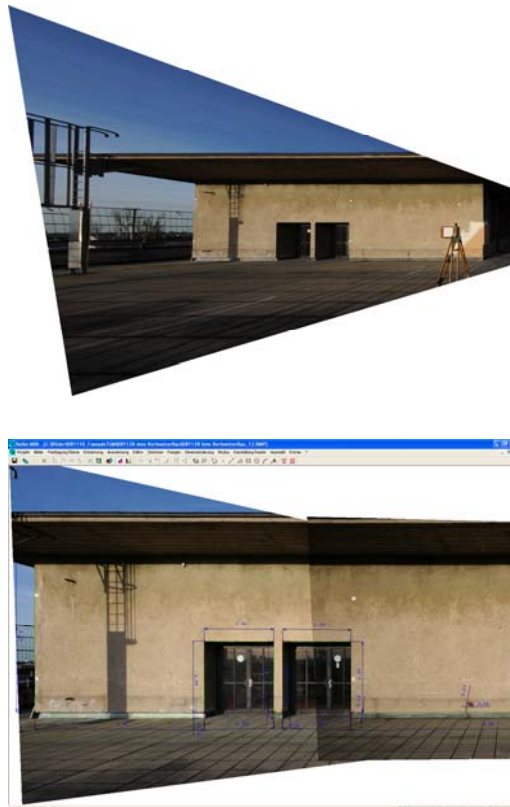


Abb. 1: Einbild- Photogrammetrie: entzerrtes Einzelbild, oben und Messungen in entzerrten und gestitchten Bildern, unten [12]

Bei großen Objekten oder beengten Verhältnissen müssen gegebenenfalls mehrere Bilder zu einem großen Bild zusammengesetzt werden („Stitching“). Nichtsdestoweniger handelt es sich dabei um Einbild- Photogrammetrie, da nach wie vor in einer Ebene gemessen wird.

Software für die Einbild- Photogrammetrie wird für Preise zwischen ca. 100,- € und 2.000,- € angeboten und ist leicht zu erlernen. Oft sind die Programme auf spezielle Anwendungen zugeschnitten (Angebotserstellung für Malereibetriebe, Energiepass) und in entsprechende Softwarepakete eingebunden. Günstige Lösungen beschränken sich auf wenige Grundfunktionalitä-

ten. Programme am anderen Ende der Kosten-spanne zeichnen sich durch Funktionalitäten wie Import von Kalibrierungsdaten, Stitchingfähigkeit oder Exportschnittstellen (Excel, CAD) aus.

2.2.2 Mehrbild- Photogrammetrie

Durch gleichzeitige Auswertung mehrerer Bilder kann die räumliche Geometrie von Objekten aus fotografischen Bildern hergeleitet werden. Voraussetzung ist auch hier, dass einzelne geeignete Maße z.B. per Hand am Objekt selbst genommen wurden. Die Auswertung geschieht heute in der Regel mit spezieller Software am Computer. Das Ergebnis sind zunächst die Raumkoordinaten von Einzelpunkten. Mit Hilfe der Software lassen sich aus Eckpunkten Kanten und aus Kanten wiederum Flächen des Objektes modellieren. Die Flächen des Modells können mit den Bildinformationen aus den Fotos texturiert werden. Schließlich kann das Modell als Datei in einem geeigneten Format exportiert und in ein CAD-Programm eingelesen werden. Einige Softwarelösungen für die Mehrbild-Photogrammetrie sind von vornherein als Applikation zur Ausführung in der Umgebung eines CAD Systems wie AutoCAD oder MicroStation programmiert.

Die Preisspanne bei den Softwarepaketen für die Mehrbildauswertung reicht von ca. 1.000,- € bis ca. 10.000,- €. Außerdem entstehen Kosten für die Einarbeitung von ca. eins bis drei Tagen bzw. Schulung. Der Funktionsumfang ist bei den angebotenen Programmen weitgehend gleich. Ausnahmen stellen Spezialfunktionen dar, wie etwa die kombinierte Auswertung von Fotos und Punktwolken z.B. aus 3D Laserscanning. Außerdem gibt es bei einigen Systemen Beschränkungen bei der Anzahl von Bildern, die miteinander verrechnet werden können. Erhebliche Unterschiede sind bei Benutzeroberfläche und Bedienkomfort festzustellen.



Abb. 2: Mehrbild- Photogrammetrie: Kanten- und Flächenmodell, oben und texturiertes Flächenmodell, unten [2]

2.3 Tachymetrie

Die Tachymetrie wurde vor etwa 40 Jahren entwickelt. Das Tachymeter ist die Kombination aus einem geodätischen Winkelmessgerät (Theodolit) mit einem Laserentfernungsmesser. Der sichtbare Laserstrahl wird auf einen markanten Objektpunkt (wie z.B. Eckpunkte von Fassadenflächen oder Fensteröffnungen) gerichtet. Über die Laufzeit des Laserlichtes wird die Entfernung zwischen Tachymeter und Objektpunkt errechnet. Aus Distanz und Ausrichtung des Laserstrahls lässt sich die räumliche Lage des Objektpunktes in Bezug auf das Tachymeter ermitteln. Auf diese Weise wird das Objekt Punkt für Punkt abgetastet. Die Ausgabe der Punktkoordinaten erfolgt direkt in digitaler Form. Die auch als Totalstationen

bezeichneten modernen Tachymeter besitzen Rechereinheiten, um die erfassten Punkte zu speichern, Strecken und Flächenberechnungen durchzuführen oder Polarkoordinaten in kartesische Koordinaten umzuwandeln. In einem am Gerät angeschlossenen Notebook kann das Ergebnis mit Hilfe spezieller Software unmittelbar in ein Kantenmodell umgesetzt werden.

Die Tachymetrie ist ein erprobtes und robustes vermessungstechnisches Verfahren. Die Gerätekosten liegen bei 5.000,- € bis 25.000,- €. Eine Schulung am Gerät ist für die Bedienung erforderlich. Mit der Tachymetrie können einfache Bauwerksgeometrien wirtschaftlich erfasst werden. Da bereits bei der Erfassung die wesentlichen Punkte des Objektes gemessen werden, ist die Nachbearbeitungszeit im Büro sehr gering. Die Tachymetrie eignet sich auch zur Ergänzung von Photogrammetrie und 3D Laserscanning z.B. zum Einmessen von Passmarken für die Verknüpfung einzelner Aufnahmen.

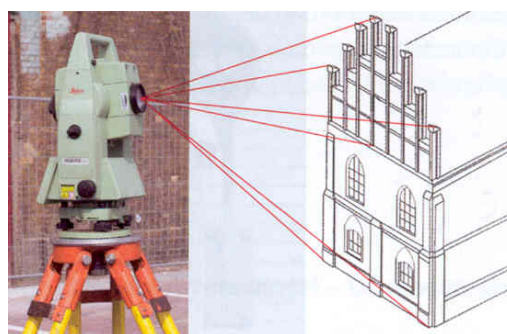


Abb. 3: Prinzip der Tachymetrie [3]

Einsatzmöglichkeiten der Tachymetrie bei der Bauwerksvermessung und kritische Messsituationen werden in [4] erörtert.

2.4 3D Laserscanning

Das 3D Laserscanning kommt seit etwa 10 Jahren bei der Erfassung von Bausubstanz zum Einsatz. Es basiert auf dem gleichen polaren Messprinzip wie die Tachymetrie. Anders als letztere arbeitet

es aber nicht mit einzelnen ausgewählten Objektpunkten; stattdessen wird die gesamte Oberfläche des Objektes mit einer großen Zahl von Messpunkten überzogen, indem der Laserstrahl automatisch schrittweise geschwenkt bzw. geneigt wird. Das Ergebnis sind die Raumkoordinaten dieser Messpunkte, meist ergänzt durch einen Wert für die Intensität des jeweils reflektierten Laserlichtes. Mittels spezieller Software können die Punkte als so genannte Punktwolke am Bildschirm dargestellt werden.

Bezüglich der Entfernungsmessung konkurrieren bei den modernen Geräten zwei Verfahren miteinander: Phasenvergleichsverfahren und Laufzeitverfahren. Ersteres ist schneller, hat aber eine auf unter 100 m begrenzte Reichweite, letzteres ist weniger schnell, kommt jedoch auf Reichweiten von bis zu 2000 m. Die Anschaffungskosten für einen 3D Laserscanner incl. der für den Betrieb notwendigen Software liegen zwischen 50.000,- € und 150.000,- €. Vermessungstechnische Vorkenntnisse bzw. Schulung sind dringend erforderlich. Hierdurch und für eventuell notwendige Auswertungssoftware entstehen zusätzliche Kosten.

Mit einem einzelnen Scan können selbstverständlich nur die Objektpunkte erfasst werden, welche vom jeweiligen Standpunkt des Scanners aus durch den Laserstrahl erreicht werden können. Selbst bei einfacher Geometrie des Objekts wird es daher immer zu einer gewissen Verschattung von Objektpunkten kommen. Es ist deshalb in der Praxis meist nötig, ein Objekt von mehreren Standorten aus aufzunehmen. Die so erzeugten Punktwolken werden über Passmarken, Passkugeln oder auch natürliche Flächen aufeinander ausgerichtet und zu einer Gesamtpunktwolke zusammengesetzt (Registrierung). Auf diese Weise können Punktwolken mit mehreren Millionen Punkten und mehreren GB Datenumfang entstehen.

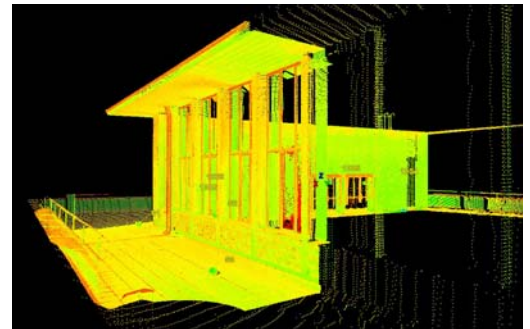


Abb. 4: 3D Laserscanner, oben [11] und Punktwolke einer Fassade mit farbiger Darstellung der Intensitäten, unten [12]

Die Erfassung eines baulichen Objektes mit 3D-Laserscanning nimmt je nach Schwierigkeitsgrad wenige Stunden bis einige Tage in Anspruch. Anschließend muss die Punktwolke entsprechend der beabsichtigten Verwendung ausgewertet werden (Modellierung). In den meisten Fällen wird dies die Überführung der Daten in Rissdarstellungen oder in CAD-gängige Kanten-, Flächen- oder Volumenmodelle sein. Für diese Aufgaben gibt es eine Reihe von Softwareprodukten, mit deren Hilfe es möglich ist, geometrische Primitive wie Ebenen und Zylinder weitgehend automatisch modellieren zu lassen. Freiformflächen werden mittels Dreiecksvermischung oder durch mathematische Funktionen dargestellt. Trotz dieser technischen Möglichkeiten wird für die Auswertung im Verhältnis zur Erfassung ein Vielfaches an Zeit benötigt.

Messprinzip und Bauarten von 3D Laserscannern sind ausführlich in [5] beschrieben.

2.5 Vergleich der Messverfahren

Wie oben dargestellt, weisen die Verfahren zur geometrischen Bestandserfassung stark unterschiedliche Charakteristika auf. Dies macht es erforderlich, vor Beginn eines Vermessungsprojektes genau zu untersuchen, welche Techniken für die jeweilige Aufgabe geeignet sind. Die prinzipiellen Stärken und Schwächen der beschriebenen Messverfahren sind in untenstehender Tabelle zusammengefasst.

Die Schwächen der einzelnen Messverfahren lassen sich weitgehend kompensieren, wenn mehrere Verfahren miteinander kombiniert werden. So ist die Photogrammetrie in der Regel immer auf von Hand oder tachymetrisch genommene Einmessungen angewiesen. Das Laserscanning gewinnt durch Zusatzinformationen aus Fotos. Ergänzungsmessungen von Hand an schwer zugänglichen Stellen des Objektes sind wirtschaftlicher, als das kategorische Einscannen eines jeden Details. Die Verknüpfung von Einzelaufnahmen sowohl beim Laserscanning als auch bei der Photogrammetrie kann mithilfe tachymetrisch eingemessener Passpunkte besonders genau und effektiv gestaltet werden.

3 Weiterentwicklungen und Alternativen

Neben den vier im Bauwesen etablierten Verfahren gibt es eine große Zahl von Messtechniken, die teilweise erst seit kurzem auf dem Markt sind. Einige Verfahren stammen aus vollkommen anderen technischen Bereichen. Zugkräftige Motoren für die Entwicklung der Messtechnik sind vor allem Produktentwicklung und Qualitätskontrolle in der industriellen Fertigung. Aber auch in Anlagenbau und Fabrikplanung, in Medizintechnik und Robotik, in Landvermessung und Archäologie, in der Forensik und bei der Unfallrekonstruktion kommen moderne 3D Messverfahren zum Einsatz. Es ist nicht auszuschließen, dass sie für Spezialanwendungen oder in einer weiterentwickelten Form auch im Bauwesen sinnvoll eingesetzt werden können. Im Folgenden einige Beispiele:

Mehrbild-Photogrammetrie mit kodierten Marken: Am Objekt werden vor der fotografischen Erfassung deutlich erkennbare Marken angebracht. Diese Marken sind mit einer graphischen Kodierung versehen, welche die Auswertesoftware eigenständig erkennt. Die Zuordnung identischer Punkte in verschiedenen Bildern kann da-

Tab. 1: Vergleich der Verfahren zur geometrischen Erfassung von Bestandsgebäuden

Verfahren (Zielgeometrie)	charakteristische Vorteile	charakteristische Nachteile	typische Anwendungsbeispiele
Handaufmaß (Strecken)	geringe Investitionskosten leichte Erlernbarkeit einfache Objekte leicht zu erfassen unmittelbare Arbeit am Objekt	großer Aufwand bei großen oder komplexen Objekten	kleine und einfache Objekte rechtwinklige Objekte verformungsgetreues Aufmaß in der Denkmalpflege Ergänzungs- und Kontrollmaße
Photogrammetrie (Punkte/Strecken)	geringe Investitionskosten kurze Erfassungszeit unempfindlich gegen Klimaeinflüsse Bewegungen des Aufnahmegerätes unproblematisch zusätzliche Bildinformationen	begrenzte Genauigkeit besonders bei Messungen in die Tiefe i.d.R. nicht eigenständig	ebene Objekte Objekte mit markanten Punkten Fassadenaufmaß Visualisierungen
Tachymetrie (Punkte)	einfache Objekte leicht zu erfassen hohe Genauigkeit geringer Nachbearbeitungsaufwand	nur diskrete Einzelpunkte erfassbar Vorkenntnisse bzw. Schulung erforderlich	Objekte mit markanten Punkten und geraden Kanten Aufmaß von Innenräumen und Fassaden Einmessen von Passpunkten
3D-Laserscanning (Flächen)	komplexe, unregelmäßige Geometrien können in kurzer Zeit erfasst werden	hohe Investitionskosten Vorkenntnisse bzw. Schulung erforderlich große Datenmenge hoher Nachbearbeitungsaufwand	komplexe, unregelmäßige Objekte jeder Größenordnung Bestandserfassung in der Anlagen- und Fabrikplanung Qualitätskontrolle bei der Fertigung

durch automatisiert werden. Mit einer ausreichend großen Zahl von Marken lassen sich auch Objekte mit gekrümmten Oberflächen erfassen.

Streifenprojektion: Bei diesem Verfahren werden wechselnde Lichtmuster auf das Objekt projiziert und mit mindestens einer hochauflösenden Digitalkamera mit hoher Bildrate aufgenommen. Aus diesen Bildern kann die Geometrie von Objekten in der Größenordnung von bis zu 2 x 2 m mit wenigen Zehntelmillimetern Genauigkeit erfasst werden. Die Streifenprojektion ist allerdings durch geringe Toleranzen gegenüber den Lichtverhältnissen in der Messumgebung gekennzeichnet.

Fotoscan: Diese Neuentwicklung verspricht die Realisierung von 3D Scans mit photogrammetrischen Methoden ohne die Zuhilfenahme kodierter Marken oder strukturierter Beleuchtung. Kern des Verfahrens ist ein Algorithmus, welcher in verschiedenen Fotos des gleichen Objektes in einem regelmäßigen Raster nach ähnlichen Elementen sucht. Können in zwei Bildern übereinstimmende Punkte identifiziert werden, so lassen sich die Koordinaten des Punktes errechnen. Das Ergebnis ist eine Punktwolke, wie sie auch Streifenprojektion und 3D Laserscanning hervorbringen. Voraussetzung für den Einsatz des Verfahrens ist eine deutlich sichtbare Textur der Oberfläche.

3D Kamera: Bei diesen Geräten handelt es sich um Kameras mit einem digitalen Flächensensor, die zusätzlich mit einer speziellen Beleuchtungseinheit ausgestattet sind. Beim Auslösen der Aufnahme wird vom Gerät Licht, meist unsichtbares Infrarotlicht, ausgesandt, welches von der Szene reflektiert wird. Über die Laufzeit des Lichts wird für jedes Pixel des Sensors die Entfernung zum abgebildeten Objektpunkt ermittelt. Ergebnis ist ein 3D Digitalfoto, welches z.B. als Falschfarbentwurf (Entfernungswerte farbcodiert) dargestellt

werden kann. Auflösung und Reichweite von 3D Kameras sind momentan noch gering.

Intelligente Totalstation, Foto- und Videotachymetrie: In den letzten Jahren wurden mehrere Weiterentwicklungen der Tachymetrie betrieben und zum Teil zur Marktreife gebracht. So genannte intelligente Totalstationen, sind in der Lage, das Objekt zusätzlich zu den diskret gemessenen Punkten mit einem Raster von Messpunkten zu überziehen. Auf diesem Weg können z.B. Unebenheiten in der Objektoberfläche erkannt werden. Bei der Foto- und Videotachymetrie werden tachymetrisch gemessene Punkte um visuelle Informationen ergänzt.

Farbige 3D Scans: Die Geometriedaten aus 3D Laserscanning können durch Farbinformationen aus Fotografien angereichert werden. Das Ergebnis ist eine in Objektfarben eingefärbte Punktwolke. Zu diesem Zweck wird meist eine Digitalkamera fest auf dem Scanner montiert. Aber auch separat aufgenommene Fotos können mit einer Punktwolke desselben Objektes verknüpft werden.

Triangulationsscanner: Neben den oben beschriebenen Phasenvergleichs- und Laufzeitscannern gibt es eine Gruppe von 3D Laserscannern, welche die Distanz mittels Triangulation ermitteln. Die Laserquelle und ein optischer Empfänger sind in einem fixen Abstand am Gerät befestigt. Der Laserstrahl wird in einem kontrollierten Winkel zu dieser Basis ausgesandt und vom Objekt reflektiert. Der Winkel des am Empfänger eintreffenden Lichts zur Basis wird gemessen. Mit diesen Werten können die freien Seiten des Dreiecks Sender / Objektpunkt / Empfänger berechnet werden. Die heute auf dem Markt erhältlichen Geräte dieser Bauart erreichen hohe Genauigkeiten bei stark begrenzter Reichweite (bis max. 2,5 m). Sie sind vergleichsweise leicht, klein und kostengünstig.

Handgeführte 3D Scanner: Ebenfalls nach dem Triangulationsprinzip arbeiten die so genannten Lichtschnittsensoren, wobei hier statt eines einzelnen Laserpunktes eine Laserlinie projiziert wird. Das Messobjekt ist somit das Profil, welches diese Projektion auf der Oberfläche des Objektes erzeugt. Wird der Sensor entlang der Objektoberfläche bewegt, wird eine Folge von Profilen erzeugt, welche in ihrer Summe die Geometrie der Oberfläche abbilden. Um die einzelnen Profile einander räumlich zuordnen zu können, ist es notwendig, Lage und Ausrichtung des Sensors zu jedem Zeitpunkt der Aufnahme exakt zu kennen. Für diese Aufgabe sind verschiedene Technologien im Einsatz, unter anderem auch solche, die es erlauben, den Sensor frei von Hand zu führen.

Wertvolle Informationsquellen zu den aktuellen Entwicklungen bei den Messverfahren sind die Beiträge zu den jährlich stattfindenden Tagungen wie z.B. das DVW Seminar „Terrestrisches Laser-scanning“ in Fulda (DVW 2008) und die Oldenburger 3D Tage (Luhmann / Müller 2008).

4 Entwicklungstendenzen und Forschungsaktivitäten

Am Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion der Technischen Universität München wird zurzeit im Rahmen zweier Forschungsvorhaben die Eignung von Photogrammetrie und 3D Laser-scanning als Aufmaßverfahren für das Bauen im Bestand mit vorgefertigten Elementen untersucht: Das europäische WoodWisdom-Net Projekt TES-EnergyFacade beschäftigt sich mit der Entwicklung eines Systems von vorgefertigten Holzrahmenbau-Elementen für die energetische Sanierung von Bestandsgebäuden. Für das Projekt VIP im Bestand, welches von der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung gefördert wird, werden verschiedene Messtechniken systematisch an ausgewählten Testobjekten eingesetzt und verglichen. Es zeigt sich, dass die verfügbaren

Messverfahren durchaus geeignet sind, Geometriedaten auf Werkplanungsniveau zu liefern. Defizite wurden vor allem bei der Handhabbarkeit, dem Zeitaufwand für Auswertung und den Kosten für Gerät und Software konstatiert.

In den Entwicklungsabteilungen der Messgerätehersteller und Softwareanbieter wird ebenso wie an den Hochschulen an einer Fülle von Verbesserungen auf dem Gebiet der Messverfahren gearbeitet. Neben der Entwicklung völlig neuer Verfahren und der Leistungssteigerung (Reichweite, Geschwindigkeit, Genauigkeit), Prüfung und Kalibrierung der bereits verfügbaren Geräte, zielen die Anstrengungen in besonderem Maße auf die Entwicklung von Algorithmen zur schnelleren und effektiveren Auswertung der Daten. Forschungs- und Entwicklungsbedarf besteht zusätzlich zum Beispiel auf folgenden Gebieten:

Die Zusammenstellung handlicher und kostengünstiger Aufmaßsysteme für einzelne, häufig wiederkehrende bauliche Aufgaben.

Die Adaption und Modifikation von Entwicklungen aus anderen Branchen (z.B. Streifenprojektion oder 3D Kameras) für Anwendungen im Bauwesen.

Die Verbesserung der digitalen Prozesskette vom Aufmaß über Planung und maschinelle Fertigung bis hin zu Montage und Wartung.

Die Erzeugung digitaler integrierter Gebäudemodelle für Bestandsbauten durch die Anreicherung von Geometriedaten mit Sachdaten, möglicherweise auch unter Nutzung von Technologien zur automatischen Erkennung von Objekteigenschaften.

Die Anpassung der Werkzeuge und Arbeitsweisen bei Planung und Produktion zur effektiveren

Nutzung der Messergebnisse aus scannenden Verfahren (nicht modellierte Punktwolken).

Die Weiterentwicklung von Verfahren zur Ortung verborgener Konstruktionselemente, etwa durch Kombination von Photogrammetrie und Thermografie.

Der Fortschritt auf dem Gebiet der Messtechnik wird die Handlungsspielräume für den Holzbau auch in Zukunft immer wieder erweitern. Auf das Bauen im Bestand trifft dies in besonderem Maße zu; aber auch bei der Neubauproduktion und in der Forstwirtschaft gewinnt eine effektive Geometrieerfassung ständig an Bedeutung. Von daher gilt es, bereits verfügbaren Techniken gründlich zu evaluieren und neue Entwicklungen nicht nur zu beobachten, sondern wo möglich aktiv mit zu gestalten.

Quellen

- [1] Cramer, J. (1984): Handbuch der Bauaufnahme: Aufmaß und Befund. Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt, 1984
- [2] Eos Systems Inc. (2009): PhotoModeler. http://www.photomodeler.com/applications/architecture_and_preservation/examples.htm (Abruf vom 17.2.2009)
- [3] FPK-Ingenieurgesellschaft mbH (2009): Dokumentation mit Archimedes 3D-Funktionsumfang. <http://www.archimedes3d.de/docs/start.php?enter=Haupteingang> (Abruf vom 22.1.2009)
- [4] Juretzko, M. (2005): Reflektorlose Video-Tachymetrie – ein integrales Verfahren zur Erfassung geometrischer und visueller Informationen. Dissertation, Ruhr-Universität Bochum, Deutsche Geodätische Kommission (DGK) Reihe C 588, München, 2005
- [5] Kern, F. (2003): Automatisierte Modellierung von Bauwerksgeometrien aus 3D-Laserscannerdaten. Dissertation, Technische Universität Braunschweig, Geodätische Schriftenreihe der Technischen Universität Braunschweig Heft Nr. 19, 2003
- [6] Deutscher Verein für Vermessungswesen e.V. - DVV (2008) : Terrestrisches Laserscanning (TLS 2008) – Beiträge zum 79. DVV-Seminar am 6. und 7. November 2008 in Fulda. Schriftenreihe des DVV, Band 54. Augsburg: Wißmer, 2008
- [7] Kraus, K. (2004): Photogrammetrie, Band 1, Geometrische Informationen aus Photographien und Laserscanneraufnahmen. Berlin: Walter de Gruyter, 2004
- [8] Luhmann, Th. (2003): Nahbereichsphotogrammetrie, Grundlagen, Methoden und Anwendungen. Heidelberg: Wichmann, 2003
- [9] Luhmann, Th.; Müller, Ch. (Hrsg.) (2008): Photogrammetrie, Laserscanning, Optische 3D-Messtechnik – Beiträge der Oldenburger 3D-Tage 2008. Heidelberg: Wichmann, 2008
- [10] Wangerin, G. (1992): Bauaufnahme: Grundlagen, Methoden, Darstellung. Wiesbaden: Vieweg, 1992
- [11] Zoller+Fröhlich (2008): Die neue Art zu scannen. http://www.zf-laser.com/d_imager5006.html (Abruf vom 25.11.2008)
- [12] TU München, Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion