

Integrierte Auswertung von Laserscanner- und Bilddaten für das Facility-Management

Fredie KERN, Sven THOMSEN, Dirk MITTELSTÄDT, Olaf GAY

1 Einleitung

Mittlerweile werden Nahbereichs-Laserscanner für unterschiedlichste Zwecke eingesetzt. Haupteinsatzgebiete sind die As-Built-Dokumentation, die historische Bauforschung und das Facility Management.

Für die Erfassung von Innenräumen sind Laserscanner besonders geeignet, die ihre umgebende Hemisphäre ähnlich einer Panorama-Kamera vollständig erfassen. Sind diese Laserscanner zusätzlich mit einer Digitalkamera ausgerüstet, so können simultan Bildinformationen über das Meßobjekt gesammelt werden. Unter günstigen Rahmenbedingungen können somit Innenräume vollständig hinsichtlich Geometrie und Thematik innerhalb weniger Minuten vermessen und dokumentiert werden. So kann z.B. eine Wandfläche in seinen Dimensionen und zusätzlich dessen Wandbelag, z.B. weiße Rauhfasertapete, bestimmt werden.

2 Produktanforderung beim Facility-Management

Für das Facility-Management sind Rauminformationen eine wichtige Basis zur Speicherung, Organisation und Analyse von vielfältigen thematischen Informationen. Die Sachdaten lassen sich entsprechend den Fachgruppen kaufmännisches Gebäudemanagement, technisches Gebäudemanagement und Flächenmanagement zu ordnen (BRAUN, OESTERLE & HALLER 1999). Kaufmännische Informationen sind z.B. Daten über Mietverträge, Arbeitsverträge und Rechnungen sowie Inventarverzeichnisse. Für die Gebäudeleittechnik innerhalb des technischen Gebäudemanagements sind alle relevanten Informationen über Installationen wichtig. Angefangen bei Gas-, Wasser-, und Elektroinstallationen sowie Heizungs- und Klimaanlage bis hin zu Telefonanlagen, Computernetzwerken oder Brandmelder kann ein schier endlos erscheinender Katalog an Sachdaten und Sachattributen für die Gebäudebewirtschaftung von Bedeutung sein. Den bis jetzt genannten Informationen ist gemeinsam, dass deren geometrische Größe und Gestalt nur in Ausnahmefällen von Wichtigkeit für das Facility-Management ist; eine Typenangabe z.B. für einen Stromzähler reicht zur Objektbeschreibung völlig aus. Ein Raumbezug für die kaufmännischen und gebäudetechnischen Informationen kann meist (indirekt) hergestellt werden, ist aber nicht immer vorrangig von Interesse. So ist z.B. der Arbeitsvertrag eines Mitarbeiters anhand des Büros, in dem er sich überwiegend während der Arbeit aufhält, herzustellen, aber sinnvoll ist diese Verknüpfung nicht. Für einige Objekte wie z.B. Anschlussdosen für Strom, Telefon oder Computernetzwerk etc. hingegen ist es bei einer Umzugsplanung oder Belegungsänderung durchaus von Interesse in welchem Büro und an welcher Wand diese Anschlüsse zu finden sind. Einen noch „stärkeren“ Raumbezug haben z.B. Notausgänge und Standorte von Feuerlöschern. Ebenso sind die Dimensionen und die Lage innerhalb eines Raumes oder Gebäudes von Ausstattungsobjekte wie Türen, Fenster, Einbauschränke etc. wichtige geometrische Informationen für Entscheidungsfindungen des Facility-Manager.

Ein Raumbezug ist unmittelbar erwünscht insb. für Informationen, die für ein Flächenmanagement notwendig sind. Hierbei sind sämtliche Räumlichkeiten in ihrer Größe, Form und Lage zu beschreiben bzw. zu vermessen sowie hinsichtlich ihrer Funktion zu klassifizieren. Ein beliebter Funktionskatalog stellt die DIN 277 „Flächen und Kosten“ dar, nachdem die Flächeninhalte der Raum-Grundflächen getrennt nach Haupt- und Nebennutzung aufsummiert werden. Zur Verwaltung und Steuerung von Reinigungsdienstleistungen innerhalb des Flächenmanagement wird die Art des Belages von Wand- und Bodenbelägen benötigt.

Aus den obigen Erläuterungen soll deutlich werden, dass für den überwiegenden Teil der Facility-Management-Aufgaben thematische Sachinformationen im Vordergrund stehen und demgegenüber mengenmäßig nur relativ wenige geometrische Informationen benötigt werden. Es ist festzuhalten, dass eine vollständige dreidimensionale Geometriebeschreibung häufig unzweckmäßig ist, da der hohe Aufwand keinem entsprechendem Nutzen gegenüber steht.

Eine Gebäude-Bestandserfassung beschränkt sich daher auf eine zweidimensionale Darstellung anhand von (CAD-) Grundrissen und Vertikalschnitten (HARTERMANN 1997, BRAUN, OESTERLE & HALLER 1999), die die Variation der Gebäude in der Höhe exemplarisch dokumentieren. Das vorrangige Qualitätskriterium der vom Vermessungsingenieur angefertigten Grundrisse und Schnitte ist nicht die geometrische Genauigkeit sondern der Detaillierungsgrad und die Vielfalt an thematischen Informationen.

Vor diesem Hintergrund ist vom Institut für Geodäsie und Photogrammetrie gemeinsam mit dem Vermessungsbüro Mittelstädt&Schröder eine Erfassungsmethode entwickelt worden, die den Anforderung an einer Bestanderfassung für das Facility-Management gerecht wird.

Die Anforderungen lassen sich wie in Tab. 1 aufgeführt zusammenfassen, wobei zu bedenken ist, dass dieser Versuch der Verallgemeinerung von vornherein scheitern muß, da es kein einheitliches Facility-Management gibt. Jedes Gebäude oder Bauwerk ist ein Unikat und erfordert Anpassungen, um die konkreten Aufgaben erfüllen zu können.

Tab. 1: Anforderungen an die Bestanderfassung für das Facility-Management.

Informationen	Produkt	Qualität
geometrische	Digitales	
Raumkubaturen	Gebäudemodell	vollständig, 1-5cm
Ausstattungen	CAD-Grundrisse	vollständig, 1-5cm
Installationen	und Schnitte	in Auswahl, 1m (an welcher Wand)
thematische	Raumbuch,	
Raumkubaturen	Datenbanksätze	vollständig, klassifiziert z.B. nach DIN 277
Ausstattungen		vollständig, klassifiziert, summarisch
Installationen		vollständig, klassifiziert, summarisch
Inventar		in Auswahl, klassifiziert, summarisch

3. Integration von Laserscanner- und Bilddaten

Die während eines einjährigen Forschungsvorhaben entwickelte Methode zur Gebäudebestanderfassung baut auf der derzeit modernsten Erfassungstechnologie auf: einem 3D-Laserscanner. Für die Untersuchungen wurde ein Callidus-System der Firma Callidus Precision GmbH benutzt. Dieser Panorama-Scanner (NIEMEIER & KERN 2001) besitzt eine integrierte Videokamera, mit der während des Scannens Standbilder aufgezeichnet werden können.

3.1 Laserscanning

Ein Nahbereichs-Laserscanner kann als Weiterentwicklung eines motorisierten, reflektorlosmessenden Tachymeters verstanden werden. Vom Standpunkt des Laserscanners aus werden in einem je nach System unterschiedlich großem Gesichtsfeld viele tausend Streckenmessungen mit einem Laser-Entfernungsmesser durchgeführt. Von Messung zu Messung wird der Laser dabei in eine andere Raumrichtung ausgerichtet. Dieses wird durch Umlenkprismen, -spiegel oder Servomotoren im Gerät erreicht. Bezüglich einer Drehung in der x/y-Ebene und einer Drehung in einer Ebene senkrecht zur x/y-Ebene wird der Objektraum schrittweise in einem regelmäßigen Raster abgetastet. Typische Schrittweiten betragen $\frac{1}{4}^\circ$ bis 1° .

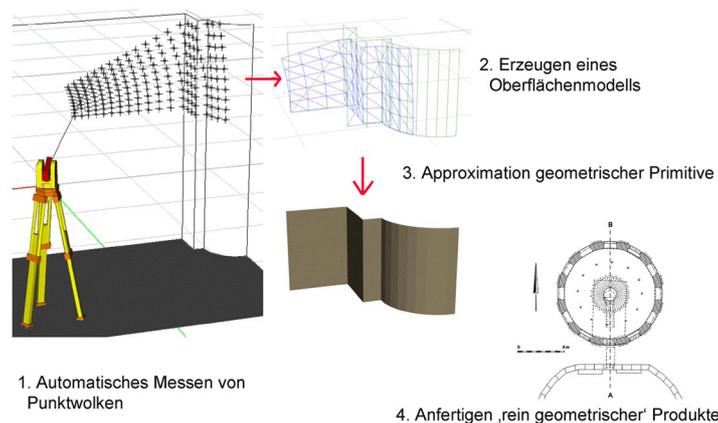


Abb. 1: Schema der Erfassung mit einem terrestrischen Laserscanner und Auswertung der Punktwolke zu einer CAD-Zeichnung

Der Messvorgang dauert im Gegensatz zur Messung mit einem Servotachymeter nur wenige Minuten. Das Ergebnis eines Scans ist eine „Wolke“ aus bis zu 1 Million 3D-Punktkoordinaten. Ein Scanner misst blind seine Umgebung auf, so dass nur zufällig tatsächlich eine Raumecke exakt erfasst wird. Die Punktwolke ist gänzlich unklassifiziert. Im Rahmen der Auswertung sind die diskreten bzw. idealisierten Geometrien der Objekte zu ermitteln. Hierbei werden mehrere Messpunkte herangezogen, um geometrische Primitive zu approximieren. Anschließend werden die approximierten Primitive wie z.B. Ebenen, Kugel- oder Zylinderflächen miteinander verschnitten. Anhand der

Primitive, der Schnittpunkte und -linien können Grundriß- und Schnittzeichnungen abgeleitet werden. Abb. 1 zeigt diesen Meß- und Auswerteablauf.

3.2 Photogrammetrie

Photogrammetrische Verfahren nutzen verkleinerte Abbildungen der Messobjekte zur Rekonstruktion der Objektgeometrie. Die Fotos entstehen durch das vom Objekt in die Kamera reflektierte (meist) sichtbare Licht einer oder mehrerer natürlicher oder künstlicher Lichtquellen. Damit ist in einem Foto nicht direkt die Objektgeometrie gespeichert, sondern die Farbunterschiede, die sich aufgrund von unterschiedlichen Eigenschaften des Objektmaterials und der Lichtexposition des Objektes ergeben. Bei der geometrischen Auswertung werden die Objektdetails anhand ihrer Farbunterschiede identifiziert und erfasst. Jedes Pixel eines Fotos ist das Summensignal eines mehr oder minder großen Objektbereiches. Die Pixelauflösung ist somit direkt mit der Auflösung im Objektbereich verbunden. Laserscanning und Photogrammetrie unterscheiden sich prinzipiell hinsichtlich der Objektabtastung nicht. Noch aber verfügen Laserscanner über eine deutlich geringere Abtastauflösung ($\sim 1/16^\circ$) als photographische Systeme. Zum Vergleich hat eine Kamera mit einem Bildwinkel von 40° und einer Pixelauflösung von 4000 Pixel eine Winkelauflösung von $1/100^\circ$.

3.3 Vergleich

Vergleicht man die Erfassungsmethode Laserscanning und Photogrammetrie miteinander so zeigt sich, dass sich die jeweiligen Schwächen der einen Methode zugleich die Stärke der anderen Methode ist (Tab. 2).

Tab. 2: Photogrammetrie und Laserscanning im Vergleich.

	Photogrammetrie	Laserscanning
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Photos sind einfach zu interpretieren; Photo ist anerkanntes Dokumentationsmedium ⊕ Erfassung in Echtzeit ⊕ Gemessen wird das vom Objekt reflektierte (Umgebungs-)licht; eine Lichtquelle ist erforderlich ⊕ Bewährtes Verfahren hoher Genauigkeit und Auflösung 	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ 3D-Geometrie im Maßstab 1:1 ⊕ Schnelle und automatische Erfassung ⊕ Meßergebnisse sind unabhängig vom Umgebungslicht, da durch den Laserstrahl das Objekt beleuchtet wird. Die ausgesandte Lichtmenge ist bekannt \Rightarrow Bestimmung des Reflexionsgrades möglich ⊕ Teil-/Automatische Auswertung denkbar
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> ⊖ Für Bestimmung der 3D-Geometrie sind mind. zwei Photos mit korrespondierenden Inhalten erforderlich ⊖ Zweiphasiger Prozeß: 1. Aufnahme der Photos; 2. Geometriebestimmung aus der Informationsverknüpfung mehrerer Photos 	<ul style="list-style-type: none"> ⊖ Keine Details über Farbe, Texture, Material etc. ⊖ Schwierige teilw. unmögliche Interpretation der Punktwolke

So erfordert die dreidimensionale photogrammetrische Auswertung, dass ein Objektpunkt mindestens in zwei Fotos abgebildet wird, wobei beide Fotos von zwei unterschiedlichen Standpunkten aufgenommen werden müssen und zugleich eine gute Schnittkonfiguration zum Objekt bilden. Das photogrammetrische Verfahren ist so abhängig von einem Operateur, der die kognitive Leistung des Auffindens homologer Punkte erbringen muß. Ein Laserscanner hingegen liefert ohne menschliche Eingriffe auf Knopfdruck dreidimensionale Informationen; zudem im Maßstab 1:1. Die Segmentierung bzw. Klassifizierung innerhalb der Punktwolke ist im Vergleich zur Photogrammetrie schwieriger, da einem Auswerter nur die Geometrieinformation zur Verfügung steht. In einer Punktwolke bedeutet eine gleiche Geometrie nicht zwangsläufig, dass es sich um ein und dasselbe Objekt handelt. Umgekehrt gehören Bildbereiche gleicher Farbe innerhalb eines Fotos nicht zwangsläufig zum gleichen Objekt.

Aus dem Vergleich der beiden Erfassungsverfahren ist festzustellen, dass sich beide hervorragend ergänzen und eine Kombination bzw. Integration eine vielfältigere und effizientere Erfassungsmethode erlaubt.

4. Umsetzung der Integration: ScanReader

Die Integration von Laserscanner- und Bilddaten benutzt die Punktwolke eines Scans als geometrische Informationsbasis und die Photos als Basis für thematische Informationen, die anhand der Farbigkeit oder Helligkeit bestimmbar sind.

Beim Callidus-Laserscanner kann eine Bildserie zeitgleich zum Scan durch die integrierte Videokamera (PAL-Auflösung) aufgenommen werden (Abb 2).

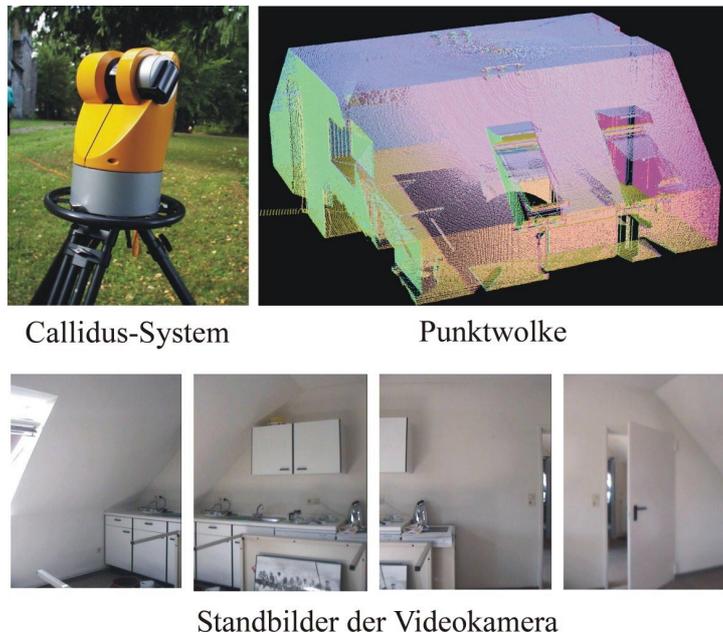


Abb. 2: Das Callidus-System und seine Messinformationen.

Diese Bilder waren ursprünglich nur als Auswertehilfe gedacht und lassen sich hierfür zu einem Bildmosaik zusammensetzen. Die entwickelte Erfassungsmethode nutzt diese Fotos, trotz ihrer geringer Qualität, indem sie geometrisch korrekt auf die Punktwolke eingepasst werden. Hierzu war es nötig die relative Orientierung der Videokamera bezüglich des Laserscanner-Koordinatensystems zu kalibrieren. Dies erfolgte durch ein spezielles auf Lochplatten beruhendes Kalibrierverfahren (KERN, 2001).

Die Referenzierung der Fotos nach den Gesetzen der Zentralperspektive kann genutzt werden, die sich ca. mit 30 % Überdeckung überlappenden Fotos zu einem Panorama zu verrechnen, wobei sich durch gewichtetes Mitteln doppelter Bildinformationen optisch glatte Bildübergänge ergeben. Die Panoramen lassen sich gemeinsam mit der Punktwolke mit dem hierfür entwickelten Programm ScanReader betrachten und weiterverarbeiten.

4.1 ScanReader

Durch die Verknüpfung der Bild- und Geometrieinformationen wird die Punktwolke für den menschlichen Betrachter lesbar bzw. interpretierbar. Dies wird für das gleichzeitige Abgreifen von Geometrie- und Sachinformationen mit dem ScanReader ausgenutzt. Mit dem ScanReader kann sich der Auswerter innerhalb des Panoramabildes beliebig „umschauen“. Durch einen Mausklick auf die auszuwertende Stelle im Panorama wird die 3D-Information aus dem „hinter“ dem Panorama liegenden Punktwolke interpolierend (Abb. 3) abgegriffen.

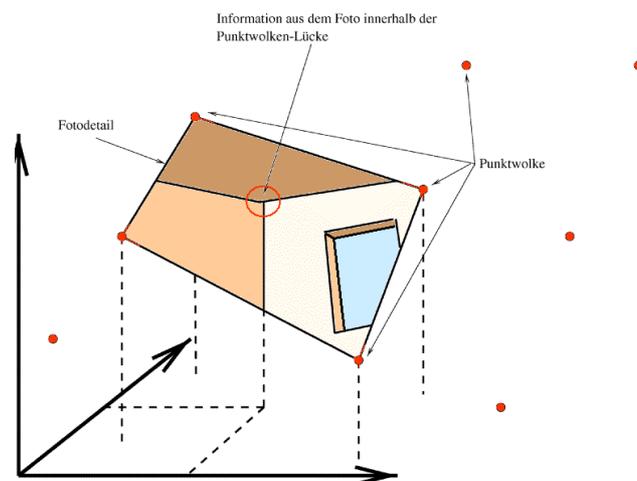


Abb. 3: Auflösungssteigerung durch Interpolation zwischen den Messpunkten anhand der Bildinformation.

Die Auflösung eines Panoramabildes im Objektraum ist größer als die Auflösung der Scannerpunktwolke. Durch die Referenzierung ist es möglich, wie in Abb. 3 dargestellt, geometrische Informationen durch Interpolation zwischen den Scannermesspunkten zu bestimmen und so die geometrische Auflösung des Laserscanners zu erhöhen.

Um ein flüssiges Arbeiten gewährleisten zu können, wird die Scanner-Punkt wolke einer Filterung unterzogen. Die Filterung entfernt diejenigen Punkte der Punkt wolke, die keinen entscheidenden Einfluss auf die Objektgestalt haben. Bilden ein Bezugspunkt und seine Nachbarpunkte zusammen innerhalb einer Toleranzschranke (z.B. 5mm) eine Ebene im Raum, so kann der Bezugspunkt entfernt werden, da seine Nachbarpunkte bereits die Information über die Ebenheit des Objektes enthalten. So werden durch die Filterung Ecken und Kanten innerhalb der Punkt wolke gewissermaßen herausgearbeitet. Mit dieser Filterung kann die Punktzahl i.d.R. um ca. 90% teilweise bis zu 99% reduziert werden (Abb. 4).

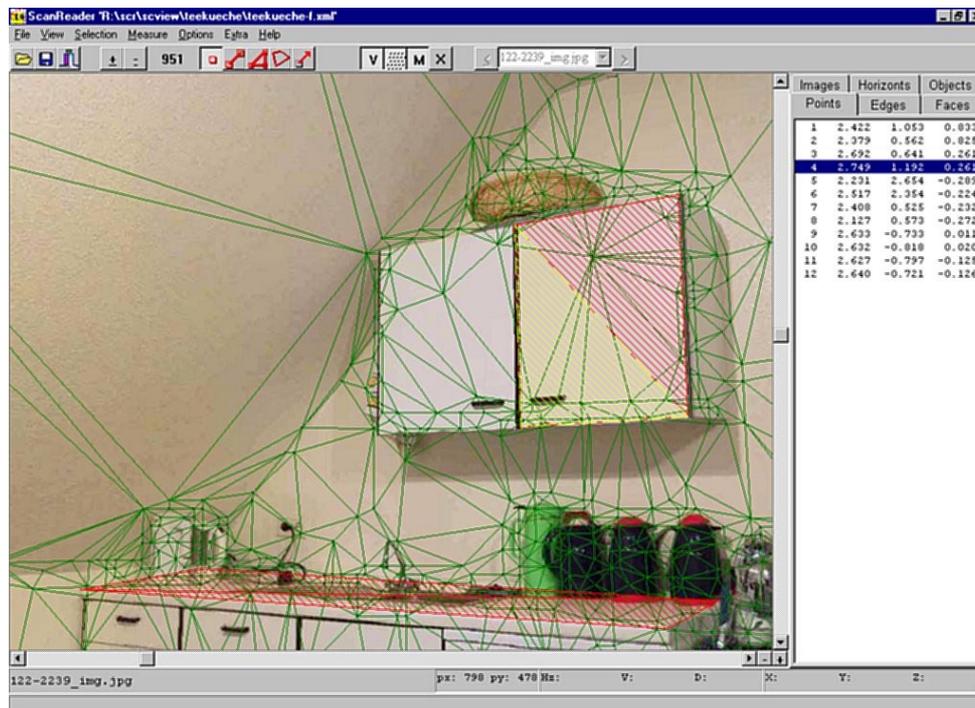


Abb. 4: ScanReader v0.080 Screenshot: abgegriffene Flächen sind schraffiert dargestellt; das optional anzeigbare Dreieckesnetz verbindet die nach der Filterung verbliebenen Scanner-Meßpunkte; der sichtbare Panoramabereich setzt sich aus drei Einzelfotos zusammen; rechts werden die 3D-Koordinaten der Flächeneckpunkte angezeigt.

Untersuchungen an Innenraumaufnahmen haben gezeigt, dass Einzelpunkte mit dieser Erfassungstechnologie trotz Filterung mit einer Genauigkeit von <5cm problemlos möglich sind. Schwierigkeiten bereiten naturgemäß Objektbereiche, die sehr steil zur Aufnahmerichtung des Laserscanners stehen. Für diese Bereiche ist die Objektauflösung nicht ausreichend. Abhilfe kann nur durch weitere Scans von einem anderem Standpunkt aus erreicht werden. Für Objektinformationen, die nur einen „schwachen“ Raumbezug haben, wie z.B. Anschlussdosen stellt sich dieses Problem nicht, da für sie die Genauigkeit eine untergeordnete Rolle spielt.

Nicht unerwähnt bleiben soll der Problembereich der Stationierung und Orientierung eines Laserscanners in einem gebäudebezogenen oder überörtlichen Bezugssystem. Trotz verschiedenster Ansätze und Konzepte (RUNNE, NIEMEIER & KERN 2001) für das Verknüpfen mehrerer Scans miteinander existieren keine praktikablen Lösungen, die nicht auf zusätzliche Hilfsmittel wie Passkugeln oder Reflektoren und zeitaufwendige Vorarbeiten und/oder Nachbearbeitungen angewiesen sind. Der ScanReader kann aus diesem Grund bislang nur Daten eines Scans verarbeiten. Dies bedeutet aber nur eine geringfügige Einschränkung in der Anwendbarkeit, da sämtliche Geometriedaten in Bezug auf ein übergeordnetes Koordinatensystem verarbeitet werden und so Informationen aus unterschiedlichen Scans korrekt referenziert sind.

4.2 Zusammenspiel mit CAFM

Für ein Computer-Aided Facility Management System (CAFM) werden geometrische Informationen insbesondere Grundrisse in einem gängigen CAD-Format benötigt. Die wesentlichen Grundrissinformationen lassen sich aus einer Scanner-Punkt wolke extrahieren und auf herkömmliche Weise zu einer Grundrisszeichnung umarbeiten. Sachinformationen können aus der phototexturierten Punkt wolke mit dem ScanReader erfasst werden. Als Datenschnittstelle wird dabei die XML-Technologie verwendet.

4.2.1 Datenaustausch mittels XML-Technologie

XML steht für eXtensible Markup Language und ist ein Werkzeug zum Definieren von (formalen) Sprachen und wird insbesondere für den Austausch von Dokumenten im Internet benutzt. XML ist ein Format zur Beschreibung von Formaten („Meta-Format“) und somit sehr universell einsetzbar. In einem XML-Dokument ist der Inhalt und die Struktur der Informationen von deren Auszeichnung (*markup*) bzw. Darstellung getrennt. Die jeweilige Darstellung, Visualisierung oder Präsentation wird nicht vom Verfasser des Dokumentes bestimmt, sondern von den Einstellungen des Browsers (Darstellungs-Programm). Die XML stellt eine kleines Regelwerk zur Verfügung, mit denen Dokumente erstellt werden können, die vom Verfasser leicht zu lesen und zu erlernen sind sowie von Computern leicht verarbeitet, ausgetauscht und angezeigt werden können. Zur XML-Technologie gehört auch eine Methode, um Klassen von Dokumenten zu erstellen. Die XML-DTD (**D**ocument **T**ype **D**efinition) dient zur Festlegen der dabei notwendigen kontextfreien Grammatik einer XML-Sprache (vergleichbar mit EXPRESS). Anhand einer XML-DTD kann ein XML-Dokument auf syntaktischer Ebene verifiziert werden; der interne Aufbau und die Abfolge der Elemente eines XML-Dokuments ist damit festgeschrieben. Eine Vielzahl von Werkzeugen zur Erstellung und Verarbeitung von XML-Dokumenten sind freiverfügbar und unterliegen einer Open Source ähnlichen Lizenz (APACHE XML PROJECT). Diese Kombination technischer Eigenschaften und praktischer Umstände macht XML zu einer wichtigen Technologie beim elektronischen Austausch von Daten und Dokumenten zwischen Computerprogrammen und menschlichen Nutzern. XML als Basis für einen Daten-Austausch-Schnittstelle zu wählen, führt so zu einem qualitativ hochwertigen Datenaustausch, der auch den Ansprüchen an System-, Plattformunabhängigkeit und Nachhaltigkeit genügt.

4.2.2 ScanReader und XML

Der ScanReader erhält seine Laserscanner-Informationen in Gestalt eines XML-Dokuments. Informationen aus dem jeweilig eingesetzten CAFM sind ebenso als XML-Dokument an den ScanReader zu übertragen. Die Anpassung des ScanReaders an ein CAFM wird dabei durch Bereitstellen einer geeigneten XML-DTD vorgenommen. Abb. 5 zeigt wir die Zusammenhänge zwischen Objektmodell, XML-DTD und XML-Dokument sind. Die XML-DTD definiert die zu erfassenden Objekte und die zulässigen Objektmerkmale. So ist anhand der DTD abzulesen, dass einem Raum mehrere („*“) Türen, Fenster etc. zugeordnet sind aber nur eine Raumgeometrie („?“). Für eine Tür sind die Merkmale („ATTLIST“) Material, Brandschutzklasse und Anschlag zu erfassen. Das konkrete XML-Dokument für diesen Raum ist rechts in Abb. 5 als Ausschnitt dargestellt.

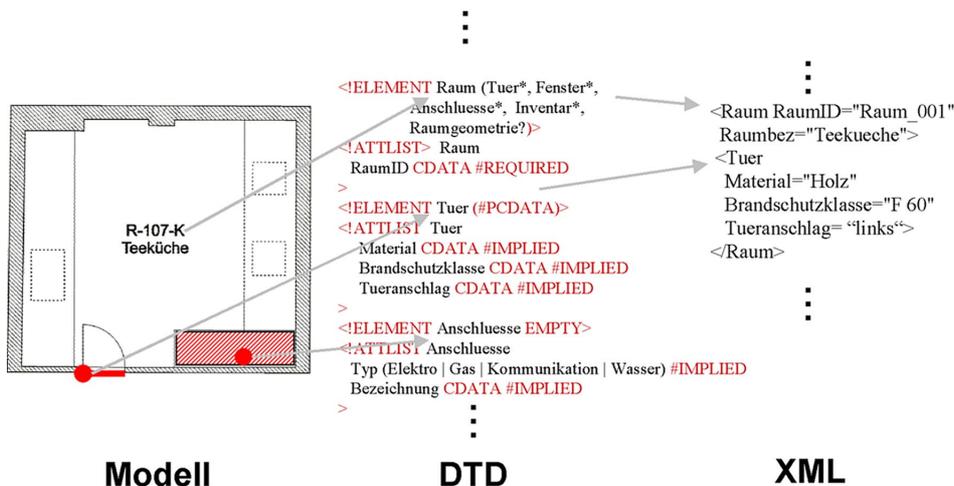


Abb. 5: XML als Werkzeug zur Datenstrukturierung und als Datenaustauschformat.

4.2.3 ScanReader und CAFM

Durch die Bestanderfassung mit einem Laserscanner in Kombination mit photographischen Aufnahmen ist folgendes Szenarium vorstellbar (Abb. 5). Aus der Punktwolke des Laserscanners werden Grundriß- bzw. Schnittzeichnungen abgeleitet, die denen aus einer herkömmlicher Erfassung gleichen. Für die Anfertigung dieser Standard-CAD-Zeichnungen ist der Einsatz eines Laserscanners nur selten wirtschaftlich. Wird aber die Punktwolke, die gegenüber konventionellen Methoden ein äußerst detailreiches und streng dreidimensionales Objektmodell darstellt, mit Photographien überlagert, so können viele Sachinformationen zusätzlich zur geometrischen Modellierung auf einfache Weise gewonnen werden. Die Auswertung von Geometrie- und Sachinformationen können getrennt vom Aufnahme-prozeß häuslich durchgeführt werden. So sind auch zeitversetzte Ergänzungen und Nacherfassungen möglich. Dies kann von Bedeutung sein, wenn bei der Einführung eines CAFM der Datenbestand sukzessive aufgebaut werden soll. Der ScanReader stellt das Bindeglied zwischen dem CAFM und Datenerfassung dar. Sämtliche Informationen werden über XML-Dokumente ausgetauscht.

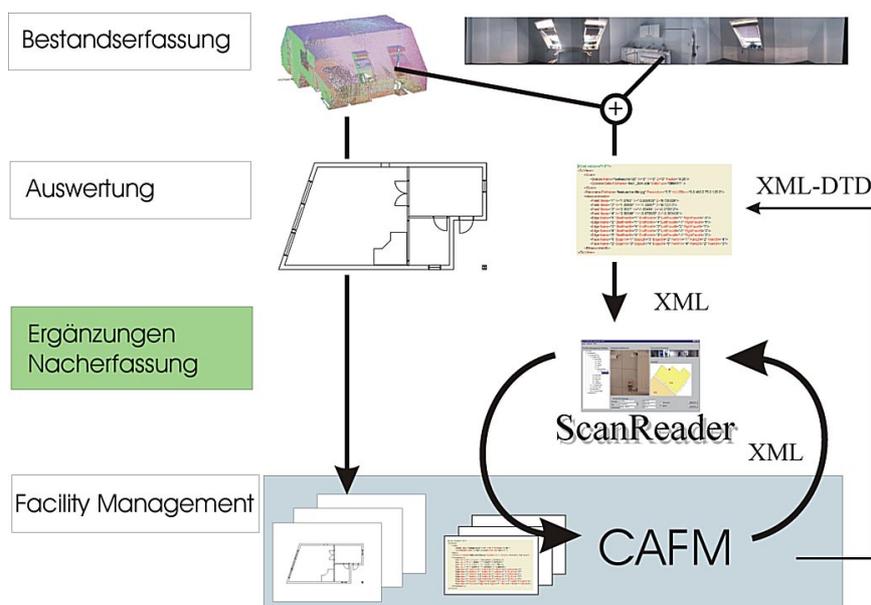


Abb. 5: Integration des ScanReader und Zusammenspiel mit einem CAFM.

5. Zusammenfassung

Die vorgestellte lasergestützte Erfassungsmethode ist an die Anforderungen angepasst, die an FM-Informationen gestellt werden, und an die Notwendigkeit einer effizienten und effektiven Bestandserfassung, die seitens eines Vermessungsdienstleisters gestellt werden müssen. Die Erfassungsmethode baut auf die Laserscanner-Technologie, die eine schnelle personalextensive Erfassung von Innenräumen ermöglicht. In den Hintergrund treten dabei Fragen nach der geometrischen Genauigkeit. Im Vordergrund stehen vielmehr Konzepte zur schnellen Auswertung der unstrukturierten, „dummen“ Punktwolken. Ein Ausweg aus dem Dilemma, der sehr schnellen Gewinnung riesiger Datenmengen und der aufwendigen dreidimensionalen Modellierung innerhalb der Punktwolken, liefert die Verknüpfung der Geometriedaten mit simultan aufgenommenen Fotos. Durch Überlagerung bzw. die geometrisch exakte Verknüpfung der beiden Informationsdomänen Geometrie + Farbigkeit konnte die Auswertesoftware ScanReader realisiert werden. Der ScanReader erlaubt die zusätzliche Erfassung thematischer Sachinformationen, welche einen besonderen Stellenwert im Facility-Management haben, auf einfache intuitive Weise.

Bei der Methoden- und Softwareentwicklung wurde besonders auf System- und Plattformunabhängigkeit Wert gelegt. Dies spiegelt sich in der konsequenten Verwendung der XML-Technologie und der Java-Programmierung nieder. Die Verwendung eines anderen Laserscannersystems (KERN 2002) ist somit gegeben und auf zukünftige Gerätegeneration vorbereitet. Eine Integration in eine existierende CAFM-Landschaft dürfte mit geringen Anpassungen möglich sein.

6 Literatur

- Apache XML Project: *The Apache XML Project*. <http://www.apache.org>
- Braun, H.-P., Oesterle, E., Haller, P. (1999): *Facility Management*. 2. Aufl., Springer, Berlin, Heidelberg, New York
- Hartermann, W. (1997): Facility Management (FM) und Gebäudeinformationssysteme - ein interdisziplinäres Dualsystem als Planungs- und Entscheidungshilfe. *Zeitschrift für Vermessungswesen*, Heft 11, S. 520-528
- Kern, F. (2001): *Supplementing Laser Scanner Geometric Data with Photogrammetric Images for Modeling*. XVIII. International CIPA Symposium. Surveying and Documentation of Historic Buildings - Monuments - Sites Traditional and Modern Methods., Potsdam, 18.-21. September 2001, *im Druck*
- Kern, F. (2002): *Marktübersicht Version 2.2*. Stand 20.2.2002, www-public.tu-bs.de:8080/~fkern/
- Niemeier, W., Kern, F. (2001): *Anwendungspotentiale von scannenden Meßverfahren*. In: Weferling, U., Heine, K., Wulf, U. (Hrsg.): *Von Handaufmaß bis High Tech*; Verlag Philipp von Zabern, Mainz, S. 134-140 u. Anhang VII
- Runne, H., Niemeier, W., Kern, F. (2001): *Application of Laser Scanners to Determine the Geometry of Buildings*. in: Grün, A., Kahmen, H. (Hrsg.): *Optical 3-D Measurement Techniques V*. Konferenz in Wien vom 1. bis 4. Oktober 2001. S. 41-48

veröffentlicht in:

Luhmann, Th. (Hrsg.): *Photogrammetrie und Laserscanning. Anwendung für As-Built-Dokumentation und Facility Management*. Wichmann, Heidelberg, 2002, S. 107-117