

Einsatz des Open Source CAD Paketes „Open CASCADE“ für die stereoskopische Objekterfassung aus digitalen Messbildern

Frank Boochs, Stephan Eckhardt, Ben Fischer¹

Zusammenfassung: Der Beitrag stellt ein Konzept zur Integration eines Open Source CAD-Paketes in eine PC-gestützte Stereomesstation vor. Ziel dieser Kombination ist die weitestgehende Nutzung von vorhandenen CAD-Werkzeugen und deren Nutzbarmachung für photogrammetrische Messzwecke. Dabei sollen die Vorteile der objektorientierten Beschreibung und Verwaltung von Geometrien erhalten bleiben. Für die Integration sind Schnittstellen zwischen der punktbezogenen photogrammetrischen Messung und der objektbezogenen Datenstruktur der CAD-Welt zu schaffen und es muss ein Weg für die Überlagerung der Stereobilder mit den CAD-Objekten gefunden werden. Der eingeschlagene Weg wird vorgestellt und die unter Nutzung von Open Source Komponenten notwendigen Entwicklungen werden aufgezeigt.

1. Einleitung

Der Einsatz digitaler Messbilder ist heute aus dem photogrammetrischen Alltag nicht mehr wegzudenken. Neben den vielschichtigen Algorithmen, die zur automatisierten Extraktion von Inhalten eingesetzt werden können, bedarf es aber nach wie vor auch geeigneter Werkzeuge für die interaktive Messung. Im Segment der anspruchsvollen Spezialausrüstungen stehen hierzu leistungsfähige Stereoarbeitsstationen zur Verfügung, die mindestens den Funktionsumfang analytischer Plotter bereitstellen und professionelles Arbeiten in bezug auf die objektorientierte Erfassung von Geometrie- und Sachinformationen erlauben. Einer weiten Verbreitung dieser Systeme stehen allerdings die hohen Investitionskosten entgegen.

Als Alternative stehen einfachere Lösungen zur Verfügung, die einen geringeren Leistungsumfang aufweisen, aber auch zu deutlich günstigeren Konditionen angeboten werden. Vielfach bestehen diese Systeme aus einer Kombination eines photogrammetrischen Messviewers mit einem gängigen CAD-Paket, wie z.B. Microstation oder AutoCAD (BENNING, 1997, HILGERS, 1998, STREILEIN, 1996). Damit ist seitens der Modellierung und Weiterverarbeitung der Objekte der Funktionsumfang des CAD-Paketes gegeben, womit sich aufwändige Entwicklungen in diesem Bereich ersparen lassen.

Nachteil dieser Konzepte ergeben sich neben der Notwendigkeit, die jeweilige CAD Software erwerben zu müssen vor allem durch Beschränkungen für den photogrammetrischen Messprozess. Es stehen im allgemeinen lediglich 2D-Messviewer zur Verfügung, in denen die Messbilder dargestellt und ausgewertet werden. Echte stereophotogrammetrische Messungen sind nicht ohne weiteres möglich, da dies die von den CAD-Paketen bereitgestellten Schnittstellen nicht erlauben. Außerdem geht die Integration oft nicht so weit, dass im Zuge der Datenerfassung das Objekt in sei-

¹ Prof. Dr. Frank Boochs, Dipl.-Ing. (FH) Stephan Eckhardt, Dipl.-Ing. (FH) Ben Fischer, Institut für Raumbezogene Informations- und Messtechnik, FH Mainz, Holzstr. 36, 55116 Mainz, email: i3mainz@geoinform.fh-mainz.de

ner kompletten Struktur beschrieben werden kann bzw. wird und z.B. die Topologie in einem weiteren Schritte erzeugt werden muss.

Abhilfe lässt sich schaffen, sofern man als Entwickler auch Einfluss auf die Einbindung des Messprozesses in die CAD Umgebung nehmen kann und damit eine weitgehende Integration von Photogrammetrie und CAD-Welt möglich wird. Dies ist beispielsweise für das hier verwendete Open Source Paket der Fall. Das Toolkit stellt von der Modellierung geometrischer Objekte über deren Verknüpfung und Manipulation bis zur Darstellung alle wichtigen CAD Funktionalitäten zur Verfügung und liegt im Sourcecode vor.

An diese Software ist ein photogrammetrischer Stereoviewer angebunden worden, wodurch die Vorteile einer räumlichen Bildmessung mit dem CAD-Umfeld verknüpft werden.

2. Aspekte einer photogrammetrischen 3D CAD-Lösung

CAD-Softwarepakete haben sich mittlerweile zu sehr leistungsfähigen Werkzeugen entwickelt. Sie stellen alle wichtigen Funktionalitäten bereit, die auf dem Weg von der Datenerfassung hin zu komplexen Simulationen oder anderen, auf den erfassten Daten beruhenden Manipulationen anfallen. Eine wichtige Grundlage für dieses Leistungsvermögen ist die Beschreibung der realen oder konstruktiven Welt durch geeignete Datenstrukturen. Hier haben sich objektorientierte Techniken durchgesetzt. Sie erlauben es, die Objekte in ihre elementaren Bestandteile zu zerlegen und diese in geeigneter Weise zum Gesamtobjekt zu vereinigen. Damit ist es auf einfache und effiziente Weise möglich, auch komplizierte Geometrien zu erzeugen und zu verwalten (vgl. Abb.1).

Photogrammetrische Maßnahmen stehen am Beginn denkbarer CAD-Prozessketten. Auch hier spielt die Komplexität des Objektes eine Rolle, weil schon in der Erfassung die nötigen Strukturen geschaffen werden müssen. Es ist daher nicht nur im Sinne der durchgängigen Verwendung einheitlicher Datenstrukturen, sondern

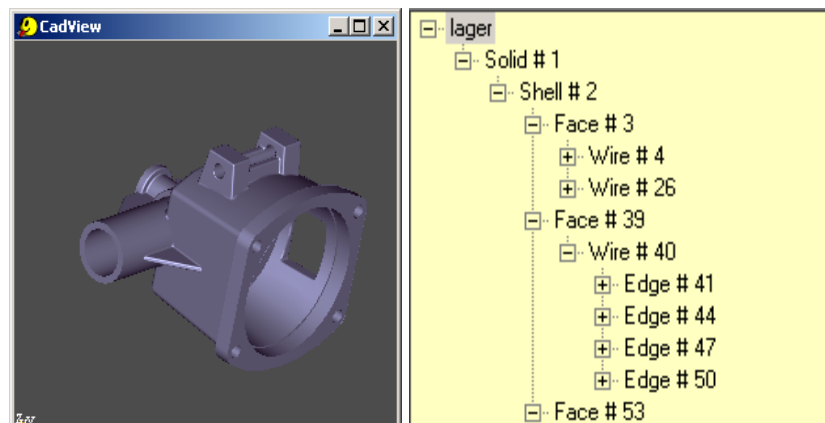


Abb. 1: CAD-Objekt mit seiner B-Rep Beschreibung

auch im Hinblick auf die Flexibilität und Leistungsfähigkeit objektorientierter Beschreibungsformen sinnvoll, schon im photogrammetrischen Erfassungsprozess objektorientierte Konzepte einzusetzen. Diese sind im Bereich der CAD-Software weit entwickelt und bieten sich für eine Verknüpfung mit der bildgestützten Messung an, weil sie eine Vielzahl wichtiger Grundfunktionen bereitstellen, wie z.B.:

- Konstruktion elementarer Geometrien
- Aufbau der Topologie
- Verknüpfungsoperationen
- Editierfunktionen

Der photogrammetrische Teil im Lösungskonzept kann sich damit auf die Bereitstellung der Objektpunkte beschränken, die zum Aufbau der Geometrien benötigt werden. Die Objektpunkte erhält man durch Messung in geeignet aufbereitetem Bildmaterial, das in entsprechenden Fenstern dargestellt wird. Die meisten CAD-Pakete bieten passende Schnittstellen an, solange sich die Messung auf Einzelbilder beschränkt. Ein 2D-Messbild unterscheidet sich eben nicht grundlegend von anderen 2D-Fenstern, die üblicherweise für die konstruktive Erzeugung von Objekten verwendet werden.

Die Verwendung von Einzelbildern schränkt das photogrammetrische Potenzial jedoch unnötig ein. Gerade für geometrisch komplexe Objekte kann nicht grundsätzlich davon ausgegangen werden, ausreichend viele gut identifizierbare Punkte zu finden, die eine Punktbestimmung aus zwei und mehr Einzelansichten erlaubt. In manchen Konzepten wird daher auch durch simultane Verwertung aller, aus unterschiedlichen Ansichten stammenden Messungen versucht, die Qualität zu steigern und Einschränkungen durch Einzelperspektiven auszugleichen. Die besten Voraussetzungen für eine interaktive, von Einschränkungen freie 3D-Datenerfassung bietet aber immer noch eine stereoskopische Betrachtung.

Insofern bietet die Kombination von objektorientierten Techniken zur Beschreibung und Verwaltung von Objekten zusammen mit einer stereoskopischen Punkterfassung sehr gute Voraussetzungen für eine effiziente 3D-Datenerfassung.

3. OpenCASCADE

Die Anbindung eines Stereoviewers an bestehende CAD-Pakete ist konzeptionell nicht vorgesehen. Marktführende System (z.B. AutoCAD) bieten zwar Anwendungsschnittstellen (API), mit denen Benutzer die Programmoberfläche leicht anpassen, Operationen zusammenfassen und zusätzliche kleinere Funktionen hinzufügen kann, bauen aber immer auf 2D-Fenstern auf. Stereoskopie verlangt aber die unabhängige Kontrolle zweier verschiedener Bilder in einem Viewer und dies ist über die Programmierschnittstellen der CAD-Pakete nicht direkt gegeben.

Eine Integration von Stereoskopie lässt sich im Prinzip nur über die direkte Einbindung eines Stereofensters in die Visualisierungskomponenten eines CAD-Paketes erreichen. Das

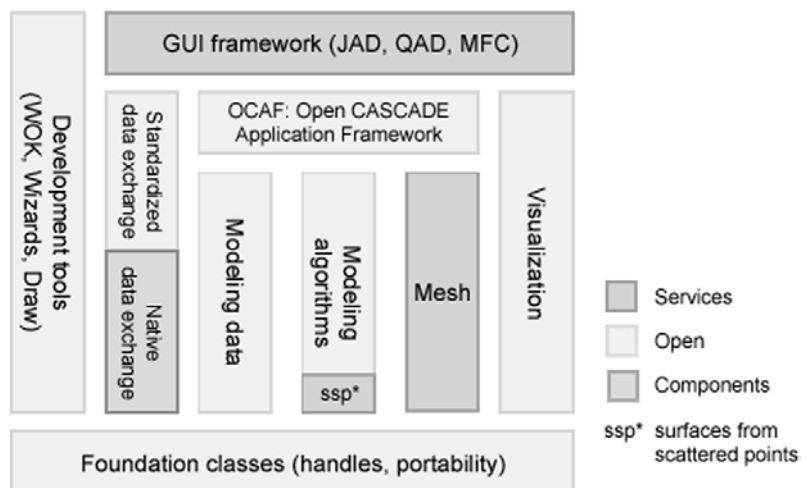


Abb. 2: Modulstruktur von OpenCASCADE

setzt allerdings den direkten Zugriff auf die CAD-Software voraus und lässt sich mit kommerzieller Software nicht realisieren.

Als Alternative kommt Open Source Software in Frage. Ein bekanntes und weit verbreitetes CAD-Paket ist OpenCASCADE (OPENCASCADE, 2003), das auf Entwicklungen von Matra zurückgeht. Diese Software bietet ein umfangreiches Rahmenwerk, um CAD-Anwendungen in objektorientierter Sicht auf einer hohen Abstraktionsebene zu implementieren. Der Programmierer findet ein fertiges Klassenumfeld für den Umgang mit komplizierten geometrischen Daten vor, mit dem er viele Anforderungen abdecken kann.

OpenCASCADE stellt dabei alle wichtigen Bestandteile für die Erzeugung, Verwaltung, Modellierung und Darstellung von 3D-Objekten zur Verfügung, wie der Modulstruktur (vgl. Abb.2) zu entnehmen ist. Nur einige wenige Pakete sind dabei nicht offen gelegt, könnten aber dennoch durch Erwerb entsprechender Lizenzen eingebunden werden.

Angesichts der vielen, die meisten Aufgaben im Umgang mit CAD-Daten anfallenden Arbeitsschritte abdeckenden Softwarekomponenten ist OpenCASCADE gut für die Entwicklung spezieller Anwendungen geeignet und bietet damit auch gute Voraussetzungen für die Integration in eine stereophotogrammetrische Umgebung an.

4. Stereoskopie am PC

4.1. 3D-Betrachtung

Für die räumliche Betrachtung von Stereobildpaaren bedarf es eines geeigneten Bildtrennungsverfahrens und einer darauf abgestimmten Bildsteuerung. In Frage kommen primär zeitliche Trennung oder Polarisierung. Aus der Analogphotogrammetrie bekannt ist auch noch die Anaglyphentechnik, die aber Einschränkungen in der visuellen Qualität besitzt.

Angesichts der weiten Verbreitung von 3D-Spielen existiert mittlerweile ein breites Angebot an entsprechender Hardware. Dies gilt für 3D-fähige Brillen wie auch für die zur Bildsteuerung notwendige Graphikhardware. Das breite Angebot an Lösungen macht Stereoskopie an PCs erschwinglich und erlaubt im Prinzip, jeden PC für stereophotogrammetrische Zwecke zu nutzen. Setzt man das Farbtrennungsverfahren ein, dann ist sogar jeder PC ohne jegliche Änderungen für die räumliche Bildbetrachtung nutzbar.

4.2. DISTA

Neben der Hardware bedarf es darauf abgestimmter Software, die eine unabhängige Darstellung und Steuerung der Bilder erlaubt. Hier gibt es verschiedene Alternativen. Im Bereich der kommerziellen und systemabhängigen Software existieren Lösungen, die dem Benutzer unterschiedliche Funktionen zur Verwaltung stereoskopischer Bildfenster bereitstellen (z.B. Open Inventor 4.0 (TGS VISUAL CONCEPTS, 2003), Microsoft Foundation Classes). Die mit den genannten Lösungen verbundenen Einschränkungen ergeben sich aus den anfallenden Kosten bzw. der Bindung an ein bestimmtes Betriebssystem.

Als Alternative kommt die Nutzung des eigentlichen, den meisten Graphikpaketen zugrunde liegenden Standards OpenGL in Frage. OpenGL ist in den meisten Entwicklungsumgebungen enthalten und wird von den Anbietern der Graphikkarten durch Integration Hardware-naher Lösungen für die wichtigsten Funktionen unterstützt. OpenGL ist plattformunabhängig und kostenfrei.

Auf Basis von OpenGL und wxWindows, einem weiteren plattformunabhängigen Werkzeug, das für die Erstellung grafischer Benutzerschnittstellen eingesetzt wird ist eine stereophotogrammetrische Messumgebung entwickelt worden (DISTA, 2003), die als Grundlage für die Integration der CAD-Software dient (BOOCHS, 2000). Die Entwicklung ist für die stereoskopische Auswertung von photogrammetrischem Bildmaterial gedacht und stellt die notwendigen Werkzeuge für die 3D-Betrachtung, Bewegung und Messung bereit. Die Software arbeitet nach Fixed-Cursor-Technik, erlaubt unterbrechungsfreie Messung im gesamten Modell und besitzt keine Beschränkungen in der Größe des Bildmaterials.

5. Integration und Nutzung von OpenCASCADE Komponenten

Einen Überblick zum gewählten Integrationskonzept gibt Abb. 3. Hierbei ist die DV-technische Integration relativ einfach, da OpenCASCADE in C++ implementiert ist und damit direkt in die eigene Software, die ebenfalls in C++ vorliegt, einbezogen werden kann. Im Hinblick auf die funktionelle Integration sind allerdings einige Anpassungen notwendig. Dies gilt für die Erzeugung und die Darstellung der Objekte.

5.1. Konstruktion

Für die Erzeugung der Objekte sind Schnittstellen erforderlich, weil entgegen der Vorgehensweise im konstruktiven Bereich, in dem Objekte über die direkte Festlegung von geometrischen Basiselementen (Durchmesser, Länge, Krümmung,...) erzeugt werden, dies in Bildern durch die gerade sichtbaren Punkte am Objekt geschehen muss (vgl. Abb. 4.). Damit können die Objekte nicht über die in OpenCASCADE vorhandenen Bibliotheks-routinen generiert werden, sondern müssen erst durch Schnittstellenroutinen, die die Punktmes-

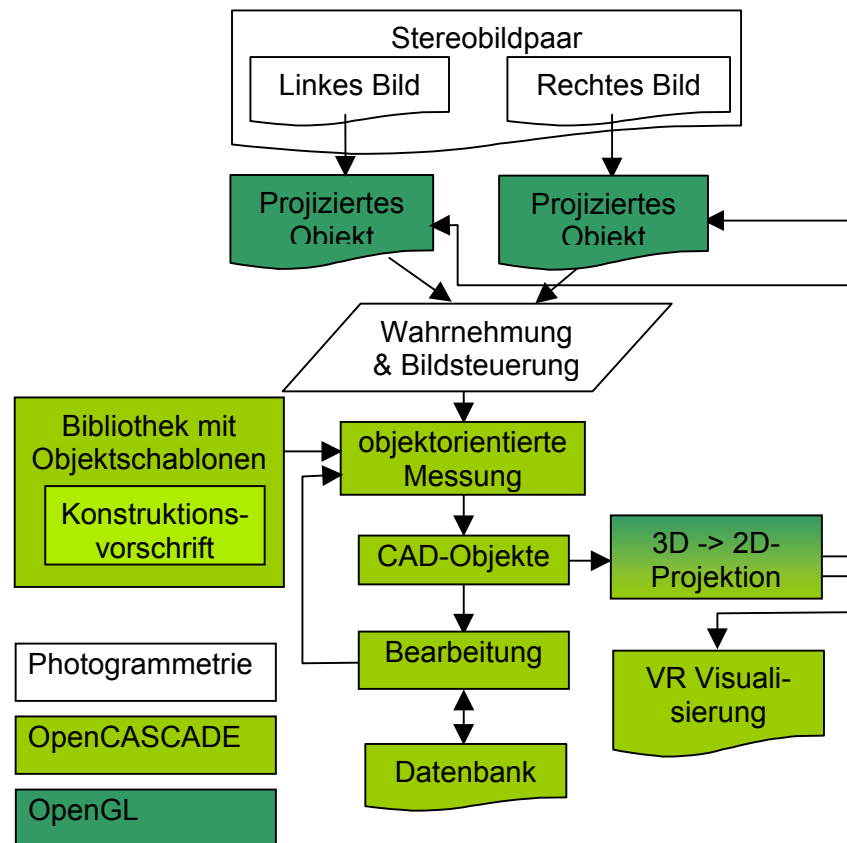


Abb. 3: Integration von OpenCASCADE und DISTA

sungen nach einer festzulegenden Konstruktionsvorschrift in die Datenstruktur von OpenCASCADE transformieren, erzeugt werden (vgl. Abb.5). Sobald die Objekte in der CAD-Datenstruktur abgebildet sind, können allerdings alle sonstigen Operationen, wie Verschneidungen, Vereinigungen etc. unter Verwendung der Bibliotheksroutinen von OpenCASCADE direkt angewandt werden. Dies erspart die Schaffung von unzähligen Schnittstellenroutinen, da man sich auf elementare Objekte beschränken kann.

Im übrigen hat die Verwendung von eigenen Konstruktionsschnittstellen auch den Vorteil, in gewünschter Weise vorhandene Einschränkungen in der Sichtbarkeit kompensieren zu können. Hier wirkt sich auch der Vorteil einer stereoskopischen Daten-

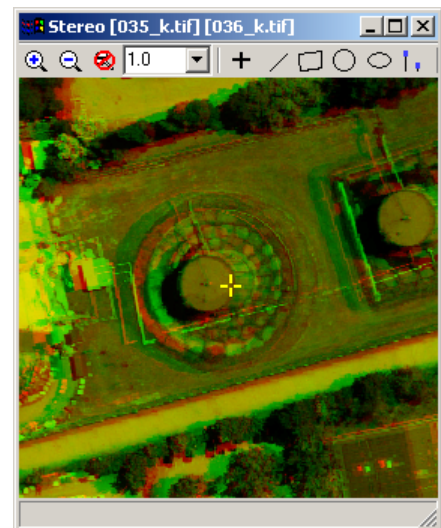


Abb. 4: Objekt in einem Luftbild

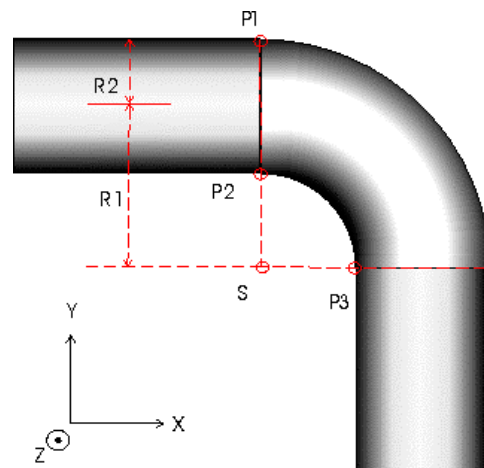
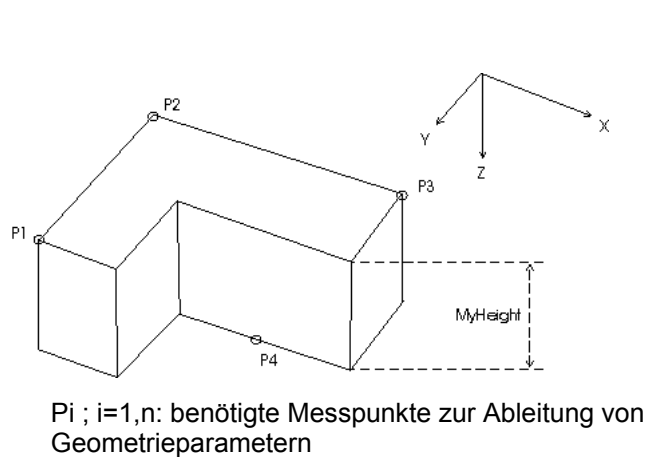


Abb. 5: Konstruktionsvorschriften zur Erzeugung von CAD-Objekten

erfassung aus. Stereoskopie benötigt für die Punktmessung keine besonders hohen Kontraste, wodurch auch 3D Punkte an beliebigen Stellen auf Objektkonturen bestimmt werden können. Dies kann man für die überbestimmte Ermittlung der Geometrieparameter verwenden oder aber für die Überwindung von Schwierigkeiten, die auf die Wirkung der Zentralprojektion zurückgehen, nutzen (vgl. Abb.6). Letztere kann zur Folge haben, dass nicht alle geometrischen Bestandteile (in Abb. 6: d) direkt erfasst werden können.

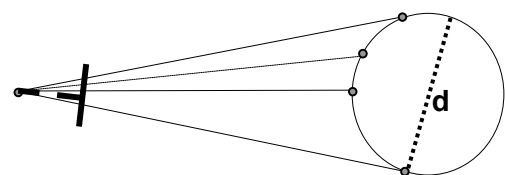


Abb. 6: Nutzung von Überbestimmungen

5.2. Projektion

Der Projektion der erfassten Objekte kommt insofern eine hohe Bedeutung zu, weil der interaktive Messprozess durch die Überlagerung der Bildinformation mit den Konstruktionsergebnissen gesteuert wird und damit für die Vollständigkeit und die Genauigkeit verantwortlich ist. Entsprechend ist die Superimposition der Geometrie Bestandteil aller operationellen Erfassungssysteme. Allerdings liegt hierin auch der

Grund für die Einschränkung auf Einzelbildviewer, da Stereoskopie von Standard CAD-Programmen nicht angeboten wird.

Aber auch der Unterstützung des Beobachters mit weitergehenden Hilfen sind schnell Grenzen gesetzt. Sinnvolle Hilfe kann über die modellgestützte Datenerfassung erreicht werden, in der nicht einzelne Punkte die Geometrie bestimmen, sondern vorgewählte Geometrietylen auf das Objekt eingepasst werden (ERMES ET.AL., 2000). Daneben sind Vereinfachungen denkbar, indem Methoden der Bildanalyse für die Detektion von Konturen eingesetzt werden und diese als Beitrag für die Definition der Objekte zur Verfügung stehen (V.D. HEUVEL F., 2000). Beides setzt eine enge Verzahnung von CAD-Welt und Photogrammetrie im Bereich der gemeinsamen Darstellung von Bild- und Objektdaten voraus.

Dem muss auch hier Rechnung getragen werden, indem für die Projektion der in OpenCASCADE verwalteten Objekte in das Stereobildpaar entsprechende Komponenten zu schaffen sind. Allerdings ist dies nicht durch direkte Nutzung der in OpenCASCADE enthaltenen Visualisierungsroutinen möglich, da auch hier nur 2D-Viewer unterstützt werden. Lediglich in Bezug auf die Darstellung der gemessenen Objekte in einem separaten, von den Messbildern unabhängigen VR-Kontext können direkt die Methoden aus dem OpenCASCADE Umfeld genutzt werden (vgl. Abb. 3). Der Beobachter erhält damit allerdings ein weiteres Werkzeug zur visuellen Kontrolle des Datenbestandes.

Die geschickteste Lösung für die Superimposition der Stereobilder mit den CAD-Daten ergibt sich durch die Entwicklung eigener OpenGL-Routinen. In diesem Graphikstandard existieren alle notwendigen Methoden zur projektiven Darstellung von Objekten, die für eine Nachbildung der Kameraperspektive benötigt werden. Von Vorteil ist hierbei natürlich der Umstand, dass auch die Darstellung der Messbilder und die gesamte Bildsteuerung in den photogrammetrischen Komponenten über OpenGL geregelt werden und sich so ein einheitliches Verarbeitungskonzept ergibt. Seitens OpenCASCADE werden in diesem Zusammenhang die erforderlichen Methoden für den Zugriff auf die in der Datenbank enthaltenen Objekte bereitgestellt, auf die dann die eigenen Visualisierungsroutinen angewandt werden.

Auf diesem Weg lässt sich auch eine direkte Integration der projektiven Darstellung der CAD-Objekte in die Mechanismen zur Steuerung der Bildbetrachtung erreichen, die im Zuge der hier gewählten Fixed-Cursor Bewegungstechnik auch etwas höheren Kontrollaufwand verlangen und entsprechend auf die CAD-Projektion anzuwenden sind.

6. Fazit

Mit dem vorgestellten Konzept wird ein Ansatz zur Integration frei verfügbarer CAD-Software in eine stereophotogrammetrische Messumgebung aufgezeigt. Die Vorteile liegen einerseits in der Nutzung des Stereoeindrucks für den Prozess der Punktmessung und andererseits in der objektorientierten Datenerfassung. Letztere erlaubt, die Objekte direkt mitsamt ihrer Topologie zu erzeugen und sie mit den leistungsfähigen CAD-Werkzeugen weiterverarbeiten zu können.

Die hauptsächlich notwendigen Entwicklungen liegen im der Anpassung des photogrammetrischen Messvorgangs durch Schaffung entsprechender Konstruktionsmethoden und in der Bereitstellung der Werkzeuge zur Überlagerung des Stereobildpaares mit den projizierten CAD-Objekten.

Von erheblichem Vorteil ist auch die Nutzung von Standards im Bereich der Computergraphik, wodurch auf umfangreiche Quellen aus dem Open Source Bereich zurückgegriffen werden kann.

7. Literaturverzeichnis

- BENNING, W., 1997: PHIDIAS-MS - Eine digitale Photogrammetrieapplikation unter Microstation für Nahbereichsanwendungen. AVN, Nr.1, S. 16-25.
- BOOCHS, F., GEHRHOFF, A., NEIFER, M., 2000 : An object oriented stereo system for 3D-measurements. IAPRS, Vol. XXXIII, Part 5
- DAVIS T., NEIDER J., WOO M., 1993. OpenGL Programming Guide, Addison-Wesley, New York
- DISTA, 2003: <http://www.dista.fh-mainz.de>
- ERMES P., V.D. HEUVEL F., VOSELMAN G., 2000: A Photogrammetric Measurement Method Using CSG-Models. IAPRS, XXXIII, Part 5
- G. HILGERS, H.-J. PRZYBILLA, D. WOYTOWICZ, 1998. The digital photogrammetric evaluation system PHAUST for as-built documentation. IAPRS, Vol. 32, Part 5, pp. 226-229.
- KILGARD M. J., 2000. Avoiding 16 Common OpenGL Pitfalls, <http://www.opengl.org>.
- OPENCASCADE, 2003: <http://www.opencascade.org>
- OPENGL, 2003: <http://www.opengl.org>
- OPEN INVENTOR, 2003: <http://www.tgs.com>
- SMART J., 1999. wxWindows Documentation
- A. STREILEIN, 1996. Utilization of CAD models for the object oriented measurement of industrial and architectural objects. IAPRS, Vol. 31, Part B5, pp. 548-553.
- V.D. HEUVEL F., 2000: Trends in CAD-Based Photogrammetric Measurement. IAPRS, Vol. XXXIII, Part 5
- WXWINDOWS, 2003: <http://www.wxWindows.org>