Photogrammetrie • Fernerkundung • Geoinformation 1/2004, S. 53–58, 6 Abb.

Dokumentation industrieller Anlagen: Vom 2D-Bestandsplan über das GIS zur virtuellen Realität – eine Standortbestimmung

HEINZ-JÜRGEN PRZYBILLA & DETLEV WOYTOWICZ, Essen

Keywords: as-built documentation, 3-D model, texture mapping, virtual reality, visualization

Zusammenfassung: Die Dokumentation industrieller Anlagen stellt ein wesentliches Element für deren Betrieb dar. Sie basiert vielfach auf analoger Datenhaltung, mit dem erklärten Ziel, diese durch digitale Verfahren abzulösen. Neben 2D-organisierten GIS-Systemen gewinnen 3D-Bestandsdaten zunehmend an Bedeutung. Der Mehrwert von 3D-Werksmodellen und daraus abgeleiteten Produkten ist erheblich. Die Evaluation der notwendigen Daten baut dabei in der Regel auf den vorhandenen Datenbeständen auf. Dies hat zur Folge, dass neben der Definition von Modellier-Standards geeignete Workflows zur Datenveredlung bereitzustellen sind.

Summary: *Documentation of industrial facilities: from 2-D as-built plans to GIS towards virtual reality – a review*. The documentation of industrial plants is an important element concerning running conditions and lifetime cycles. It is often based on analogous technical data, although the change to digital methods is a declared aim. In addition to 2-D organized GIS systems 3-D documentation data is getting more and more important. The surplus value of 3-D plant models is significant. The evaluation of the additional data is normally founded on the existing databases. This causes the definition of model standards and suitable workflows for data improvement.

1 Einleitung

Die Dokumentation industrieller Anlagen stellt ein Aufgabengebiet mit vielfältigen Facetten dar, mit Ansprüchen an unterschiedlichste Fachdisziplinen, an Inhalte sowie die Art und Weise der Nutzung. Globale Standort- sowie lokale Objektplanungen, die Integration von Neubaumaßnahmen, aber auch die Überwachung und Laufendhaltung von Produktionsprozessen basieren auf der Kenntnis geometrischer Informationen (PRZYBILLA 1999, MISCHKE & RIEKS 2001). Die notwendige geometrische Datenqualität variiert dabei über eine Bandbreite, die über den Bereich des Meters bis hin zum Submillimeter reicht. Um diesem Anspruch zu genügen, kommen verschiedenartigste Messmethoden zum Einsatz, vom klassischen Handaufmaß bis hin zu (teil-) automatisierten geodätischen und/oder photogrammetrischen Messprozeduren.

Der Erfassung schließt sich die Dokumentationsphase an, die als Folge der allgemeinen Verfügbarkeit von Informationssystemen mit Raumbezug einem grundlegen-

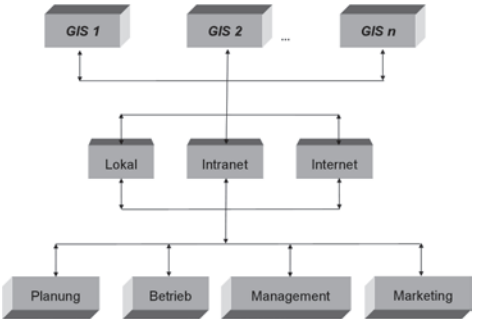

Abb. 1: Zugriffswege und Nutzer des GIS in der Anlagendokumentation.

1432-8364/04/2004/0053 $ 1.50
© 2004 DGPF / E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, D-70176 Stuttgart

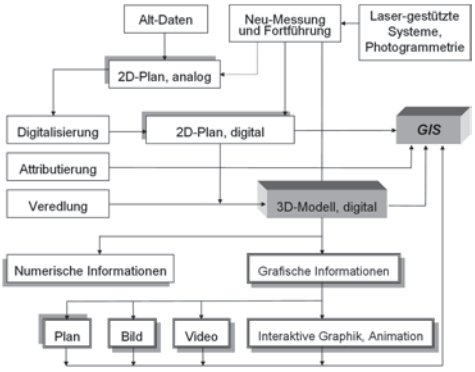

Abb. 2: Produkte der Anlagendokumentation.

den Wandel unterzogen ist. Dies betrifft sowohl die Art und Weise der Datenhaltung, die Inhalte als auch die Möglichkeiten des Zugriffs und der erweiterten Nutzung durch die Endabnehmer (Abb. 1).

Eine besondere Bedeutung nehmen in diesem Kontext grafische Informationen und Produkte ein, für die ein stark gestiegener Bedarf existiert (Abb. 2). Die Heterogenität der vorhandenen Daten, verbunden mit den verschiedenartigsten Benutzerwünschen, führt zu einer Vielzahl unterschiedlicher Präsentationsvarianten, die unter dem „Dach" des GIS zusammengefasst werden.

Vorhandene Grund- und Projektdaten (sowohl 2D als auch 3D) sollen dabei nicht nur für projektbezogene Einzelbearbeitungen zur Verfügung stehen, sondern im Rahmen multifunktionaler Nutzung auch in Folgeprojekten wirtschaftlich wieder verwendbar sein (Rieks & Laing 2003).

2 Datenerfassung

Die Entwicklung und Anwendung von Methoden der Nahbereichsphotogrammetrie im industriellen Bereich hat eine langjährige Tradition und ist eng mit den wissenschaftlichen Arbeiten von Wilfried Wester-Ebbinghaus verknüpft (Wester-Ebbinghaus 1981, 1983, 1985, 1993). Deren grundlegende Bedeutung und Nachhaltigkeit wird z. B. in Luhmann (2002b) dokumentiert. Aktuelle Entwicklungen im Bereich des terrestrischen Laserscannings ergänzen die Verfahren der As-built Anlagendokumentation um neue Möglichkeiten (Luhmann 2002a). Gemeinsam ist diesen Technologien, dass in der Regel unmittelbar 3D-Daten erfasst werden, die Objektformen und -änderungen beschreiben. Im Gegensatz dazu liefert klassische geodätische Messtechnik primär 2D-Ergebnisse, die gegebenenfalls durch „Veredlungsprozesse" in die dritte Dimension erhoben werden.

Ist der Einsatz der bisher aufgeführten Messmittel vorrangig kleinräumig (objektbezogen), werden für großflächige Anlagen-/Bestandsdokumentationen Methoden aus dem Bereich der Luftbildphotogrammetrie, des Airborne Laserscannings sowie der Tachymetrie genutzt.

3 Modellieren und Visualisieren

Die Abstraktion geometrischer Sachverhalte durch Zahlenkolonnen, Vektorgrafiken und/oder 2-dimensionale Kartendarstellungen steht in direktem Gegensatz zum natürlichen Empfinden des Menschen, der sich in einer 3-dimensionalen Realwelt orientiert. Die daraus oftmals resultierende „Orientierungslosigkeit" sowie das „Nicht-Verstehen" der Abstraktion führt zu einer Hinwendung zur virtuellen Realität. Gegenwärtige Zusammenhänge werden realitätsnah, d. h. 3-dimensional, abgebildet, erweitert um Zukünftiges (Planungen) oder reduziert auf Vergangenes (nicht mehr Existentes).

Arbeiten im Bereich georeferenzierter Modell-Visualisierungen (Stadt- und Werksmodelle) sind derzeit durch zwei Aspekte in besonderer Weise beeinflusst. Neben der Definition von Standards (Buziek 2003, Gröger & Kolbe 2003) im Hinblick auf

- die geometrischen Parameter der „Level of Detail" (LOD),
- den Umfang abzubildender Inhalte (Objekte) in Anlehnung an vorhandene Datenbestände,
- die Ausgestaltung der Modelloberflächen (z. B. durch Texturierung),
- die Integration in allgemein verfügbare Services (z. B. **L**ocation **B**ased **S**ervices)

stehen Entwicklungen der Softwarebranche für CAD, Modellier- und Visualisierungstools im Fokus. Die Vielzahl der Produkte, vom „low-level" bis Profi-System einerseits sowie eine nahezu beliebige Anzahl von Datenformaten andererseits (Grün 2002), erfordern besondere Aufmerksamkeit, da sie die Realisierung geeigneter Prozessketten maßgeblich beeinflussen.

Betrachtet man die in Abb. 2 zusammengestellten grafischen Endprodukte, so wird deutlich, dass hier neue Technologien aus dem Bereich der Multimedia in die GIS-Anwendung eingebunden werden müssen. Ästhetische Aspekte spielen dabei, über die Geometrie hinaus, beim Aufbau der virtuellen Welten eine wachsende Rolle. Software-Werkzeuge und Begriffe aus der Filmindustrie gewinnen z. B. bei der Erstellung von digitalen Videos an Bedeutung. Neben dem Wissen über die Funktionalität von Produkten wie 3D StudioMax (Discreet 2003), CINEMA4D (Maxon 2003) oder Adobe Premiere für professionellen Videoschnitt (Adobe 2003), gehört dazu die Kenntnis von Audio- und Videoformaten, Codecs zur Datenreduzierung, Videostreaming etc.

Basisfunktionalitäten aus diesen Anwendungsbereichen haben die Entwickler von CAD-Programmen, wie z. B. MicroStation von Bentley (Bentley 2003), in die ehemals ausschließlich auf Zeichnung und Konstruktion ausgelegten Programme integriert. So ermöglicht MicroStation, neben der Erstellung komplexer Kamerafahrten für Zwecke der Videoanimation, den Datenexport der 3D-Modelle in diverse Video- und Grafikformate. Eine besondere Bedeutung kommt dem VRML-Format zu, das sich trotz diverser Neu- und Weiterentwicklungen (X3D, GeoVRML) als aktueller Standard für interaktive 3D-Welten (auch im Internet) etabliert hat (web3D Konsortium 2003). Das „External Authoring Interface" (EAI) erweitert VRML darüber hinaus zu einem offenen Sprachstandard mit externer Programmierschnittstelle für Java sowie Möglichkeiten der Einflussnahme auf Szenen und ihre Objekte, so dass z. B. die Einbindung von Sachinformationen mittels Datenbanken ermöglicht wird.

4 Erstellung eines Werksmodells – ein Anwendungsbeispiel

Der Aufbau 3-dimensionaler Werksmodelle ist in der Regel gekoppelt an die vorhandenen 2D-Bestandsdaten der Betreiber. Eine vollständige geometrische Neuerfassung der Standortobjekte, z. B. im Rahmen einer Luftbildauswertung, ist aus verschiedenen Gründen wenig sinnvoll:

- erhöhter Messaufwand bei vollständiger 3D-Erfassung,
- die Messgenauigkeit in Luftbildmaterialien der gängigen Bildmaßstäbe (1 : 5000 bis 1 : 8000) ist schlechter als die der terrestrisch erfassten (tachymetrischen) Daten,
- unterschiedliche Datenquellen führen zu heterogenen Qualitätsstandards im Datenmodell.

Dies hat zur Folge, dass ausschließlich die im 2D-Datenbestand fehlenden Informationen erfasst werden, d. h.

- Messung der Geländeoberfläche,
- Messung der Gebäudehöhen (Traufe, First),
- Ermittlung der Dachform.

Die hierbei angewandten Auswertestrategien orientieren sich an den verfügbaren Datenquellen (Luftbilder, Laserscanner-Daten) sowie den eingesetzten Auswertesystemen (Hau 2001, Gülch et al. 2000, Steidler & Beck 2001). Abb. 3 zeigt den Workflow zur Generierung eines Stadt-/Werksmodells auf Basis des bei INVERS (Essen) entwickelten Programmsystems Phaust (Invers 2003).

Der in Abb. 4 dargestellte Ausschnitt aus einem Werksmodell vermittelt einen Eindruck über die Qualität der Modellierung, bei der sämtliche Dachaufbauten mit einer Grundfläche größer 1 m^2 und einer Höhe des Aufbaus größer 0.5 m erfasst wurden. Derartige Modelle finden ihren Einsatz in den Bereichen Planung (Neu- und/oder Erweiterungsbau), Betrieb (Herleitung von Sekundärmaßen wie Volumen und Abstandsflächen, Simulationen) und Management.

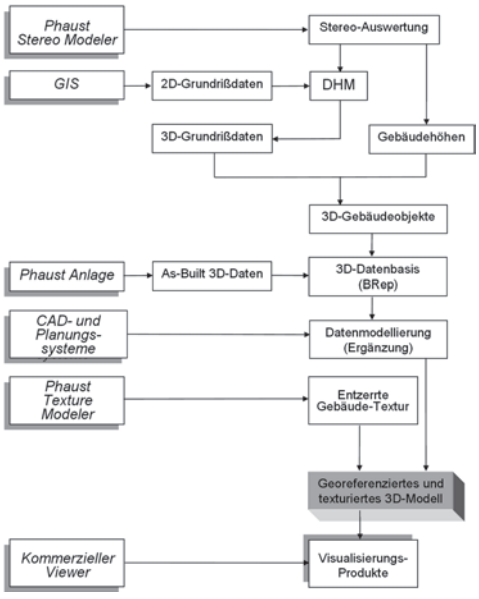

Abb. 3: Workflow zum Aufbau eines georeferenzierten und texturierten 3D-Modells auf Basis des Programmsystems Phaust.

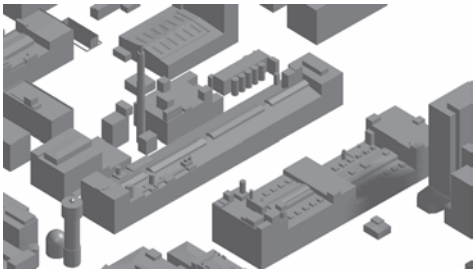

Abb. 4: Gebäudegeometrien eines 3D-Werksmodells auf Basis vorhandener 2D-Bestandsdaten.

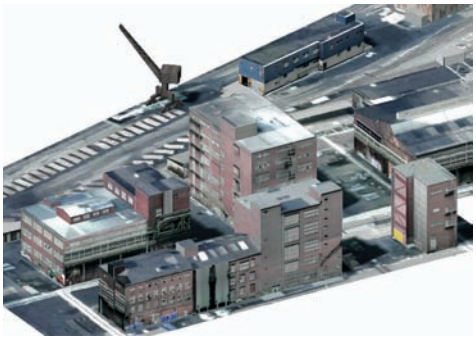

Abb. 5: Werksmodell ergänzt um reale Texturen.

Die Objekttexturierung überführt 3D-Modelle in real wirkende Szenen mit Präsentationsmöglichkeiten, z. B. als digitales Video, für Echtzeitnavigation sowie Intranet- und Internet-Applikationen. Zielgruppen sind vor allem Abteilungen für Öffentlichkeitsarbeit, Marketing-Fachleute sowie welt-weit agierende Investoren (Abb. 5). Die Funktion der Textur liegt dabei einerseits im Aspekt der ,,Modellverschönerung'', andererseits kann sie auch ergänzende geometrische Informationen beinhalten. Dies betrifft vorrangig Fassadentexturen, die im Beispiel mit Phaust TextureModeler bezüglich der Objektivverzeichnung des digitalen Aufnahmesystems korrigiert und im Anschluss entzerrt wurden.

Bieten Stadt- und Werksmodelle dem Nutzer den ,,Blick von außen'' auf das Objekt, besteht die Aufgabe des Facility Managements darüber hinaus in der Erfassung, Dokumentation und Darstellung der inneren Strukturen von technischen Anlagen und Gebäuden, mit dem Ziel verbesserter Nutzung, Produktivität und Rentabilität. Die Erstellung komplexer 3D-Modelle für die Zwecke des Facility Managements ist bisher eine noch neue und nur lokal anzutreffende Anwendung. Abb. 6 zeigt den Ausschnitt eines Gebäudekomplexes, der auf der Datenbasis eines Facility Management Systems mit dem high-end CAD-System ,,speedikon'' (IEZ 2003) erstellt wurde.

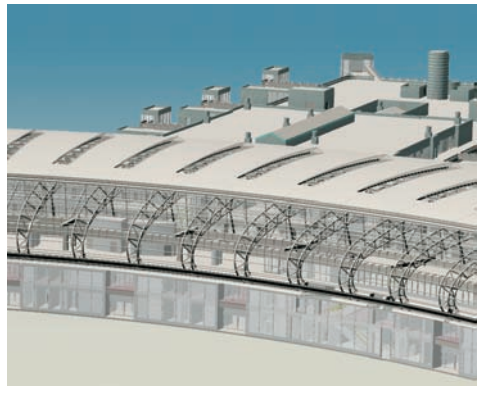

Abb. 6: Gebäudekomplex als ,,Architekturmodell''.

5 Ausblick

Die Nutzung von Geoinformationssystemen hat zu einer nachhaltigen Änderung der Dokumentationsmethoden industrieller Anlagen geführt. Analoge Dokumentationsformen werden in weiten Bereichen durch digitale ersetzt, unterschiedliche Informationsquellen im GIS verknüpft. Eine Erweiterung der aktuellen GIS-Funktionalitäten, unter Einbeziehung der dritten Dimension, stellt dabei einen wichtigen Aspekt dar. 3D-Modelle und daraus abgeleitete Produkte sind ein erster Schritt in diese Richtung. Ihre breite Akzeptanz bei den Nutzern bestätigt die Notwendigkeit weiterer Entwicklungen.

Literatur

Adobe, 2003: http://www.adobe.de, Produktbeschreibung Adobe Premiere.

Bentley, 2003: http://www.bentley.de, Produktbeschreibung MicroStation.

Buziek, G., 2003: Vorstellung der Machbarkeitsstudie „Virtuelle Region an Rhein und Ruhr 2006". – Vortrag auf dem Symposium „Virtuelle Region an Rhein und Ruhr", 8. Juli 2003, Bonn – http://www.cegi.de

Discreet, 2003: http://www.discreet.de, Produktbeschreibung 3D Studiomax.

Grün, A., 2002: Return of the Buddha – New Paradigms in Photogrammetric Modeling. – Internationales Archiv für Photogrammetrie, Fernerkundung und Raumbezogene Informationswissenschften, **34** (5): 363–368.

Gülch, E., Müller, H. & Läbe, T., 2000: Semiautomatische Verfahren in der photogrammetrischen Objekterfassung. – Photogrammetrie, Fernerkundung, Geoinformation, **2000** (3): 199–209.

Hau, T., 2001: Erfassung und Visualisierung von Gebäuden und Städten auf Basis photogrammetrischer Auswertungen mit dem Programmsystem Phaust. – Publikationen der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung, **10:** 173–180.

Iez, 2003: http://www.iez.com, Produktbeschreibung speedicon.

Invers, 2003: http://www.invers-essen.de, Produktbeschreibung Phaust.

Gröger, G. & Kolbe, T., 2003: Interoperabilität in einer 3D-Geodateninfrastruktur. – In: Bernard, A., Sliwinski, A. & Senkler, K. (Hrsg): Geodaten- und Geodienste-Infrastrukturen. – Tagungsband der Münsteraner GI-Tage, IfGI Prints **2003 (**18), Universität Münster.

Maxon, 2003: http://www.maxon.net, Produktbeschreibung CINEMA4D.

Mischke, A. & Rieks, H.-J., 2001: As-built-Anlagenvermessung in der chemischen Industrie. – Photogrammetrie, Fernerkundung, Geoinformation, **2001** (1): 5–12.

Luhmann, Th. (Hrsg.), 2002a: Photogrammetrie und Laserscanning. – 188 S., Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg.

Luhmann, Th. (Hrsg.), 2002b: Nahbereichsphotogrammetrie in der Praxis. – 318 S., Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg.

Przybilla, H.-J., 1999: Entwicklungen und industrielle Anwendungen in der digitalen Nahbereichsphotogrammetrie. – VDV-Schriftenreihe, **16:** 16–23, Verlag Chmielorz, Wiesbaden.

Rieks, H.-J. & Laing, R., 2003: Modelle für die Standortplanung. – Vortrag auf dem Symposium „Virtuelle Region an Rhein und Ruhr", 8. Juli 2003, Bonn – http://www.cegi.de

Steidler, F. & Beck. M., 2001: 3D-Stadtmodelle mit dem CyberCity Modeler – Generierung und Echtzeitbegehung. – Publikationen der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung, **10:** 181–190.

web3D Konsortium, 2003: http://www.web3d.org, http://www.geovrml.org

Wester-Ebbinghaus, W., 1981: Zur Verfahrensentwicklung in der Nahbereichsphotogrammetrie. – Dissertation, Schriftenreihe des Photogrammetrischen Instituts der Universität Bonn.

Wester-Ebbinghaus, W., 1983: Ein photogrammetrisches System für Sonderanwendungen. – Bildmessung und Luftbildwesen, **51** (3): 118–128.

Wester-Ebbinghaus, W., 1985: Bündeltriangulation mit gemeinsamer Ausgleichung photogrammetrischer und geodätischer Beobachtungen. – Zeitschrift für Vermessungswesen, **110** (3): 101–111.

Wester-Ebbinghaus, W., 1993: Industriephotogrammetrie. – Zeitschrift für Photogrammetrie und Fernerkundung, **61** (2): 49–50.

Anschriften der Autoren:

Prof. Dr.-Ing. Heinz-Jürgen Przybilla
Universität Duisburg-Essen, Fachbereich Vermessungswesen, Labor für Photogrammetrie, Henri-Dunant-Str. 65, D-45131 Essen
Tel.: +49-201-183-7332, Fax: +49-201-183-7379
e-mail: przybilla@uni-essen.de

Dipl.-Ing. Detlev Woytowicz
INVERS – Industrievermessung & Systeme, Kruppstr. 82–100, D-45145 Essen
Tel.: +49-201-8127-410, Fax: +49-201-8127-411
e-mail: woytowicz@invers-essen.de

Manuskript eingereicht: Oktober 2003
Angenommen: Oktober 2003