

Publikationen der Deutschen
Gesellschaft für Photogrammetrie,
Fernerkundung und Geoinformation e.V.



Band 15

2006



DLR

Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Vorträge
26. Wissenschaftlich-Technische
Jahrestagung der DGPF

11. – 13. September 2006
in Berlin

***Geoinformatik
und Erdbeobachtung***

ISSN 0942-2870

Eckhardt Seyfert, Hrsg.

Zur automatischen Integration thermischer Texturen und Merkmale in Gebäudemodelle

H. KUMKE¹, L. HOEGNER², L. MENG³, U. STILLA⁴

Zusammenfassung: Das Thema zeigt einen Überblick über das Projekt und beschäftigt sich mit den ersten Projektschritten der Datenintegration thermaler Bilddaten in einer 3D Datenbank. Zusätzlich wird auf erweiterte Texturinformationen für eine Datenbankabfrage eingegangen. Es zeigt somit einen Ausschnitt der Herausforderungen und Probleme zum jetzigen Stand des Projektes auf.

1. Einleitung

Bisherige virtuelle 3D-Stadtmodelle haben sich auf eine photorealistische Darstellung mit fotografierten bzw. simulierten Texturen konzentriert. Ihre Anwendungen bleiben sehr begrenzt, da georeferenzierte Sachdaten in nicht-sichtbaren Bereichen unzugänglich sind. Mit Rücksicht auf den drastisch wachsenden Bedarf an komplexen 3D stadträumlichen Geoinformationen wird im Rahmen unseres Projekts das Potential der Integration, Analyse und Visualisierung thermaler Infrarotinformationen untersucht. Als Grundlage dienen Matching-Verfahren, 3D-Kartographie und die nichtphotorealistische Technik zur 3D-Informationsvermittlung aus dem Bereich Computergraphik (ZHANG ET AL., 2005; SHI & MENG, 2006; HAEBERLING, 2004; STROTHOTTE & SCHLECHTWEG, 2002; NIENHAUS & DÖLLNER, 2003).

Ausgehend von der automatischen Texturierung von Gebäudemodellen mit Thermographiebildern (Hoegner et al., 2006) hat die vorliegende Arbeit zum Ziel, unterschiedlichste Basis- und Sachdaten für die Integration in 3D-Gebäudemodelle aufzubereiten. Insbesondere wird auf die Datenhaltung von Texturen für die Gebäudefassaden eingegangen und ein Auszug der markantesten Sachinformationen von IR-Texturen für eine objektrelationalen 3D-Datenbank vorgestellt.

2. Überblick

Dieses Kapitel gewährt einen Überblick über die geplante Umsetzung des DFG-Projekts in einem Bündelvorhaben. Abb. 1 verdeutlicht die zentrale Rolle der Datenbank und die unterschiedlichen Bereiche für die Datenintegration, der Datenanalyse und der Datenvisualisierung.

¹ Dipl.-Ing. Holger Kumke, Lehrstuhl für Kartographie, Technische Universität München, Arcisstraße 21, 81033 München, holger.kumke@bv.tum.de

² Dipl.-Inf. Ludwig Hoegner, Fachgebiet Photogrammetrie und Fernerkundung, Technische Universität München, Arcisstraße 21, 81033 München, ludwig.hoegner@bv.tum.de

³ Prof. Dr.-Ing. Liqiu Meng, Lehrstuhl für Kartographie, Technische Universität München, Arcisstraße 21, 81033 München, liqiu.meng@bv.tum.de

⁴ Prof. Dr.-Ing. Uwe Stilla, Fachgebiet Photogrammetrie und Fernerkundung, Technische Universität München, Arcisstraße 21, 81033 München, stilla@bv.tum.de

2.1 Aufnahme

Im ersten Schritt der Datenintegration werden die 3D Modelldaten direkt über eine XML Schnittstelle in die Datenbank überspielt (Punkt ①). Für die aus einer Videosequenz stammenden IR-Sensordaten findet mit einer identischen Videosequenz auf Grundlage der realen Kameratrajektorien im 3D Modell eine simulierte Überlagerung statt. Dadurch ist eine Zuordnung der später entzerrten Textur auf das Modell gegeben. Um die Auflösung der Textur aus der schräg aufgenommenen Videosequenz zu erhöhen werden nur der Bildbereich mit der höchsten Auflösung für eine zusammengesetzte IR-Textur verwendet und der Datenbank zugeführt (Punkt ②).

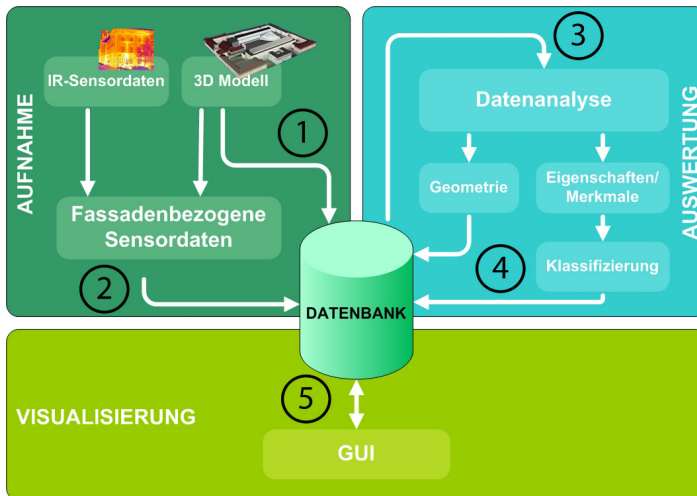


Abb.1 : Flussdiagramm der Arbeitsschritte

2.2 Auswertung

Im Bereich der Auswertung können die abgelegten Texturdaten für die weitere Verarbeitung ausgelesen werden (Punkt ③). Nach vollständiger Datenanalyse, können die gewonnenen Informationen in die Datenbank zurückgeführt werden, so dass geometrisch wie auch semantische Informationen aufgenommen werden können. Zwei Beispiele verdeutlichen die unterschiedlichen Arten zur Informationsgewinnung. Bei einer Kantendetektion können Fenster und andere geometrische Elemente erkannt werden. Bei Ermittlung von markanten Wärmeunterschieden kann eine Aussage über die Eigenschaft, bzw. über die Merkmale getroffen werden, die für die spätere Klassifizierung aus kartografischer Sicht von Interesse sind (Punkt ④).

2.3 Visualisierung

Die Ergebnisse aus den vorangegangenen Arbeiten werden im letzten Schritt der Projektphase in einer dreidimensionalen Umgebung in Echtzeit visualisiert. Zusätzlich wird eine Schnittstelle für den Zugriff auf die Datenbank bestehen, die die Darstellung von Sachdaten über eine GUI (Graphical User Interface) erlaubt.

Desweiteren soll die Möglichkeit bestehen, einen Texturwechsel bei den Fassaden zu ermöglichen. Dies erfordert einer Zuordnung mehrerer Texturen für eine Fassade und deren Datenhaltung innerhalb bzw. außerhalb der Datenbank (Punkt ⑤).

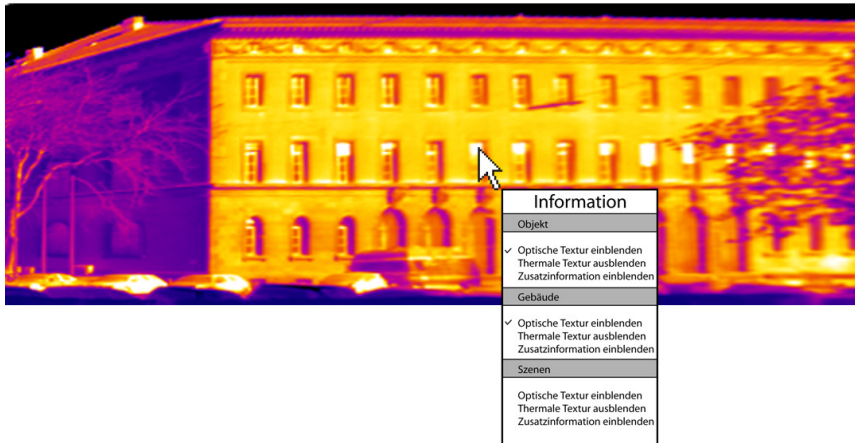


Abb. 2 : Interaktiver Texturwechsel

3. Datengrundlage

Ein zentraler Teil dieser Arbeit ist es, aus unterschiedlichen Datenbeständen eine 3D Geodatenbank aufzubauen. Die vorhandene Datengrundlage für unsere Arbeit bestehen aus amtlichen Katasterdaten, 2.5D Shape Daten des städtischen Vermessungsamtes, einer im Rahmen einer Diplomarbeit durchgeführten Vermessung des Stammgeländes der Technischen Universität im 3D Studio Max Format (FIRSCHING et al., 1999) und den Bilddatenströmen aus zwei IR Kameras sowie einer Kamera im sichtbaren Wellenbereich. Zur Positionsbestimmung für die aufgenommenen Bilddaten wurde das Bildsignal mit einem GPS-Empfänger zeitlich synchronisiert. Weiterhin lieferte das Meteorologische Institut der TU München Wetterdaten für das Zeitfenster der Aufnahme. Die zur Verfügung gestellten Daten enthalten Sonneneinstrahlungsparameter die erst dadurch eine Temperaturkorrektur der IR-Bilder erlauben. Wie in HOEGNER et al., (2006) dargestellt, kamen zwei Infrarotkameras mit jeweils unterschiedlichen Wellenlängenbereichen zum Einsatz. Die IR-Aufnahmen decken somit den Bereich von thermalem (8-12µm) und mittleren (3-5µm) Wellenlängebereich ab. Nach der Umwandlung des Videomaterials wurden die Ergebnisse als 16bit Integer Werte und als 8 bit Grauwertbilder abgespeichert.

4. Datenimport

Aufgrund der unterschiedlichen Datenbestände ist es notwendig, ein Datenaustauschformat zu nutzen, was frei von Beschränkungen ist. D.h. es muss die Möglichkeit gegeben werden eine eigene Auszeichnungssprache (Markup Language) zu formulieren. Unter einer Auszeichnungssprache versteht man die Formulierung der Daten und auch Verfahren, die zur Verarbeitung dieser Daten notwendig sind. Diese Merkmale einer Markup Language finden sich in der vom W3C definierten XML-Sprache wieder. Dadurch wird es ermöglicht, die unterschiedlichsten Geometrie- und Sachdaten für eine Datenbank (DB) zu importieren.

Der grundlegende Aufbau von XML besteht aus einer Document Type Definition (DTD) und dem eigentlichen XML-Schema. Die DTD beinhaltet den Prolog über die vorgegebenen Einschränkungen für Elemente, Attribute und Content-Modelle. Diese können sowohl innerhalb als außerhalb des XML-Schemas stehen und dienen dem XML-Prozessor für die Interpretation seines XML-Schemas.

Folgendes Beispiel zeigt eine Dokumenten-Type-Definition (DTD) Datei. Jede Zeile stellt eine Element-Deklaration dar, die für jedes Element einen Namen und ein Content-Modell definiert:

```
<!ELEMENT Gebaeude (Dach)*>
<!ELEMENT Gebaeude (Gebaeudeteil)*>
<!ATTLIST Gebaeude id CDATA #REQUIRED>
<!ELEMENT Gebaeudeteil (Fassadenteil)*>
<!ATTLIST Gebaeudeteil id CDATA #REQUIRED>
<!ELEMENT Fassadenteil ((Textur)*, Fass_Koordinate,...)>
<!ELEMENT Textur (IR_Rohdaten, IR_Bild, SB_Bild, TexturKoordinate)>
...

```

Das XML Dokument dazu zeigt die Darstellung im XML-Schema. Jedes „Tag“ (<...>) wurde vorab in der DTD definiert und findet sich in der XML Notation mit einem Anfang-/ und einem End-Tag wieder. Dadurch ergibt sich eine gute Lesbarkeit des Quellcodes.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<!DOCTYPE Gebaeude SYSTEM „Gebaeude.dtd“>

<Gebaeude>
...
<Gebaeudeteil id="1">
...
<Fassadenteil id="1">
...
  <Textur>
    <IR_Rohdaten>// Projekt/IR_Roh/100.txt</IR-Rohdaten>
    <IR_Bild>//Projekt/IR/100.jpg</IR-Bild>
    <SB_Bild>//Projekt/SB/100.jpg</SB-Bild>
    <TextureKoordinate DEF="TUM_001-TEXCOORD" point="2.1 0.9, 0.00 12.0, ...
      0.8 0.0, 2.9 0.9, "/>
  </Textur>
  <Fass_Koordinate>
    <Koordinate DEF=" TUM_001-COORD" point="16.0 0.0 -67.0, -38.0 0.0 57.0,...
      -16.0 0.0 67.0, 38.0 0.0 -58.0, "/>
    <Normal vector="0.0 1.0 0.0 0.0 "/>
  </ Fass_Koordinate >
  <Fehlfläche>75</Fehlfläche>
...
</Fassadenteil>
...
</Gebaeudeteil>
...
</Gebaeude>

```

Unser Ansatz ist nun, die Nutzung der XML Notation für den Datenimport von geometrischen Daten, Texturen und deren Merkmalskennzeichen. Unter Merkmalskennzeichen sind alle zukünftigen Elemente zu verstehen, die aus den entzerrten IR Bildern extrahiert werden können. Diese stammen aus Kantendetektionen oder erkennbaren Temperaturmerkmalen. Die Resultate sind georeferenzierte Flächen (z.B. Fenster), Linien (z.B. Fachwerkstruktur) und Punkte (z.B. Wärmeleck), die für den Import in die Datenbank zur Verfügung stehen sollen. Dadurch bedingt gehen unsere Bemühungen in der Entwicklung eines Datenimportformates in Richtung der XML Notation.

Existierende Datenaustauschformate, wie beispielsweise das von OGC ins Leben gerufene CityGML Format, unterstützen für ihr Gebäudemodell nur eine Textur pro Fläche (KOLBE et al., 2005). Inwieweit für unser Konzept die Integration mehrerer Texturen pro Oberfläche aus Thermalbildern sowie Bildern aus dem sichtbaren Bereich möglich ist, muss noch untersucht werden.

5. Datenbankansatz

Für die geplante Verwaltung einer Bildbibliothekenstruktur aus den IR-Rohdaten, entstehen ab dem Moment der vorliegenden entzerrten Teilergebnisse für das Datenbankmanagementsystem (DBMS) die Aufgaben des Datenabgleichs, der Normalisierung und der Anfragestellung.

Für die Analyse der Texturinformationen der Oberflächen ist zu untersuchen, inwieweit Unterschiede im Ergebnis entstehen, wenn statt der ursprünglichen, aus den IR-Bildern entstandenen Teilt Texturen nur die aus ihnen erzeugte Endtextur für die Weiterverarbeitung verwendet wird. Daraus ergeben sich unterschiedliche Leistungsanforderungen der Datenhaltung und der Speicherung.

Weiterhin muss das DBMS Auskünfte über die Qualität der Bilder, die Texturvollständigkeit von Gebäuden und die meteorologische Aufnahmesituation liefern.

Zum jetzigen Forschungsstand favorisieren wir für die Datenhaltung der zukünftigen Fassadentexturen das schnellere Dateisystem anstelle der Binary Large Object (BLOB) Implementierung in einer Datenbank. Als BLOB werden Datenfelder bezeichnet in denen große Mengen, für eine DB, unstrukturierte binäre Daten gespeichert werden können. Auf Grund der fehlenden Verfügbarkeit von Operationen stellen sie aber keinen Datentypen dar. Der Vorteil des Dateisystems liegt in der Speicherung der relativen Dateipfade. Nachteilig ist der Bedarf einer Anwendungslogik, da der Dateiname aus der DBMS geholt und die Datei außerhalb des DBMS interpretiert werden müsste (STONEBRAKER & MOORE 1999).

Für die spätere Interpretation der abgelegten Texturen im Dateisystem stellt dies keine Schwierigkeit dar, da diese Aufgabe die eingesetzte Visualisierungssoftware übernimmt.

Weiterhin wird die Entwicklung der Datenhaltung in einem objektrelationalen DBMS unternommen. Dies ermöglicht eine Abfrage von komplexen Daten bei ausreichender Sicherheit. Nachteilig würde sich nach STONEBRAKER & MOORE (1999) der langsame Zugriff auf große Datenmengen und die nichttriviale Aktualisierung äußern.

Unser Ansatz sieht für das semantische Datenbankmodell eine Klassenhierarchie mit Aggregation vor. Die Attribute der Objektklassen beschreiben das Gebäude von seiner Gesamtheit bis auf die Fassadeneinzelflächen. Ein Gebäude kann hierbei aus mehreren Teilgebäuden, die sich wiederum aus einer Anzahl von Fassadenteilen zusammensetzt, bestehen.

Die geplante Klassenhierarchie sieht wie folgt aus:

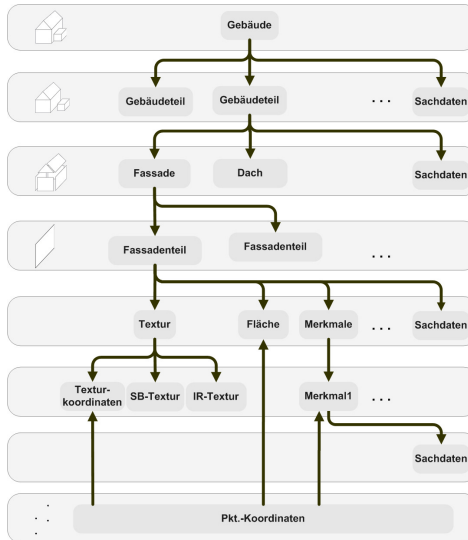


Abb. 3 : Klassenhierarchie mit Aggregation

Durch die Klassenhierarchie (IS-A-Beziehung) des Gebäudes lassen sich unterschiedliche Informationen über Geometrie- und Sachdaten für die Klassen zuweisen. Wie beispielsweise eine Postadresse für das gesamte Gebäude, unterschiedliche Höhen bei Gebäudeteilen oder Materialeigenschaften für Fassadenteile. Dabei erben grundsätzlich alle Objektklassen die Informationen der übergeordneten Objektklassen.

Im Bereich der Aggregation (PART-OF-Beziehung) entsteht eine netzartige Strukturierung aufgrund der Zuordnung identischer Punkte für angrenzende Fassadenflächen. Dadurch gewährleistet die Aggregation eine redundanzfreie und atomare Datenhaltung.

6. Texturanalyse

In der Datenbank besteht besonderes Interesse an den An-/Abfragemöglichkeiten von Sachdaten bezogenen Texturinformationen bzw. -metadaten. Darunter fallen beispielsweise die Texturvollständigkeit oder die oben schon erwähnte Qualität des Bildmaterials.

Wie schon von HOEGNER et al. (2006) diskutiert, wurden bei den IR Kameras nur kleine Öffnungswinkel von 20° verwendet. Dadurch ergeben sich wie in HOEGNER et al. (2006) in Abb. 6 und 7 dargestellt, unvollständige Texturen für die Fassadenteilstücke.

6.1 Texturvollständigkeit

Um Texturen in der Datenbank zu verwalten müssen sie, wie schon im Kapitel Datenbankansatz erwähnt, entweder mit einer Pfadangabe auf ein Dateisystem referenziert werden oder als BLOB zur Verfügung stehen. Die Abfragemöglichkeit von Informationen über die Textur ist aber damit noch nicht gegeben. Daher müssen vorab Informationen aus den entzerrten Texturen detektiert bzw. erfasst, und zur Verfügung gestellt werden.

Zwei Möglichkeiten sollen hier nur kurz vorgestellt werden:

Zum einen können in der entzerrten Textur entlang der fehlenden Bereiche Gauß-Krüger Koordinaten manuell abgegriffen und der Flächenwert durch Berechnung bestimmt werden. Diese Information wird in den Sachdatenbestand der objektrelationalen Datenbank aufgenommen, und mit dem entsprechenden Flächeninhalt der Modelfassade verglichen.

Zum anderen gäbe es die Möglichkeit zusammenhängende Pixelfelder mit einem vordefinierten Pixelwert für die entsprechenden Leerflächen zu erfassen. Dieser Vorgang ist leicht zu automatisieren und repräsentiert den fehlenden Informationsgehalt der Textur. Um eine Aussage über den Flächeninhalt machen zu können, verlangt es zusätzlich der Kenntnis der Pixelgröße auf der Fassade.

6.2 Texturqualität

Ein weiteres Kriterium bei der Archivierung von Texturen ist der zu sichernde Auswertestand. Die IR-Bildwerte für die Textur werden wie schon von HOEGNER et al. (2006) beschrieben bei einer Bildsequenz aus vielen einzelnen Rohbildwerten zusammengestellt. Bei der Zusammenstellung kommt es zu mehrfacher Überlagerung gleicher Bildpartien, die eine unterschiedliche Gewichtung für die Kalkulierung des mittleren Bildwertes erfahren. Würde bei einer späteren Messkampagne zusätzliches Bildmaterial einfließen, müsste die Gewichtung aus der ersten Messkampagne bekannt sein. Diese Information ließe sich bei einer auflösungsverdichteten IR-Textur in der Datenbank ohne weiteres aufnehmen.

7. Diskussion

Der Bericht zeigt auf, dass durch die Thematik des DFG-Projektes bis dato viele Fragen noch nicht abschließend beantwortet sind. So ist der Einsatz des x3d-Formates als Datenimportformat ebenso denkbar wie das schon erwähnte CityGML-Format, wenn multiple Texturen an Fassadenflächen in Zukunft unterstützt werden würden.

Beim letzten Projektschritt der Visualisierung ist die Frage welche Software für die grafische Benutzeroberfläche (GUI) zum Einsatz kommt noch offen. Dort stünden Landexplorer (DÖLLNER & BAUMANN, 2005) und Quest3D zur Auswahl, um nur einige interessante Softwareprodukte zu nennen.

8. Ausblick

Die ersten Schritte der Datengewinnung sind abgeschlossen. Nun geht es in den nächsten Schritten um den Import und die Datenhaltung innerhalb einer objektrelationalen Datenbank. Neben der 3D-Visualisierung ist auch eine Symbolisierung von klassifizierten Merkmalskennzeichen angedacht. Dabei könnten für zweidimensionale Kartengraphiken, die z.B. eine Fassadenfläche repräsentieren eine Reihe von Multivarianten-Signaturen sowie Animationsdiagramme zum Einsatz kommen.

9. Danksagung

Die vorgestellten Arbeiten sind Teil des DFG-geförderten Forschungsprojektes „Enrichment and Multi-purpose Visualization of Building Models with Emphasis on Thermal Infrared Da-

ta“, das im Rahmen des DFG-geförderten Bündelprojektes „Interoperation of 3D Urban Geoinformation (3DUGI)“ bearbeitet wird.

Die Autoren danken FGAN-FOM, Abteilung Optronische Systemanalyse, Ettlingen, für die Bereitstellung des Messfahrzeuges mit IR-Kameras und der Unterstützung bei der Messung.

10. Literatur

- DÖLLNER, J. & BAUMANN, K., 2005: Geländetexturen als Mittel für die Präsentation, Exploration und Analyse komplexer räumlicher Informationen in 3D-GIS. In: A. Zipf, V. Coors (Eds.). 3D-Geoinformationssysteme, Wichmann Verlag, 217-230.
- FIRSCHING, A., MOLDAN, C. & RUMPFINGER, H., 1999: Großmaßstäbige Planerstellung sowie Konzeptentwicklung und Realisierung eines wirklichkeitsnahen dreidimensionalen Gebäudemodells, Diplomarbeit, TU München.
- HAEBERLING, C., 2004: Topografische 3D-Karten. Thesen für kartografische Gestaltungsgrundsätze. Dissertation, Institut für Kartographie der ETH Zürich.
- HOEGNER, L., KUMKE, H., MENG, L. & STILLA, U., 2006: Konzept zur Automatischen Texturierung von Gebäudemodellen mit Thermographiebildern, Jahrestagung DGPF, Berlin (im gleichen Band).
- KOLBE, T., GRÖGER, G. & PLÜMER, L., 2005: CityGML – Interoperable Access to 3D City Models. In: van Oosterom, P., Zlatanova, S., Fendel, E.M. (Hrsg.): Geoinformation for Disaster Management. Proc. of the 1st International Symposium on Geoinformation for Disaster Management, Delft, The Netherlands, March 21-23, 2005. Springer
- NIENHAUS, M. & DÖLLNER, J., 2003: Edge-Enhancement - An Algorithm for Real-Time Non Photorealistic Rendering. International Winter School of Computer Graphics, Journal of WSCG, 11(2):346-353.
- SHI, W. & MENG, L., 2006: Some ideas for integrating multidisciplinary spatial data. Hampe, M., Sester, M. and Harrie, L. (eds.): ISPRS Vol. XXXVI. ISPRS Workshop – Multiple representation and interoperability of spatial data. Feb. 22-24, 2006, Hannover, 30-35.
- NIENHAUS, M. & DÖLLNER, J., 2003: Edge-Enhancement - An Algorithm for Real-Time Non Photorealistic Rendering. International Winter School of Computer Graphics, Journal of WSCG, 11(2):346-353.
- STONEBRAKER & MOORE, 1999: Objektrelationale Datenbanken. Die nächste große Welle, Carl Hanser Verlag München Wien, S. 180
- STROTHOTTE, T. & SCHLECHTWEIG, S. 2002: Non-Photorealistic Computer Graphics: Modeling, Rendering and Animation. Morgan Kaufman.