



Fassadeneinpassung in architektonische Ensembles mit Hilfe der Digitalen Bildverarbeitung

H. Grünzweil ¹, Reinfried Mansberger ²

¹ *Fa. Wenger-Oehn, Franz-Josef-Straße 33, A-5020 Salzburg*

² *Universität für Bodenkultur, Institut für Vermessungswesen und Fernerkundung, Peter-Jordan-Straße 82, A-1190 Wien*

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogrammetrie **75** (3), S. 135–144

1987

BibT_EX:

```
@ARTICLE{Gruenzweil_VGI_198713,  
  Title = {Fassadeneinpassung in architektonische Ensembles mit Hilfe der  
          Digitalen Bildverarbeitung},  
  Author = {Gr{\u}nzweil, H. and Mansberger, Reinfried},  
  Journal = {{{\u}sterreichische Zeitschrift f{\u}r Vermessungswesen und  
            Photogrammetrie},  
  Pages = {135--144},  
  Number = {3},  
  Year = {1987},  
  Volume = {75}  
}
```



Fassadeneinpassung in architektonische Ensembles mit Hilfe der Digitalen Bildverarbeitung

Von H. Grünzweil und R. Mansberger, Graz

Zusammenfassung

Diese Arbeit stellt ein Verfahren vor, mit welchem es möglich ist, ein geplantes Objekt unter Verwendung von Photographien, Grund- und Aufrißplänen sowie mittels geodätischer Messungen und Methoden der Digitalen Bildverarbeitung bildhaft in die Umgebung einzubinden, um so den planenden Stellen eine gute Vorstellung über das zu bauende Objekt zu vermitteln.

Abstract

This paper introduces a procedure for pictorial representation of architectural objects by using photographs, ground and front plans, and by means of geodetic measurements and digital image processing methods. The planned object is integrated into the neighborhood surrounding to provide a realistic visualization to planning agencies.

1. Einleitung

„Ein Bild sagt mehr als tausend Worte.“ Dieser durch die Werbung bekannt gewordene Satz findet in vielen Bereichen des täglichen Lebens seine Bestätigung. So auch in der Architektur. Mittels verbaler Beschreibung fällt es einem Architekten sehr schwer, das von ihm geplante Objekt seinem Auftraggeber vorzustellen. Orthogonalprojektionen der Objekte (Grund-, Auf- und Schrägrisse), Modellbauten und die perspektive Darstellung von Plänen (*Anderluh, '1981*) verstärken zwar die menschliche Vorstellungskraft, diese Hilfsmittel sind aber dennoch abstrahierte Darstellungen des zu bauenden Objektes. Mittels Methoden der Digitalen Bildverarbeitung wird nun dem Architekten die Möglichkeit geboten, aus einfachen Fassadenelementen (Fenster, Türen, Verzierungen, Hintergrundtexturen, u. ä. m.), welche auf konventionelle Weise mit einer photographischen Kamera aufgenommen und anschließend analog/digital gewandelt wurden, ein Gebäude oder einen Teil einer neuzugestaltenden Fassade bildhaft zusammenzustellen. Auf der Grundlage eines ebenfalls digitalisierten Aufrißplanes kann der Architekt gemeinsam mit dem Bauherrn verschiedenste Typen von Fassadenelementen auswählen und so eine Fassade Stück für Stück rasch aufbauen. Die Flexibilität des Systems liegt darin, daß innerhalb kurzer Zeit die ausgewählten Teile wieder verändert und auf die neu entstehende Wirkung hin überprüft werden können. Eine weitere Aufgabe ist die Darstellung der neu gestalteten Ansicht im Gefüge ihrer künftigen Umgebung.

Als Beispiel für die Füllung einer Baulücke soll nun in eine digitalisierte Aufnahme des Straßenbildes die mittels digitaler Bildverarbeitungsmethoden erstellte Fassade montiert werden. Durch Angabe verschiedenster Standpunkte und Blickrichtungen sollen unterschiedliche Perspektiven erhalten werden.

2. Beschaffung von Grundlagen

Bei der Suche nach einem geeigneten Objekt, welches die Dokumentation des oben erwähnten Arbeitsablaufes erlaubt, wurde uns von der Altstadtsachverständigenkommission der Stadt Graz ein Bauvorhaben im Bereich des Grieskais angeboten. Dabei handelt es sich um die Wiedererrichtung des baufälligen Gebäudes Grieskai 6 (Abb. 1), eines der „Nürnberger Häuser“. Von verschiedenen Architekten wurden Fassadenentwürfe erstellt, welche sich möglichst gut in das bestehende Straßenbild einfügen sollten. Der nach Ansicht der Fachleute am besten den geforderten Ansprüchen geeignete Entwurf wurde uns in Form von Grund- und Aufrißplänen zur Verfügung gestellt.



Abb. 1

Die praktischen Arbeiten begannen mit der photographischen Aufnahme (SW-Negativfilm) von bestehenden Fassadenelementen, welche den geplanten Fassadendetails entsprachen. Außerdem wurden mit einer auf einem Stativ montierten Hasselblad SWC (Brennweite = 38 mm, Bildformat 6,5 x 6,5 cm²) mehrere Straßenansichten im Bereich der Baustelle Grieskai 6 photographiert und die äußere Orientierung der Aufnahme (Aufnahmestandort, Richtung des Aufnahmebündels) durch geodätische Messungen bestimmt.

3. Analog/Digitalwandlung der Grundlagen

Um das analog vorliegende Bild- bzw. Planmaterial einer rechnergesteuerten Verarbeitung zugänglich zu machen, mußten die Grundlagen digitalisiert werden. Zu diesem Zwecke wurden die Photographien (Negative) am Abtastsystem Optronics C 4500 in einen zweidimensionalen Raster (Rastergröße 50 µm x 50 µm im Bild) übergeführt (Diskretisierung), und jeder dieser Rasterzellen (Bildelement oder Pixel, engl. picture element) wurde gleichzeitig ein Grauwert (zwischen 0 und 255 Δ 8 Bit) zugewiesen (Quantisierung).

Die aufgezeichneten Grauwerte wurden zeilenweise auf ein computerkompatibles Magnetband (CCT) geschrieben.

Der nächste Arbeitsschritt galt nun einer Vektor-zu-Raster-Konvertierung des Aufrißplanes, um eine semiautomatische Verarbeitung von Bild und Plan am Bildverarbeitungssystem zu ermöglichen. Diese Digitalisierung und Konvertierung erfolgte am Institut für Digitale Bildverarbeitung und Graphik (IPCG) der Forschungsgesellschaft Joanneum mittels des dort entwickelten Programmsystems DESBOD (Digitale Erfassung, Speicherung und Bearbeitung ortsbezogener Daten). Als Ergebnis dieser angeführten Arbeiten lagen sowohl die Photographien als auch der Aufrißplan (Abb. 2) in digitaler Form (Rasterdatenformat) vor.

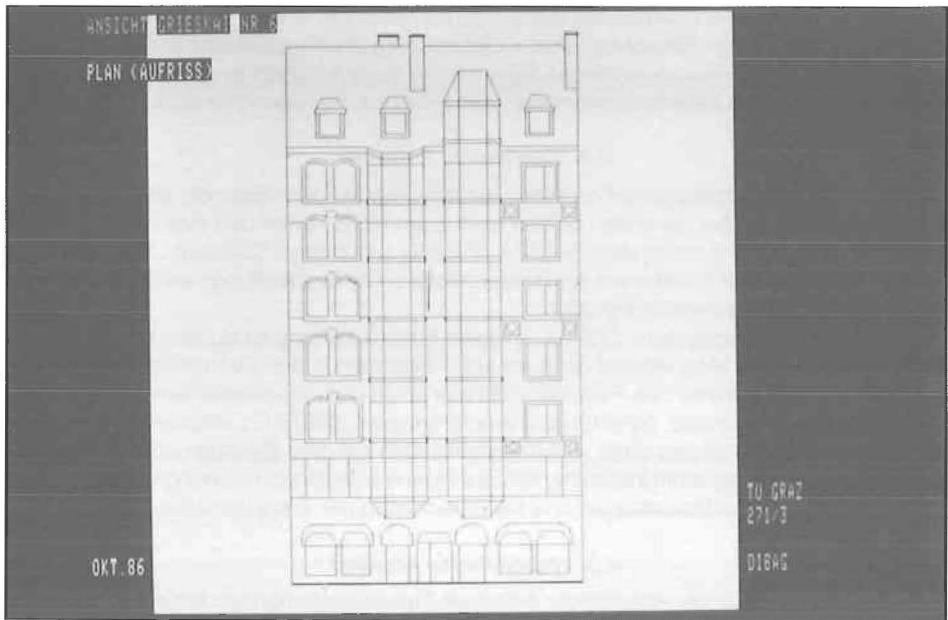


Abb. 2

4. Montage der geplanten Fassade Grieskai 6

4.1 Verwendete Hardware

Die Montage der Fassade sowie auch die in Kap. 5 besprochene Verzerrung der Fassade in die Straßenansicht erfolgte interaktiv am Bildverarbeitungssystem DEANZA IP 6400 der Fa. Gould in Verbindung mit einem VAX 11/750-Rechner der Fa. DEC (Digital Equipment Cooperation) des IPCG. Die Verarbeitung der bei digitalen Bildern anfallenden Datenmenge wird beim System DEANZA IP 6400 durch eine spezielle Rechnerarchitektur optimiert. So sind mehrere Operationen auf einem einzigen Datenstrom (multiple instruction, single data stream, MISD) mit Hilfe des „pipeline“-Verfahrens möglich. Der Datenstrom durchläuft verschiedene Prozessorstufen, in einer Stufe wird jeweils ein Operationstyp (z. B. Addition) ausgeführt, während in der vorhergehenden Stufe gleichzeitig eine andere Operation (z. B. Multiplikation) erfolgt. In der eingesetzten Ausbaustufe verfügt das Gerät über drei Bildspeicher mit einer Kapazität von 512×512 Bildpunkten mit einer Tiefe von 8 Bit (= 1 Byte \triangleq 256 Grauwerte). Ein zusätzlicher Speicher derselben Größe und einer Tiefe von 4 Bit dient den graphischen Arbeiten (Graphic Overlay). Für die Speicherung von alphanumerischer Information steht ein weiterer Speicher (Annotation Overlay) zur Verfügung. Da wir im Zuge unserer Arbeiten ausschließlich SW-Bilder behandelten, konnten wir jeweils ein Bild einem Bildspeicher zuweisen:

- Bildspeicher 0 (BS0) – Ausgangsbild (z. B. Fassadenelement)
- Bildspeicher 1 (BS1) – Arbeitsbild
- Bildspeicher 2 (BS2) – Resultatbild (z. B. Plan mit Hintergrundtextur)
- Graphic Overlay (GO) – Maskendarstellungen

Die graphische Darstellung des Bildspeicherinhaltes erfolgte auf einem Farbmonitorschirm der Fa. BARCO.

Zur Herstellung von Hardcopies stand uns eine Matrixkamera der Fa. Honeywell zur Verfügung, mit welcher der Bildschirminhalt direkt auf eine photographische Schicht gebracht werden kann (Digital/Analogwandlung). Sämtliche in diesem Kapitel angeführten Hardwareelemente wurden uns dankenswerterweise vom IPCG zur Verfügung gestellt.

4.2. Verwendete Software

Für die Fassadenkonstruktion bzw. -einpassung wurden folgende drei Programmsysteme benötigt, wobei die ersten beiden bereits am IPCG vorhanden waren:

– Die zum Hardwaresystem DANZA IP 6400 zugehörige Software „DEANZA“, mit welcher hauptsächlich Funktionen des Datentransfers, der Beschriftung und der Verwaltung des Bildspeichers durchgeführt wurden.

– Das Programmsystem „DIBAG“ (Digitale Bildauswertung Graz) des IPCG, welches das Einlesen der auf Magnetband gespeicherten Bilddaten in den Zentralspeicher und das Bestimmen der Grauwerte des Resultatbildes aus jenen des Ausgangsbildes ermöglicht.

– Eigene Programme, darunter das Hauptprogramm „DIGFAS“, welches der Organisation des Verfahrensablaufes dient. Die Kommunikation mit dem Benutzer erfolgt in diesem menügesteuerten Programm interaktiv. Weitere eigene Softwareentwicklungen betreffen die Verwaltung des Fassadenkataloges und die Berechnung der Transformationsdaten.

4.3. Vorbereitende Arbeiten

Als Grundlage für die Auswahl der einzelnen Fassadenelemente sollte ein sogenannter Fassadenkatalog dienen, aus welchem der Benutzer das am meisten seinen Vorstellungen entsprechende Detail (Fenster, Türen, Verputz- und Dachtextur u. ä. m.) auswählen kann. Zur Erstellung dieses Kataloges mußten folgende Arbeitsschritte durchgeführt werden:

– Auskopierung der Fenster und Türen aus den fotografierten und anschließend digitalisierten Bildern.

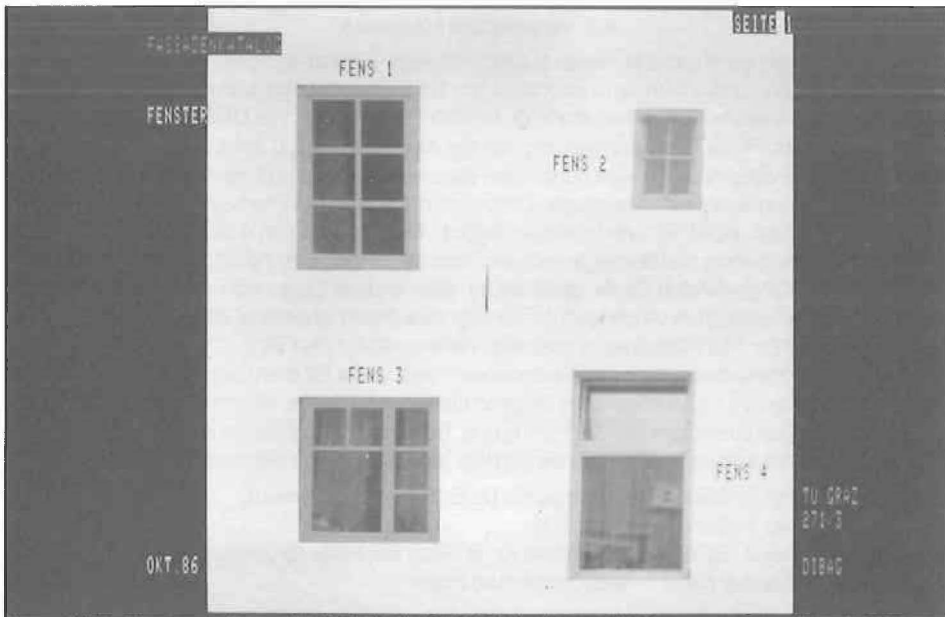


Abb. 3

- Invertierung der Grauwerte (Positivherstellung).
- Orthobildherstellung der Fenster und Türen durch eine rechnerische Entzerrung mittels der 4 Eckpunkte. Diese Transformation (kollineare Abbildung einer Ebene) erfolgte nach der sogenannten „Indirekten Methode“. Dabei werden für die (ganzzahligen) Bildelementkoordinaten des Orthobildes die zugehörigen (reellen) Koordinatenwerte des Ausgangsbildes errechnet. Die Grauwertinterpolation selbst erfolgt wegen der geringen Verzerrungen nach der „Nächste Nachbar“-Methode, wobei dem Bildelement des Resultatbildes der Grauwert desjenigen Pixels zugewiesen wird, welches den errechneten Ausgangsbildkoordinaten am nächsten liegt.
- Auskopieren von Dach- und Hintergrundtexturen.
- Vergrößern des Texturbereiches durch Spiegelung um x- bzw. y-Achse zur Vermeidung von Grauwertsprüngen.
- Zusammenkopieren der einzelnen Fassadenelemente auf Fassadenkatalogseiten (Abb. 3).

4.4 Fassadenmontage

Nach dem Laden der Planunterlage in BS2 und der Auswahl und Abspeicherung einer Hintergrundtextur in BSO konnte mit dem Auffüllen der Hintergrundtextur begonnen werden. Das Programm verlangt dabei die Registrierung desjenigen Polygons mittels eines Cursors und eines Joysticks, welches eine einheitliche Textur umschließt. Dieses umschließende Polygon wird zur Bildung einer sogenannten Maske herangezogen, wie die Fläche innerhalb des Polygons bezeichnet wird. Der nun unter der Maske liegende Teil der Hintergrundtextur (BSO) wird in das Resultatbild kopiert (BS2), wobei die Planlinien erhalten bleiben (Abb. 4). Die Konstruktion der Dachtextur geschieht auf die gleiche Art und Weise, wobei jedoch auf Grund der Neigung des Daches vor dem Durchkopieren eine perspektive Verzerrung der Dachtextur erfolgen muß. Als nächster Abschnitt der Fassadenkonstruktion kann der Benutzer verschiedene Fenster, Türen, aber auch Außenmauerverzerrungen u. ä. m. in die Hintergrundtextur einfügen. Zu diesem Zweck ist das entsprechende Fassadenelement mit Hilfe der Beziehungen für die kollineare Abbildung

$$X' = \frac{A \cdot X + B \cdot Y + C}{G \cdot X + H \cdot Y + 1}$$

$$Y' = \frac{D \cdot X + E \cdot Y + F}{G \cdot X + H \cdot Y + 1}$$

Umkehrung:

$$X = \frac{X' \cdot (E - F \cdot H) + Y' \cdot (C \cdot H - B) + (B \cdot F - C \cdot E)}{X' \cdot (D \cdot H - E \cdot G) + (B \cdot G - A \cdot H) + (A \cdot E - B \cdot D)}$$

$$Y = \frac{X' \cdot (D - F \cdot G) + Y' \cdot (C \cdot G - A) + (A \cdot F - C \cdot D)}{X' \cdot (E \cdot G - D \cdot H) + (A \cdot H - B \cdot G) + (B \cdot D - A \cdot E)}$$

- X, Y: Bildkoordinaten des Fassadenelementes im Fassadenkatalog
- X', Y': Bildkoordinaten des Fassadenelementes im Plan
- A, . . . H: Transformationsparameter

in den vorgesehenen Bildbereich zu transformieren.

Die Transformationsparameter können durch die im Plan mittels Joystick und Cursor gemessenen Bildkoordinaten und den aus dem Fassadenkatalog bekannten Koordinaten der 4 Eckpunkte errechnet werden. Bei mehr als 4 Paßpunkten können die Parameter mittels einer Ausgleichung nach kleinsten Quadraten bestimmt werden. Die Zuweisung der Grauwerte

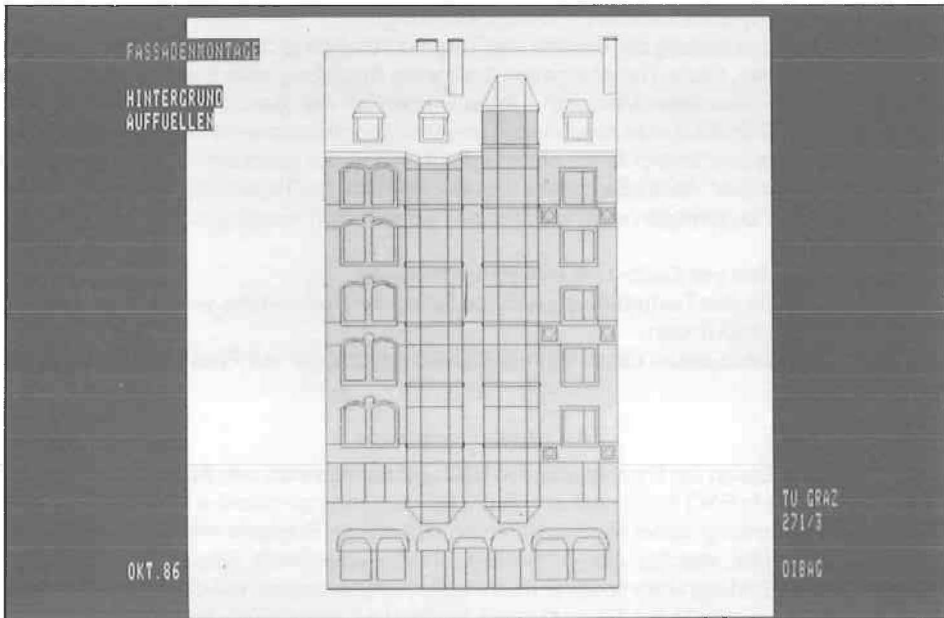


Abb. 4

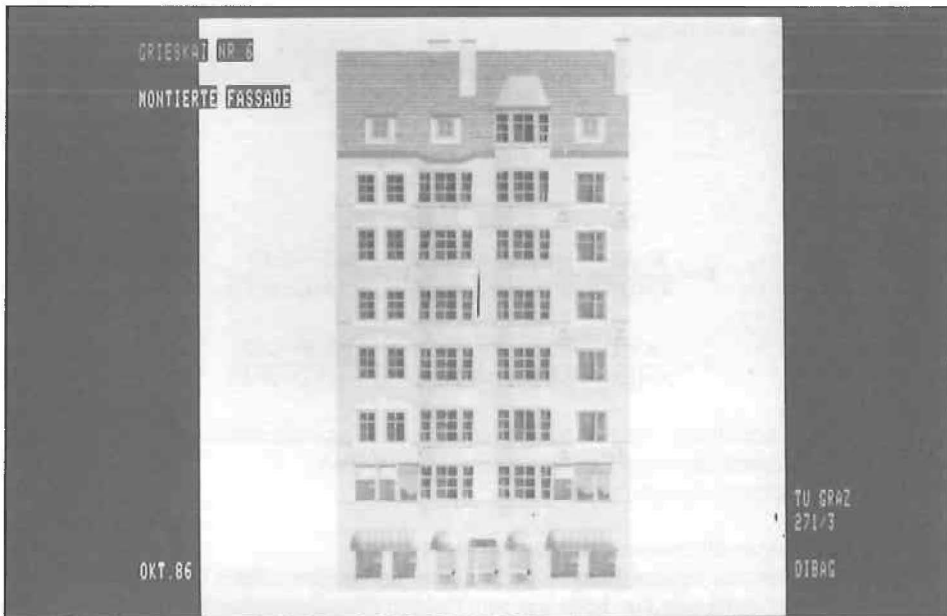


Abb. 5

(Resampling) erfolgte in diesem Fall nach der bilinearen Methode, wobei wir für Folgeprojekte eine kantenerhaltende Interpolationsmethode vorziehen würden. Die Einpassung der Fassadenelemente erfolgt interaktiv, wobei das entstehende Fassadenbild am Monitor laufend beurteilt werden kann.

Der Zeitaufwand für die Fassadenkonstruktion betrug 4 Stunden. Abbildung 5 zeigt die von der Altstadtsachverständigenkommission bevorzugte Fassade, in welche lokale Schattierungen eingefügt wurden, um einen gewissen Raumeindruck zu erwirken.

5. Einbindung der konstruierten Fassade in das architektonische Ensemble

5.1 Verzerrung der Fassade in die Straßenansicht

Obwohl die Aufrißdarstellung bereits einen guten bildhaften Eindruck von dem zu bauenden Objekt vermittelt, sollte die Fassade auch gemeinsam mit ihrer zukünftigen Umgebung betrachtet werden können. Verschiedene Straßenansichten sollen die Vorstellungskraft über das Aussehen des neuen Gebäudes im Zusammenwirken mit der schon bestehenden Umgebung verstärken. Dazu muß eine kollineare Abbildung der konstruierten Fassade in die Bildebene der photographischen und anschließend digitalisierten Straßenansichten durchgeführt werden. Die Objektkoordinaten der Fassade wurden aus den Plangrundlagen in einem lokalen System erfaßt. Die äußere Orientierung für die Transformation wurde geodätisch eingemessen, die innere Orientierung (Brennweite der Kamera, Bildhauptpunkt) ist ausreichend genau bekannt.

Die Transformationsgleichungen entsprechen den in der terrestrischen Photogrammetrie verwendeten und lauten folgendermaßen:

$$x = x_0 + (-c) \cdot \frac{(X-X_0) \cdot i_1 + (Y-Y_0) \cdot i_2 + (Z-Z_0) \cdot i_3}{(X-X_0) \cdot k_1 + (Y-Y_0) \cdot k_2 + (Z-Z_0) \cdot k_3}$$

$$y = y_0 + (-c) \cdot \frac{(X-X_0) \cdot j_1 + (Y-Y_0) \cdot j_2 + (Z-Z_0) \cdot j_3}{(X-X_0) \cdot k_1 + (Y-Y_0) \cdot k_2 + (Z-Z_0) \cdot k_3}$$

Umkehrung:

$$X = X_0 + (Z-Z_0) \cdot \frac{(x-x_0) \cdot i_1 + (y-y_0) \cdot j_1 - c \cdot k_1}{(x-x_0) \cdot i_3 + (y-y_0) \cdot j_3 - c \cdot k_3}$$

$$Y = Y_0 + (Z-Z_0) \cdot \frac{(x-x_0) \cdot i_2 + (y-y_0) \cdot j_2 - c \cdot k_2}{(x-x_0) \cdot i_3 + (y-y_0) \cdot j_3 - c \cdot k_3}$$

- x, y: Bildkoordinaten (Straßenansicht)
- X, Y: Fassadenkoordinaten im lokalen System
- x₀, y₀, c: Elemente der inneren Orientierung
- i₁, i₂, . . . k₃: Elemente der Drehmatrix in Funktion der Winkel α (Stehachse), ν (Kippachse) und κ (Zielachse)
- X₀, Y₀, Z₀: Koordinaten des Aufnahmesystems im lokalen System

Die Verzerrung in die Straßenansicht erfolgt ebenenweise, wobei die dem Aufnahmesystem näher gelegenen Ebenen zeitlich später montiert werden müssen, um eine richtige Sichtbarkeit zu erhalten. Das Ergebnis der Fassadenverzerrung (ohne Dach) ist in Abb. 6 ersichtlich, wobei die Fassade in mehrere Teilebenen zerlegt wurde. Der zeitliche Aufwand für die Verzerrung der Fassade in die Straßenansicht betrug 2 Stunden/Bild.



Abb. 6



Abb. 7



Abb. 8



Abb. 9

5.2 Bildverbesserung

Das nach der Verzerrung erhaltene Ergebnisbild vermittelt noch keinen homogenen Eindruck. Unterschiedliche Kontraste zwischen dem Straßenansichtsbild und der montierten Fassade, zu stark ausgeprägte Abgrenzungen an den Übergängen zwischen Alt- und Neube-stand, von der Fassade abgedeckte Bäume, welche normalerweise vor der Fassadenebene liegen, sowie am Eingangsbild vorhandene Elemente (z. B. Kran) störten den Gesamtein-druck. Bildverarbeitungsrou-tinen, wie lokales oder globales Glätten durch Mittelwertfilter (Abschwächen der Kanten), Look-Up-Tabellen (LUT) (Kontraständerung im Bild), Maskener-stellung und logische Verknüpfungen zwischen einzelnen Bildspeichern ermöglichen letz-tendlich das photoähnliche Ergebnisbild (Abb. 7). Die Abbildungen 8 und 9 zeigen den Straßenabschnitt Grieskai 6 aus der Sicht eines Passanten vor und nach der Fassaden-einpassung.

6. Abschließende Bemerkungen

Die Beurteilung des Resultatbildes hinsichtlich der gestellten Anforderungen darf als durchaus zufriedenstellend bezeichnet werden, da die synthetisierten Ansichten einen nahezu natürlichen Eindruck des zukünftigen Ensembles vermitteln. Der beschriebene Ver-fahrensablauf ist natürlich durch die in Graz zur Verfügung stehende Hardware bestimmt. Die Digitalisierung von Fassaden und Fassadenelementen könnte mittels CCD-Kameras erfol-gen, welche direkt digitalisierte Bilder liefern, und so einen zeitraubenden Zwischenschritt ein-sparen. Für die Verarbeitung der Bilddaten kann heutzutage bereits ein um Bildverarbeitungs-platinen erweiterter Personalcomputer (in der Leistungsstärke eines IBM-AT) herangezogen werden.

Im Hinblick der letztgenannten Gesichtspunkte ist es durchaus vorstellbar, daß die Fas-sadeneinpassung mittels digitaler Bildverarbeitungsmethoden vielleicht schon in naher Zukunft ein wichtiges Hilfsmittel zur Konstruktion und Analyse von Architekturobjekten dar-stellt.

Literatur

- Anderluh, W.* (1981): Perspektive Zeichnungen eben begrenzter Objekte mit Berücksichtigung der verdeckten Linien; Diplomarbeit ausgeführt am Institut für Photogrammetrie der TU Wien.
- Brandstätter, G.* (1986): Photogrammetrie und Fernerkundung; Manuskript zur gleichnamigen Vorlesung an der TU Graz.
- Ehlers, M.* (1984): Digitale Bildverarbeitung; Bericht des Institutes für Photogrammetrie und Inge-nieurvermessung, Hannover.
- Grünzweil, H.* (1986): Perspektive Fassadenkonstruktion in gegebenen architektonischen Ensem-bles mit Hilfe der digitalen Bildverarbeitung; Diplomarbeit ausgeführt an der Abt. f. Photogrammetrie und Fernerkundung der TU Graz.
- Jordan – Eggert – Kneissl,* (1972): Handbuch der Vermessungskunde; Band III / Photogramme-trie (Rinner/Burckhardt); J. B. Metzlersche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- Kraus, K.* (1982): Photogrammetrie, Band 1, Ferd. Dümmlers Verlag, Bonn.
- Kraus, K.* (1984): Photogrammetrie, Band 2, Ferd. Dümmlers Verlag, Bonn.
- Ranzinger, H., Leberl, F.* (1984): Verfahren der Vorverarbeitung und Analyse synergetischer Datensätze aus der Fernerkundung; DIBAG-Bericht Nr. 14.

Manuskript eingelangt im August 1987.