

Nach den allgemeinen Ausführungen zu Grundlagen und Methoden der digitalen Bildverarbeitung folgt nun die Vorstellung der zugehörigen Programme und der Erfahrungen mit der digitalen Bildverarbeitung in der Architektur. Anhand konkreter Beispiele wird dabei die Wirkung bildverarbeitender Operatoren auf Architektur fotografien erläutert werden.

# Digitale Bildverarbeitung

## Erfahrungsbericht zum Einsatz elementarer computerunterstützter Techniken der Bildverarbeitung in der Architektur

(Teil 2)

**A**ls Anwendung bildverarbeitender Techniken im Bauwesen kann die im folgenden vorgestellte Arbeit zum Bereich der Architekturtheorie gezählt werden. Dort gibt es eine Reihe von Literatur, in der, durchaus vergleichbar, Wahrnehmung von Architekturgestalt beschrieben wird. Um ein gewisses Maß an Abstraktion zu erreichen, werden komplexe räumliche Situationen auf einfache bauliche Zusammenhänge reduziert. Dabei bedienen sich die Autoren unterschiedlicher Methoden, de-

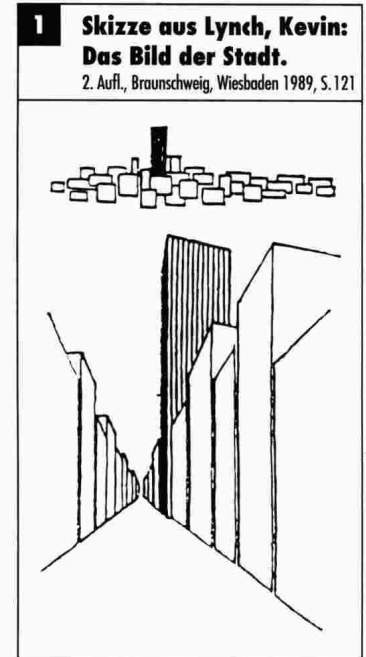
ren Ergebnisse meist einfache (Abb. 1) mit klar formulierten Aussagen sind oder, wenn das nicht möglich ist, umfangreicher textlicher Darstellungen. Gemeinsam ist allen Arbeiten, daß gebaute Räume von Menschen beobachtet werden. Unabhängig vom Ergebnis sind die Methoden subjektiv. Entsprechend schwierig ist der Versuch, Maßstäbe mit objektiven Kriterien zur Wertung von Architektur zu entwickeln.

Elektronische Datenverarbeitungsanlagen bieten die Möglichkeit, zumindest teilweise die subjektiven Betrachtungen durch objektive Verfahren zu ersetzen, so daß die Interpretation einer Architekturgestalt nicht ausschließlich auf menschlicher Wahrnehmung basieren muß. Zudem könnten mit Methoden der digitalen Bildverarbeitung Kenntnisse gewonnen werden, die, weil das rechnerische Verarbeiten großer Datenmengen nicht der visuellen Wahrnehmung entspricht, anders kaum zu erlangen sind.

### Aufgabenstellung

Die Aufgabenstellung ist sehr allgemein formuliert. Um den Aufgabenkreis einzugrenzen, wurden drei Dortmunder Gebäu-

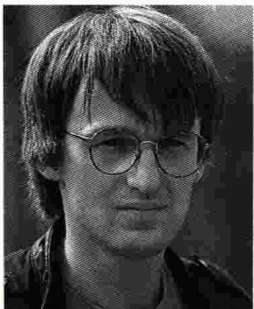
de benannt: ein Bürogebäude in der Victoriastraße, das Verwaltungsgebäude der Hoesch-Export AG am Südwall und die Hauptverwaltung der VEW am Westfalendamm. Allen Gebäuden gemeinsam ist eine gestirte Vorhangsfassade aus Glas oder Metall, die im Relief nicht besonders gegliedert ist. Unterschiedliche Wirkungen zeigen sich vor allem durch die Behandlung der Oberfläche und der Konstruktion. Von den Fassaden wurden, um Zufälligkeiten in der Bearbeitung auszuschließen, von verschiedenen Standpunk-



ten zu unterschiedlichen Tageszeiten Aufnahmen gemacht. Weitere Einschränkungen ergaben sich naturgemäß durch die Randbedingungen der verwendeten technischen Hilfsmittel.

### Hardware

Die Arbeit mit der digitalen Bildverarbeitung wird bestimmt von den enormen Datenmengen, die bewältigt werden müssen. Gearbeitet wurde deshalb auf einer Apollo DN 3500 mit einer Rechenleistung von 8 Mips (million



#### DER AUTOR

Dipl.-Ing. Werner Lonsing, Jahrgang 1962, Studium der Kunstgeschichte und Architektur, 1990 Diplom an der FH Dortmund, Mitarbeit an Forschungsprojekten der FH Dortmund und TH Darmstadt, seit 1992 in Berlin.

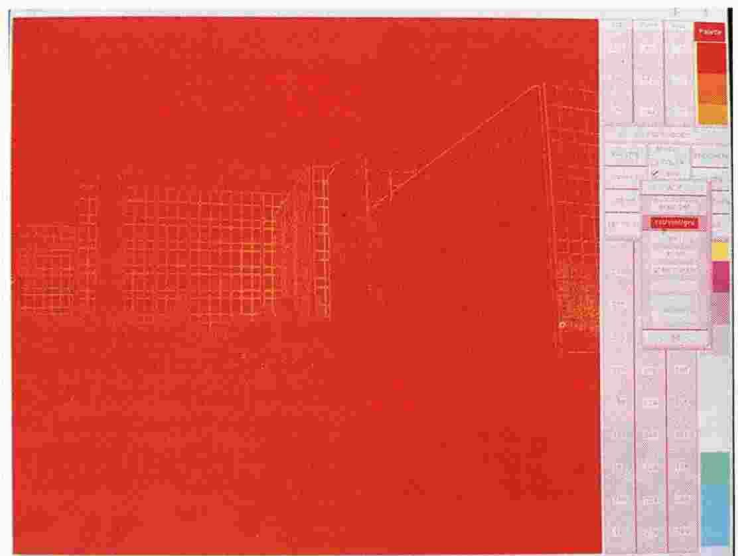


Abb. 2: Benutzeroberfläche des Programms zur Manipulation der Bildschirmfarben



### 3 Einfacher lokaler Operator zur Kantendetektion in 4er-Nachbarschaft

		1/4	
1/4	-1	1/4	
		1/4	

instructions per second), 8-MB-Hauptspeicher und einer 150-MB-Festplatte. Der Rechner war »multi-task«-fähig, d. h., es konnten mehrere Programme gleichzeitig laufen. Die Ausgabe erfolgte auf einem 19-Zoll-Farbmonitor mit 1024 × 800 Punkten, auf dem 16 von 4096 möglichen Farben gleichzeitig dargestellt werden konnten, das entspricht 4 Bit je Pixel.

## Digitalisierung

Digitalisiert wurde mit einem einfachen Flachbettscanner, der 16 Graustufen mit einer Auflösung von maximal 600 dpi realisieren konnte. Weil eine andere Treibersoftware nicht zur Verfügung stand, mußte der Scanner an einen 386er PC mit einem kleinen 12-Zoll-Farbmonitor angeschlossen werden. Dort wurde das Bild so grob gerastert dargestellt, daß eine Kontrolle der Eingabe am Gerät unmöglich war. Darüber hinaus machte diese Konfiguration einen umständlichen Datentransfer über die serielle Schnittstelle notwendig.

Erster Schritt der Digitalisierung war das Herstellen der fotografischen Vorlagen. Um möglichst umfangreiche Daten zu erhalten, wurde mit einer Mittelformatkamera (6 × 7) fotografiert und große Abzüge gemacht. Es zeigte sich jedoch rasch, daß die anfallenden Datenmengen zu groß waren. Die endgültigen Fotovorlagen waren mit Rand 18 × 24 cm groß und wurden mit einer verminderten

Auflösung von 150 dpi gescannt. Damit wurden ungefähr 1240 × 970 Pixel je Bild erzeugt, das entspricht einer Datei von etwa 1,2 MB.

Um auf der Workstation die Bilddateien in abbildbare »bit-maps« zu konvertieren, war ein eigenes Programm erforderlich. Die Daten des Scanners werden im TIFF (Tag Image File Format) abgelegt. Wichtigster Informationsbestandteil ist der »TIFF-header«. In ihm stehen die Lesrichtung der abgespeicherten Daten und die Anzahl der Einträge. In den Einträgen werden neben den eigentlichen Bilddaten diverse andere Informationen, z. B. Anzahl der Zeilen und der Spalten und die Bittiefe, abgespeichert, um die Bilder interpretieren zu können. Die Lesrichtung bestimmt, ob die gesamte Datei von vorn oder von hinten gelesen werden muß. Üblicherweise werden die Pixelwerte von links nach rechts und von oben nach unten abgespeichert. Rechner mit Intel-Prozessoren speichern die Bilddaten jedoch byteweise gegen die konventionelle Richtung ab. Sind die Pixelwerte kleiner als ein Byte, wie in dem hier beschriebenen Fall, wird innerhalb eines Bytes weiterhin normal abgespeichert. Die Analyse eines solchen For-

mats erfordert viel Aufwand, zumal dann, wenn die Unterstützung, die das TIFF mit seinen Einträgen anbietet, nicht ausgenutzt wird.

## Manipulation der Bildschirmfarben

Ein weiteres Programm wurde geschrieben, um die Bildschirmfarben zu manipulieren. Das Digitalisieren mit einem Scanner, dessen 16 Graustufen eigentlich das untere Ende der Leistungskala markieren, erwies sich als Vorteil, denn so konnte jeder Grauwert des Bildes durch einen Farbkanal des Rechners repräsentiert werden. Damit war ein Instrument vorhanden, mit dem die Bildinhalte mit Falschfarben so übersichtlich wie mit einem LUT (look up table) untersucht werden konnten. Das Programm wurde mit einer grafischen Benutzeroberfläche versehen (Abb. 2).

## Bildverarbeitung

Schließlich mußte ein Programm geschrieben werden, in dem Algorithmen der digitalen Bildverarbeitung so ausformuliert sind,

### 4 Quelltextauszug eines morphologischen Operators

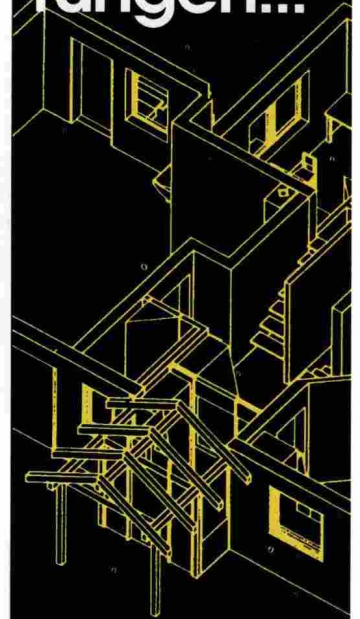
(p-mem und p-btm zeigen auf die Rasterpunkte des Quell- bzw. Zielbildes mit der Zeilenlänge x-bm, xs und ys bezeichnen Weite und Höhe des Ausschnittes)

```

case 12: /* Dilatation */
    printf(" Dilatation\n");
    for(i=0; i < ys; i++)
        for(j=0; j < xs; j++, p_mem++, p_btm++)
            {wert = *p_mem;
            if(i)
                wert = *(p_mem - x_bm) || wert;
            if(i != ys)
                wert = *(p_mem + x_bm) || wert;
            if(j)
                { wert = *(p_mem - 1) || wert;
                if(i)
                    wert = *(p_mem - x_bm - 1) || wert;
                    if(i != ys)
                        wert = *(p_mem + x_bm - 1) || wert;
                };
            if(j != xs)
                { wert = *(p_mem + 1) || wert;
                if(i)
                    wert = *(p_mem - x_bm + 1) || wert;
                    if(i != ys)
                        wert = *(p_mem + x_bm + 1) || wert;
                };
            *p_btm = wert;
            };
    p_btm += (x_bm - xs);
    p_mem += (x_bm - xs);
};
break;

```

# Die Praxis stellt hohe Anforderungen...



## ProCad

Das CAD-System für Architekten und Ingenieure. 3D-Grafik mit Grundrissen, Ansichten, Schnitten und Perspektiven; Positionspläne mit Positionsverwaltung. Mattenbewehrung für beliebige Flächen; 3D-Rundstahlbewehrung für Platten; Balken und beliebige Bauteile; intelligente Bewehrungsmacros.

Besuchen Sie uns:

ACS Wiesbaden

26.11.-28.11.92

CeBit Hannover

24.03.-31.03.93



Software im Bauwesen GmbH  
Kopmanshof 69  
3250 Hameln  
Telefon 05151/900-0  
Fax 05151/900190

Geschäftsstellen in Essen,  
München und Kaiserslautern



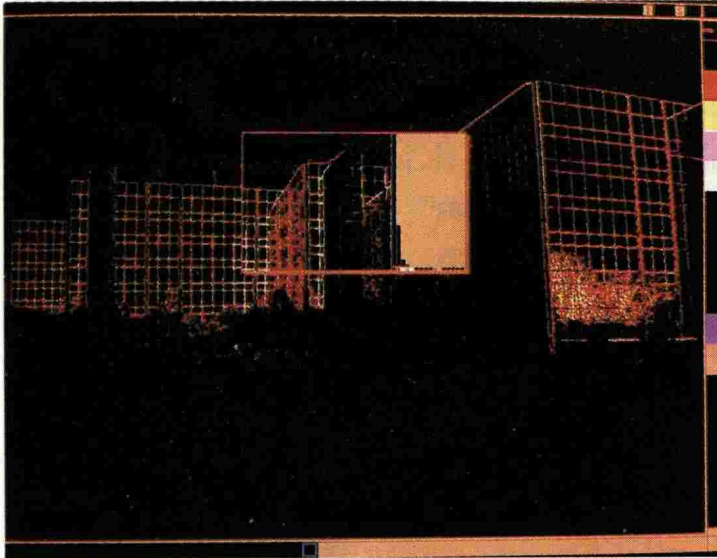


Abb. 5: Wirkung des einfachen Kantendetektors



Abb. 6: Wirkung des Kantendetektors in Kombination mit dem Laplace-Operator

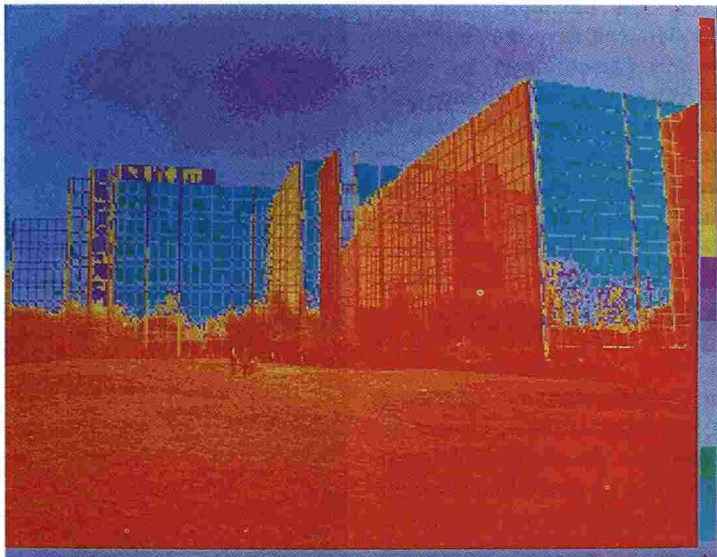


Abb. 7: Rasterung des Ausgangsbildes



Abb. 8: Wirkung der kombinierten Operatoren auf das gerasterte Bild



Abb. 9: Wirkung der kombinierten Operatoren auf das grobgerasterte Bild

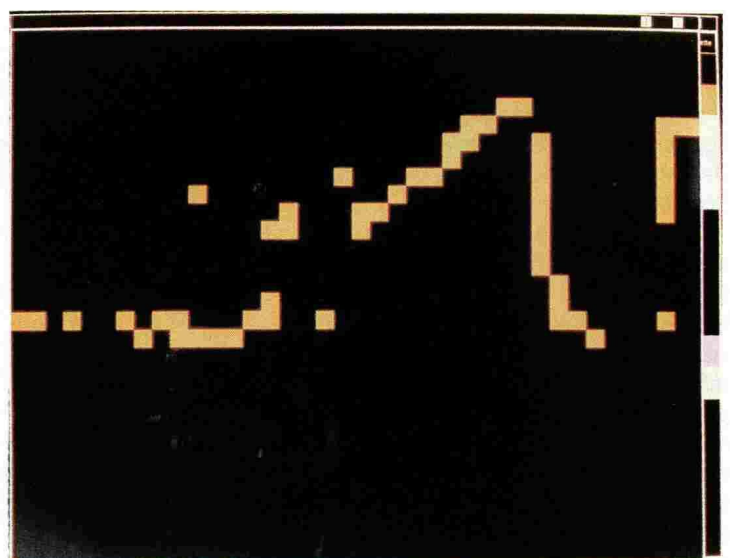


Abb. 10: Weitere Rasterung



daß ein Bild mit verschiedenen Operatoren bearbeitet werden kann. Die Anwendung kann wiederholt in beliebiger Reihenfolge erfolgen, aber auch rückgängig gemacht bzw. nicht wirksam werden. Zusätzlich können einige Informationen über das Bild abgefragt werden.

Es lag nahe, mit einer grafischen Benutzeroberfläche zu arbeiten, die zwar während der Programmierung mehr Aufwand erfordert, von der aber für die Ergebnisphase zu erwarten war, daß sinnvolle Verknüpfungen schneller ausfindig gemacht werden konnten. Kernstück des Programms ist eine Schleife, in der die Pixelwerte unter Verwendung der dort installierten Operatoren von einer Quelldatei in eine Ergebnisdatei zugewiesen werden. Um Verkettungen zu ermöglichen, kann anschließend die Quelldatei durch die Zieldatei ersetzt werden. Die Schleife kann von verschiedenen Stellen im Programm durch ein einfaches Pop-up-Menü (s. Abb. 12) aufgerufen werden, wobei beliebig große rechteckige Ausschnitte als Bearbeitungsfeld definiert werden können. Der Vorteil einer solchen Konstruktion liegt in der Trennung der bildverarbeitenden Funktionen von den übrigen Programmfunktionen sowie der Möglichkeit, weitere Operatoren einfach zu implementieren. Der Nachteil ist der doppelte Bedarf an Speicherplatz für die Bilddateien.

Zum Abfragen von Informationen ist eine Statistikfunktion eingebaut, mit der die Grauwerte eines Bildes ausgezählt und als Histogramm oder als Text dargestellt werden. Zum Testen von Operatoren im lokalen Bereich kann auf Mausclick ein Ausschnitt gewählt werden, dessen Histogramm sofort mit dargestellt wird.

Weitere Funktionen sind das Verschieben von Bildern im Fenster, eine einfache Farbsteuerung und die üblichen Dateifunktionen wie »Laden« und »Speichern« mit entsprechenden Optionen für die Grafikformate.



Abb. 11: Anwendung der Operatoren auf ein Bild der Victoriastraße. Damit die Konturen der abgebildeten Platanen nicht zu stark werden, ist nach dem Rastern auf den Laplace-Operator verzichtet worden.

## Wahl der Operatoren

Inhaltlich wurde der Schwerpunkt auf Bereiche der digitalen Bildverarbeitung gelegt, deren Operatoren ausreichend dokumentiert sind, also vor allem Kantendetektion und einfache Binarisierung. Darüber hinaus sollte ihre Wirkungsweise nachvollziehbar sein, und sie mußten einfach implementiert werden können. Eingesetzt werden deshalb im Programm von den lokalen Operatoren ein einfacher Kantendetektor in 4er- und 8er-Nachbarschaft (Abb. 3), der Laplace-Operator, der Mittelwertoperator und der horizontale Differenzoperator, von den Bereichsoperatoren das einfache Schwellwertverfahren, das Rastern und das Schwellwertverfahren im Raster, und von den morphologischen Operatoren Erosion und Dilatation (Abb. 4). Zusätzlich sind einige Punktoperatoren zur Ergebniskontrolle ausformuliert.

## Einsatz der Operatoren

Jeder Operator wurde zuerst einzeln (s. Teil 1) und dann in Kombination mit anderen Operatoren getestet.

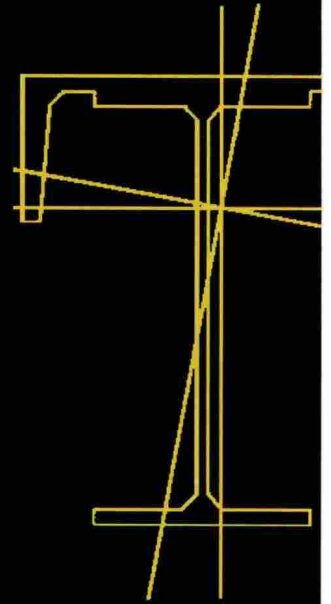
Der Kantendetektor, der nur Pixel mit Nachbarn unterschiedlicher Grauwerte abbildet, zeigt einzeln angewandt eine leicht konturbildende Wirkung. Beim Bild der VEW-Hauptverwaltung bilden sich die strukturierenden Rahmenprofile der Fassade deutlich ab, die Füllungen bleiben leer, wenn sich in ihnen nicht gerade Objekte im Gegenlicht reflektieren. Die umgebenden Flächen wie Rasen und Himmel zeigen nur schwache Kontraste. Insgesamt ist die Fassade deutlich erkennbar (Abb. 5).

Wenn vor diesem Operator der Laplace-Operator zur Kontraststeigerung angewandt wird, zeigt sich ein anderes Ergebnis: Rasen und Himmel zeigen deutliches Rauschen, die Fassade ist wesentlich kräftiger abgebildet, und teilweise sind in den Füllungen Details erkennbar, monotone Flächen bleiben weiterhin leer (Abb. 6).

Damit war eine erste sinnvolle Kombination von zwei Operatoren gefunden: Wenn die Konturen des Kantendetektors nicht deutlich genug sind, kann mit einem vorgeschalteten Laplace-Operator ein besseres Ergebnis erzielt werden.

Nächster Schritt war der Versuch, künstlich monotone Flächen zu erzeugen, die auch bei kombinierter Bearbeitung leer bleiben, um so gezielt größere Merkmale ausfindig zu machen. Dazu bot sich das Rastern an (Abb. 7). Nach dem Anwenden von Laplace-Operator und Kantendetektor zeigt sich, daß die strukturbildenden Elemente der Fassade betont bleiben, an besonderen Stellen der Konstruktion sogar noch verstärkt werden, das Rauschen der Abbildungsfläche pflanzlicher Objekte aber unterdrückt wird (Abb. 8). Mit einem größeren Raster (s. Teil 1, Abb. 11) werden noch mehr Detailinformationen unterdrückt, einzelne Strukturelemente der Fassade sind nicht mehr erkennbar, die wichtigsten Konturlinien lassen sich aber weiterhin verfolgen (Abb. 9). Nach nochmaligem Rastern erhält man fast eine durchgehende Linie vom linken Sockel des

# Auf die Statik kommt es an...



## BauStatik

Einfache Eingabe mit beliebigen Standardwerten, Texten und Grafik; Systeme und Ergebnisse werden wahlweise gezeichnet; mehrere Bauvorhaben werden verwaltet; Bewehrungspläne mit Datenübernahme; automatische Korrekturverfolgung bei Änderungen.

Besuchen Sie uns:  
ACS Wiesbaden  
26.11.-28.11.92  
CeBit Hannover  
24.03.-31.03.93



Software im Bauwesen GmbH  
Kopmanshof 69  
3250 Hameln  
Telefon 05151/900-0  
Fax 05151/900190

Geschäftsstellen in Essen,  
München und Kaiserslautern





Abb. 12: Ausgangsbild: Blick vom neuen Dortmunder Rathaus über den Stadtgarten zum Südwall mit dem Gebäude der Hoesch-Export AG

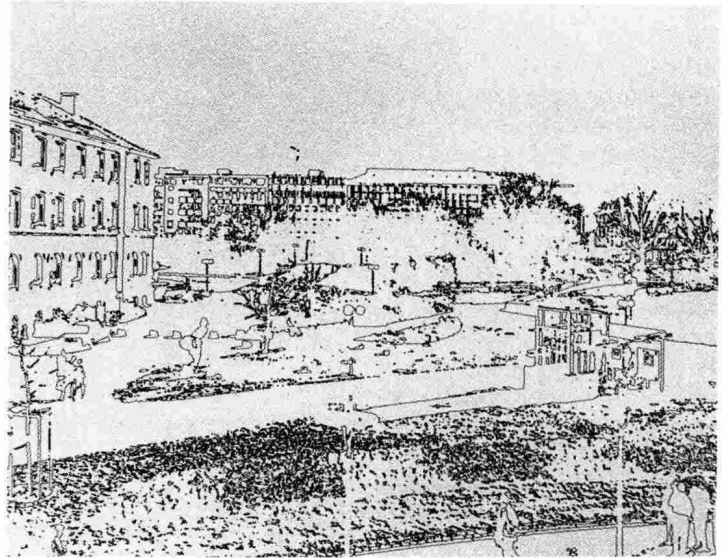


Abb. 13: Kantendetektion nach Schwellwertverfahren

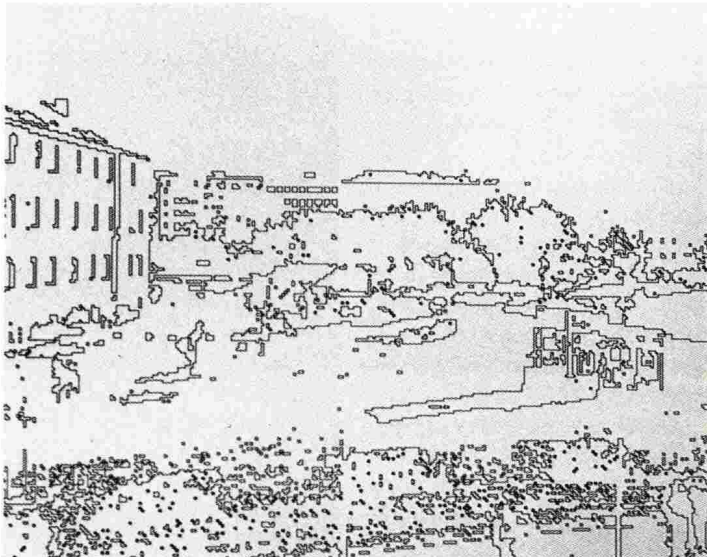


Abb. 14: Kantendetektion nach Rasterung und Schwellwertverfahren



Abb. 15: Anwendung des lokalen Schwellwertverfahrens mit feinem Raster: Alle Gestaltmerkmale sind erkennbar



Abb. 16: Lokales Schwellwertverfahren im groben Raster

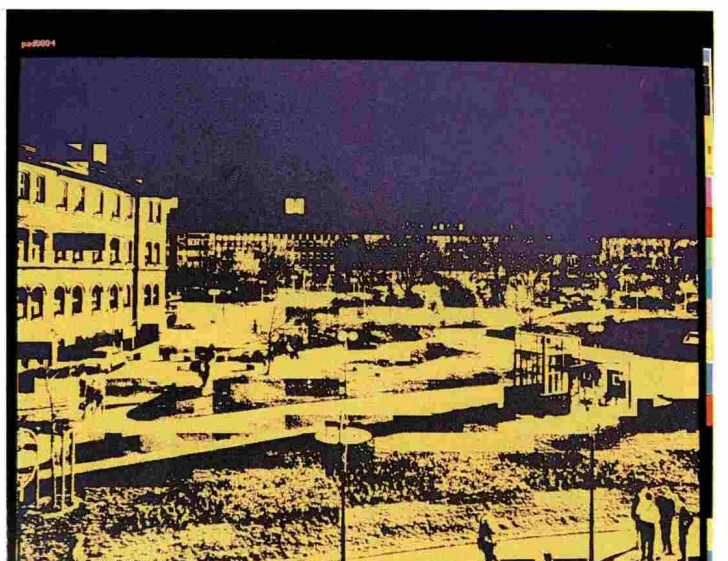
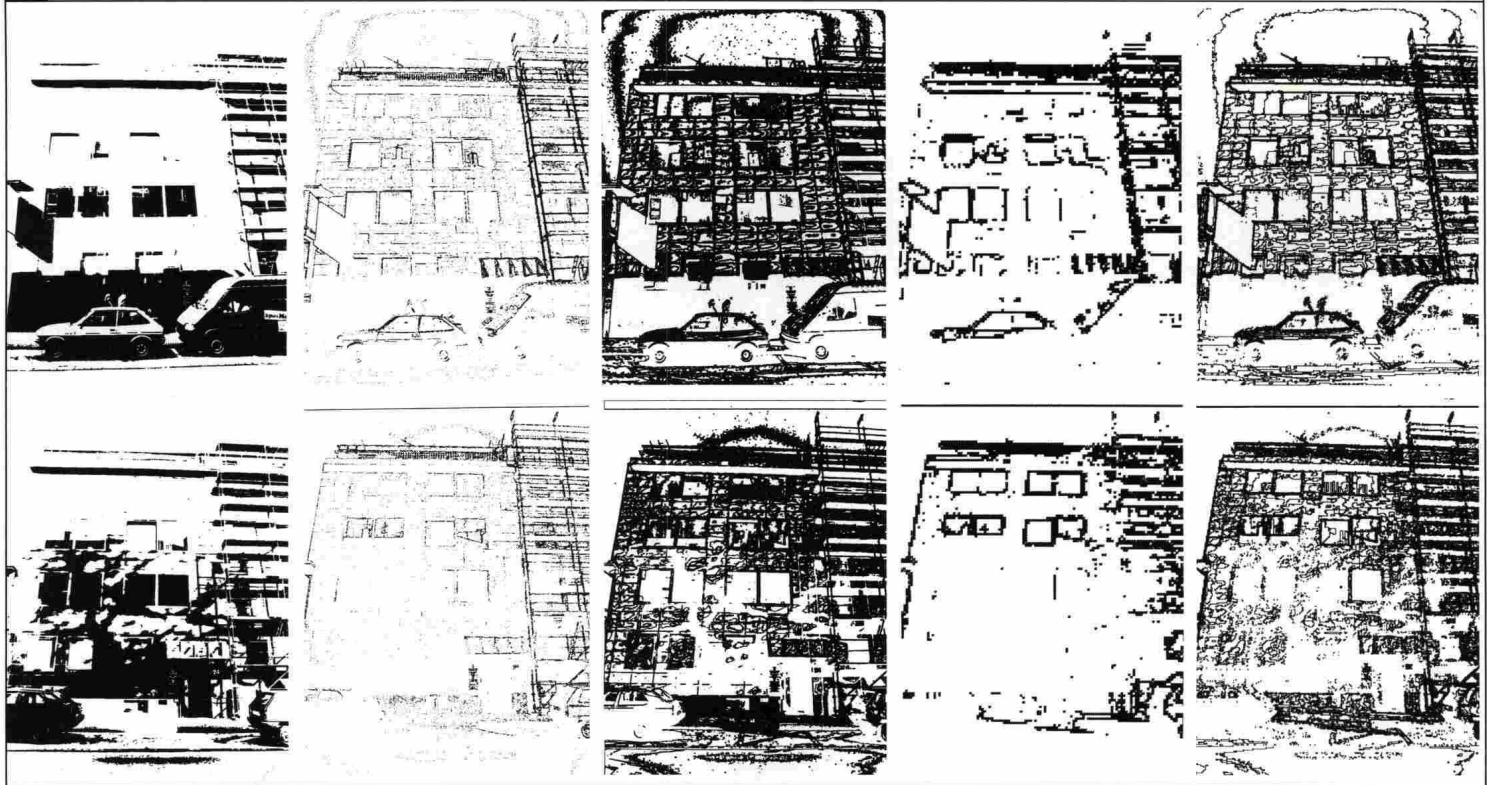


Abb. 17: Gleiche Anwendung wie Abb. 15: Wesentliche Merkmale sind nicht erkennbar



## 20 Serie Victoriastraße



theken der Workstation. Zudem hat sich gezeigt, daß die Techniken der digitalen Bildverarbeitung zur Bildmanipulation konventionellen fotografischen Techniken weit überlegen sind.

## Zusammenfassung

Die Arbeit mit Methoden der digitalen Bildverarbeitung wurde in Form eines Erfahrungsberichtes vorgestellt, weil die Ergebnisse wesentlich von den zur Verfügung stehenden technischen Hilfsmitteln und ihrer Handhabung beeinflußt waren. Vor allem die Beschränkung auf 16 Graustufen muß dabei genannt werden.

Gerade die technischen Hilfsmittel wurden zwischenzeitlich wesentlich verbessert und vor allem auch verbilligt, ein Hinweis darauf, daß die Bedeutung der digitalen Bildverarbeitung zunimmt. Ein Hinweis aber auch, daß die Fülle und Komplexität der hardwareseitig gebotenen Informationen mit geeigneter Software verarbeitet werden muß. Wären z. B. die Bilder far-

big gewesen, hätte sich nicht nur die Informationsmenge sechsfach, sondern auch das der Verarbeitung zugrundeliegende Modell wäre, als Farbraum, dreidimensional gewesen.

Die mit eindimensionalen Grauwertbildern gewonnenen Ergebnisse lassen erkennen, daß schon mit relativ bescheidenen Mitteln das computerunterstützte Bearbeiten von Architektur fotografien neue Formen der Beobachtung erschließen kann. Ebenso sind die so entstandenen grafischen Darstellungen an sich beachtenswert.

## Ausblick

Wenn man bedenkt, daß nur einfache Operatoren eingesetzt wurden, die kaum mehr als drei- oder vierfach kombiniert waren, zeigt das, daß die Möglichkeiten der digitalen Bildverarbeitung für die Architektur bei weitem noch nicht ausgeschöpft sind. Denkbar wäre z. B. die automatische Analyse stilbildender Merkmale als historische Indikatoren.

Wichtiger als spekulative Anwendungsvorschläge erscheint mir in diesem Zusammenhang die Überlegung, welchen Stellenwert automatische Prozesse der Informationsreduzierung und damit entstandene Abstraktionen haben können. Die hier erfolgte Untersuchung von Modellen der Wahrnehmungstheorie zeigt, daß Grauwertbilder, Schwellwertbildungen, Dilatationen usw. im Prozeß visuellen Erkennens eine wesentliche Rolle spielen. Die Parallelität von digitaler und visueller Bildverarbeitung wird damit evident.

Als Teil des kognitiven Apparates im Gehirn aber hat die visuelle Bildverarbeitung einen ganz anderen Stellenwert. Immer verbunden mit individuellen, erfahrungsabhängigen Selektionsprozessen ist sie ein wichtiges Bindeglied zwischen der rezeptiven Wahrnehmung und der Objekterkennung. Die digitale Bildverarbeitung ist dagegen weitgehend nicht integriert und bleibt auf menschliche Betrachtungen angewiesen.

Der Vergleich des computerunterstützt hergestellten Bildmaterials mit manuell hergestellten Skizzen zeigt die Unterschiede. Die mit bildverarbeitenden Mitteln gewonnenen, abstrahierenden Darstellungen lösen sich von den subjektiven Interpretationen des Betrachters und bereichern die Wahrnehmung unserer natürlichen oder artifiziellen Umwelt. Zwar kann von einem objektiven Verfahren, das

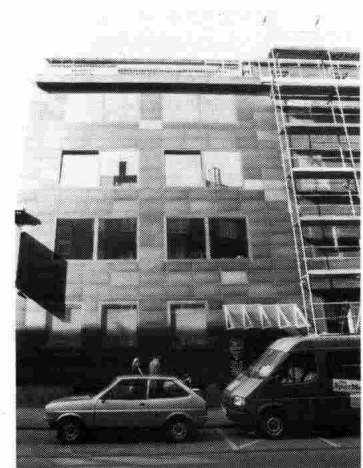


Abb. 21: Originalbild Victoriastraße, zu Abb. 20 oben.

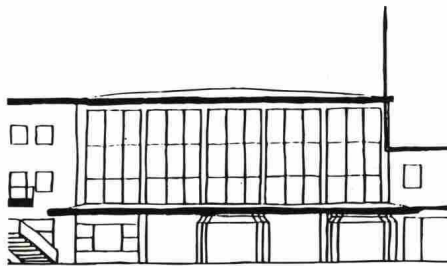


reproduzierbar Eigenschaften quantifiziert, noch keine Rede sein, aber die stattfindende Objektivierung bringt, trotz weiterhin subjektiver Betrachtungen, zusätzliche Erkenntnisse.

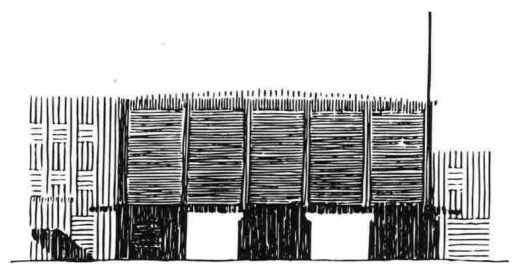
Manuelle Zeichnungen hingegen entstehen mit sehr viel Wissen und einigen darstellerischen Entscheidungen. Einige ihrer typischen Merkmale, wie z. B. dargestellte Kanten und nicht dargestellte Flächen, sind durch die Art der Wahrnehmung und der Vorstellung, aber auch durch die Wahl der Werkzeuge begründet. Deshalb erlaubt bei der manuellen Vorgehensweise nur das nicht abbildungstreue Darstellen von Flächen nach spezifizierenden Merkmalen eine Wertung der Abbildungsgegenstände (s. Teil 1, Abb. 1), die einfache Kantenzeichnung jedoch nur die Wertung der Zeichnung bzw. des Zeichners.

## 22 Südfassade Bahnhofsvorhalle

horizontale Gliederungsflächen



Relief und Transparenz



Die - gekonnte - Zeichnung des Architekten oder Ingenieurs macht in ihrer spezifischen Art und Weise, Sachverhalte auf wenige grafische Informationen zu komprimieren, das Zusammenspiel von Informationsreduzierung und Erfahrung deutlich. Der Verzicht auf dieses Zusammenspiel unter ausschließlicher In-

formationsreduzierung durch die digitale Bildverarbeitung und Elimination der Erfahrung kann zu neuen und zutreffenden Erkenntnissen führen.

### Literaturhinweise

Gardner, Howard: Dem Denken auf der Spur: Der Weg der Kognitionswissenschaft. Stuttgart 1989.

Keidel, Wolf-Dieter (Hrsg.): Kurzes Lehrbuch der Physiologie. 6. überarb. Auflage. Stuttgart 1985.

Lynch, Kevin: Das Bild der Stadt. 2. Auflage, Verlag Vieweg Braunschweig, Wiesbaden 1989.

Popper, Karl R., und Eccles, John C.: Das Ich und sein Gehirn. München 1982.

Schneider, Martina (Hrsg.): Information über Gestalt. Textbuch für Architekten und andere Leute. 2. Auflage Braunschweig, Wiesbaden 1986.

Anwenderfreundlich  
ausbaufähig  
zukunftsweisend –  
Qualitätssoftware für  
Profis am Bau

# PLAN

Architekten  
Bauverwaltungen  
Ingenieure

sds-Computer-Vertrieb  
GmbH  
Trierer Str. 21 a · 5568 Daun  
Tel.: (0 65 92) 5 59  
Fax: (0 65 92) 49 60



Wir laden ein: ACS '92, Wiesbaden, Halle 9, Stand 927

## abacus hat die integrierte Lösung von CAD bis FEM!

... leistungsfähige Software für:

CAD · GRUNDBAU  
STATIK · STAHLBAU  
STAHLBETON  
SPANNBETON · HOLZBAU  
AVA · TEXT  
BAUPHYSIK

... dazu die richtige Hardware:  
Vom preiswerten PC bis zur kompletten CAD-Anlage.

Sie sind interessiert?  
Wir informieren Sie gern!

Neu! Automatische Netzgenerierung für FEM-Berechnungen

Neu! Eurocode

Neu! CAD-Eingabe auch für Stabwerke

# abacus®

– damit Ihre Rechnung sicher aufgeht –

abacus computer gmbh  
Weilimdorfer Straße 47 · 7015 Korntal  
Telefon (07 11) 83 10 03  
Hamburg (0 40) 7 24 38 76  
Düsseldorf (02 03) 74 66 92  
Leipzig (03 41) 8 61 03 00

Wir stellen aus: ACS, Wiesbaden, Halle 3, Stand 300