

**Digitale Bildverarbeitung**

**Dezentrale Projekt-  
bearbeitung und Daten-  
kommunikation**

**Koprozessoren,  
Schnittstellen, Grafik-  
und Netzwerkkarten**

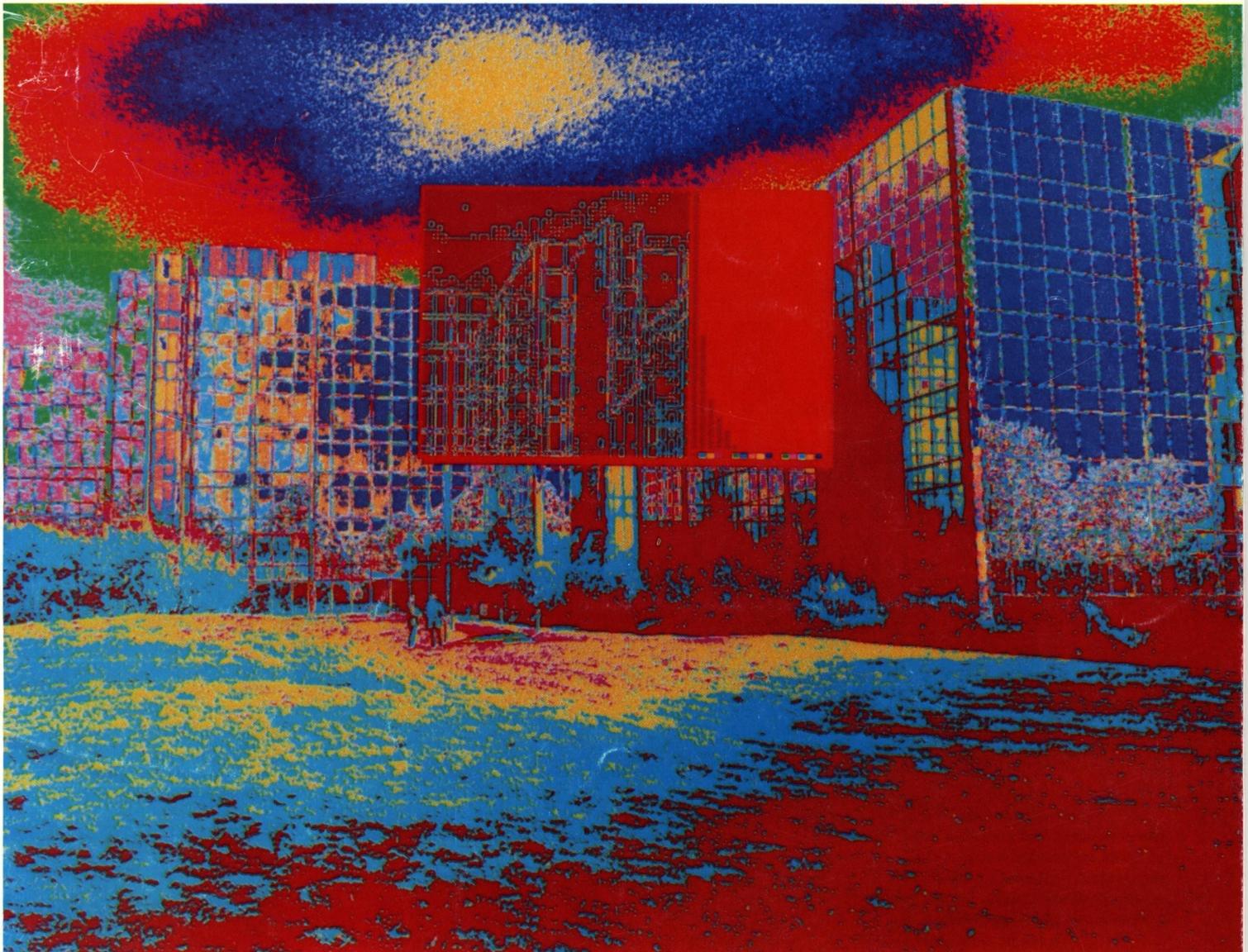
**Datenarchitektur für das  
Bauwesen**

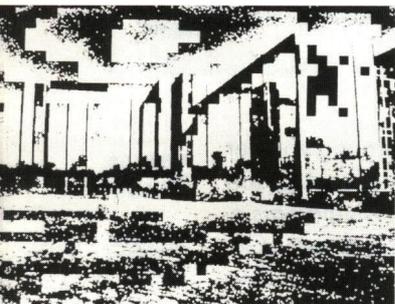
**Komfortables Pre- und  
Postprocessing bei der  
FEM-Berechnung**

# BAU

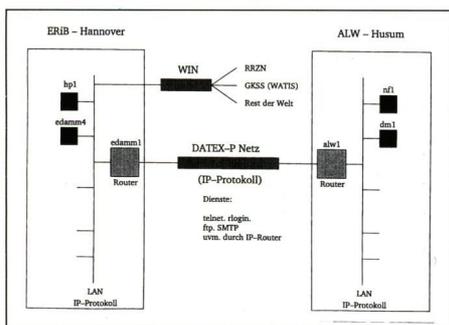
## INFORMATIK

PLANEN • BAUEN • INSTANDHALTEN



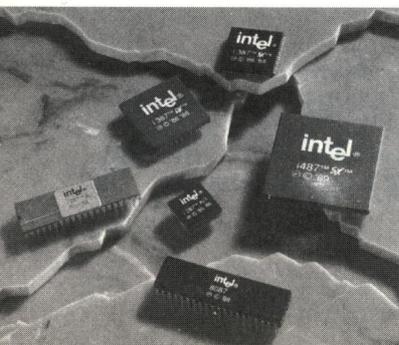


**188** Die digitale Bildverarbeitung ist eines der Gebiete der Informatik, das mit sinkenden Hardwarekosten zunehmendes Interesse gewinnt. Das computerunterstützte Bearbeiten visueller Informationen aus Rastergrafiken hat spezielle Techniken hervorgebracht, die gänzlich anders sind als die für die Datenverarbeitung im Bereich des Bauwesens bekannten. Der Autor beschreibt die Grundlagen und elementaren Techniken der digitalen Bildverarbeitung und skizziert ihre Anwendungsformen.



**195** Die Autoren beschreiben in ihrem Erfahrungsbericht die dezentrale Projektbearbeitung im Bereich des Küsteningenieurwesens zwischen dem Amt für Land- und Wasserwirtschaft Husum (ALW Husum) und dem Fachgebiet Elektronisches Rechnen im Bauwesen (ERiB) der Universität Hannover. Es werden die neuen Möglichkeiten bei der Projektbearbeitung und die damit verbundenen Vor- und Nachteile aufgezeigt.

**202** Der Autor beschreibt im dritten Teil dieser Artikelserie die Funktion und den Einsatz von Koprozessoren und gibt einen kurzen Abriss über parallele und serielle Schnittstellen. Dieser Artikel enthält eine Übersicht über die gängigsten Grafikkarten, und es werden verschiedene Netzwerkkarten und ihre Funktionsweise vorgestellt.



**SOFTWAREMARKT**

TSTCAD 2.0 für den Stahl- und Metallbau **182**  
 Planzeichenverordnung 1990 **182**  
 MICADO 5.1 – neue Version der 3-D-CAD-Software **184**  
 Kostenberechnung mit KOWA **184**  
 FOTOMASS 4.0 und SPIRIT zur Bestandserfassung **184**  
 ACAD-BAU 3.0 – Architekturzusatz verbessert **185**  
 OCTASOFT Version 1.9 für das Bauhandwerk **186**  
 AutoCAD-11-Portierung auf IBM RS6000 **186**

**HARDWAREMARKT**

Neuer A2-Tintenstrahlplotter JetPro V100 **186**  
 Schnurloses Menütablett zur Serie G6400 **187**

**FACHTHEMEN**

Werner Lonsing **188**  
**Digitale Bildverarbeitung**

Wolfgang Alm, Friedhelm Kück, Ulrich A. Winskowsky **195**  
**Dezentrale Projektbearbeitung und Datenkommunikation**

James Wiffen **202**  
**Koprozessoren, Schnittstellen, Grafik- und Netzwerkkarten**

Hans Kahlen **208**  
**Datenarchitektur für das Bauwesen**

Klaus Tompert **214**  
**Komfortables Pre- und Postprocessing bei der Berechnung räumlicher Stab- und Flächentragwerke**

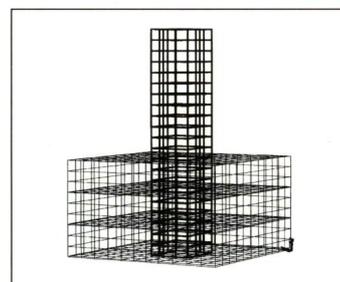
**RUBRIKEN**

EDITORIAL **180**  
 WEITERBILDUNG **219**  
 HOCHSCHULNACHRICHTEN **220**  
 VERANSTALTUNGEN **222**  
 IMPRESSUM **222**

**208** Dieser Beitrag über ein geplantes Forschungs- und Entwicklungsprojekt ist als Vision zukünftiger Ziele und Möglichkeiten, vielleicht aber auch Utopien, zu sehen. Dabei steht das relativ hohe Abstraktionsniveau dieser Darstellung nur in scheinbarem Widerspruch zum konkreten Praxisbezug: Der Autor leitet seine Zielvorstellungen aus über einem Jahrzehnt Erfahrungen erfolgreicher Tätigkeit als Architekt ab.



Das Titelbild zeigt die digitale Bearbeitung einer Fotografie der VEW-Hauptverwaltung in Dortmund. Der rechnerisch bearbeitete Ausschnitt mit Histogramm und die Falschfarbendarstellung wurden auf einer Workstation des Forschungsprojekts »Rechnerunterstützte Informationsverarbeitung im Hochbau« an der FH Dortmund erzeugt. (s. Beitrag Lonsing auf S. 188)



**214** Seinem Vortrag auf der CAD-/FEM-Tagung an der Universität Kaiserslautern im März 1992 entsprechend, beschreibt Klaus Tompert die Vorteile einer Integration von FEM-Berechnungen mit einer CAD-Aufbereitung der Ein-/Ausgabedaten und diskutiert die Anforderungen an die Anwender solcher Software.



»The medium is the message« ist die in den sechziger Jahren geprägte plakative Umschreibung der Erkenntnis, daß alle Überlieferung menschlichen Denkens und Tuns abhängig ist von den Medien, in denen wir kommunizieren. Unter dem Eindruck der neuen Informationstechniken bekam dieser Gedanke besondere Aktualität. Chips und Bytes beeinflussen viel stärker unser Verhalten, als wir vielleicht zulassen möchten. Aber unser täglicher praktischer Umgang mit der Technik wird das Ergebnis der stattfindenden Entwicklung darstellen.

Es gibt geschichtliche Parallelen, die eine Vorstellung von einer medialen Umwälzung vermitteln können. In seinem Buch »Schriftlichkeit« untersucht der Altphilologe E. A. Ha-

Die dadurch noch größere Entfernung von der Welt und ihrer sinnlichen Begreifbarkeit fördert intuitive Ablehnung und Mythologisierung. Um eine der Schriftlichkeit unserer Gesellschaft ähnliche Demokratisierung und eine entsprechende Unabhängigkeit von Maschinen und deren Experten zu erreichen, sollten wir uns der Beschäftigung mit den elementaren Fertigkeiten zur Handhabung der neuen Medien nicht entziehen.

Hier jedoch scheiden sich die Geister, insbesondere dann, wenn es um Dinge geht, die gern mit dem Schlagwort »Praxisorientierung« umschrieben werden. Unter Praxis ver-

## Papiertiger Praxis?

velock die Auswirkungen der Erfindung des griechischen Alphabets, einer informationstechnischen Revolution, die bis in die Gegenwart wirkt.

Im Unterschied zu anderen Schriftsystemen, die sinngeladene Sprachelemente symbolisieren, wird das Alphabet wesentlich dadurch gekennzeichnet, daß es Sprache in an sich sinnlose Elemente herunterbricht. Die Schreib- und Lesetechnik der Bewältigung eines solchen Systems ist nicht so selbstverständlich, wie es uns heute scheint. Die Möglichkeit, aus solchen Bruchstücken sinnvolle Inhalte zusammenzusetzen und wiederzuerkennen, ist tatsächlich frappierend.

Grundlage der Benutzung dieser Technik sind die elementaren Techniken des Lesens und Schreibens. Es bedarf keines weiteren Expertenwissens und keiner Interpretationskunst, Texte zu entziffern. Die Abbildung ist eindeutig und vollständig. Dadurch konnte die Teilnahme an der literarischen Produktion zum Allgemeingut werden. Die technologische Überlegenheit gegenüber anderen Kommunikationsformen führte schließlich dazu, daß Analphabetentum soziales Abseits bedeutet. Es ist für uns selbstverständlich, daß jeder lesen und auch schreiben lernt, auch dann, wenn er nicht beabsichtigt, jemals schriftstellerisch tätig zu werden.

Wir stehen vor einer ähnlich revolutionären Situation, freilich mit anderer technologischer Voraussetzung. Das bitweise Zusammenfügen und Entziffern von Informationen läßt sich nur noch mit Hilfe von Maschinen bewältigen.

steht man heute gerne die unmittelbare Umsetzung von Wissen in marktgeeignete Produktion. Als praxiskonform wollen manche nur zulassen, was sich ohne weiteren Aufwand reproduzieren läßt. Mit couragiertem Auftreten wird der Machtzuwachs demonstriert, den man glaubt mit möglichst teuren Maschinen und Programmen einkaufen zu können. Als »Bediener« seines Automaten gibt sich dieser Praktiker aber lediglich in die Abhängigkeit eines fremden Experten. Der Tiger ist aus Papier.

Damit ist nur eine Seite beschrieben. Die Erkenntnis, daß es in der Praxis keine normierbaren Probleme und damit auch keine normierten informationstechnischen Lösungen gibt, wächst mit zunehmender Erfahrung. Man lernt, daß es sich lohnt und auch möglich ist, seine informationstechnische Umgebung selbst zu formen. Namhafte Computerhersteller stellen sich bereits mit ihren Produkten auf eine Klientel ein, die nach individuellen Lösungsmöglichkeiten verlangt. Die Berge an Software, die sich aufgetürmt haben, geben immer weniger Antwort auf unsere differenzierter werdenden Fragestellungen.

Daß es auch im Bauwesen weder an Phantasie noch an Unternehmergeist fehlt, Neues zu probieren, zeigen die Diskussionen in der Bauinformatik und wiederum die Beiträge in diesem Heft.

Prof. Dipl.-Ing. Wulf Witte  
Herausgeber

Die digitale Bildverarbeitung ist eines der Gebiete der Informatik, das mit sinkenden Hardwarekosten zunehmendes Interesse gewinnt. Das computerunterstützte Bearbeiten visueller Informationen aus Rastergrafiken hat spezielle Techniken hervorgebracht, die gänzlich anders sind als die für die Datenverarbeitung im Bereich des Bauwesens bekannten. Der nachstehende Artikel beschreibt die Grundlagen und elementaren Techniken der digitalen Bildverarbeitung und skizziert ihre Anwendungsformen.

# Digitale Bildverarbeitung

## Der Einsatz elementarer computerunterstützter Techniken der Bildverarbeitung in der Architektur

(Teil 1)

Der Einsatz der EDV gehört mittlerweile in vielen Architekturbüros zu den Selbstverständlichkeiten des Planungsalltags. Der Schwerpunkt der eingesetzten Programme liegt dabei in den Bereichen AVA und CAD, als Hardware werden zu meist PC verwendet. Damit ist bereits in groben Zügen das Spektrum heutiger EDV-Anwendungen im Architekturbereich umrissen.

Bei der Bandbreite der Tätigkeiten, die das Berufsbild des Architekten vermittelt, und den Möglichkeiten der EDV sind

neue Entwicklungen auf anderen Aufgabengebieten zu erwarten. Bevor Programme als Neuheiten unreflektiert die Praxis der Büros überrollen, sollten mögliche Entwicklungen frühzeitig thematisiert und zum Gegenstand von Diskussionen gemacht werden.

Ein solcher Diskussionsgegenstand ist derzeit die digitale Bildverarbeitung. Informationen über Grundlagen und Methoden der digitalen Bildverarbeitung (engl.: image processing) oder gar Vorstellungen eines Einsatzes in der Praxis sucht man im Bauwesen vergeblich. Dennoch

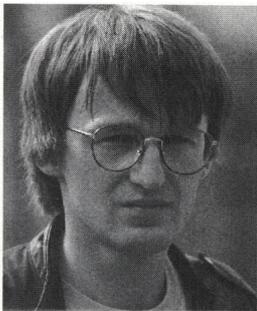
lassen die Fortschritte in der digitalen Bildverarbeitung auf die Entwicklung allgemeinerer Anwendungen hoffen. Es ist also ratsam, mögliche Anwendungen der Bildverarbeitung zu sondieren und in Programmen zu testen.

Für die an der Gestalt von Gebäuden interessierten Architekten sind Bilder neben Plänen die wichtigsten Informationsträger. Der Informationsgehalt von Bildern, dabei sind vor allem Fotos gemeint, ist jedoch im Vergleich zu Plänen nur schwer zu erfassen, da alle Informationen

ungefiltert gleichzeitig abgebildet sind.

Dieses Problem war uns aus der Analyse von Fassaden bekannt. Im Entwurfsstudium bei Prof. B. Schönhagen war eine der vorbereitenden Aufgaben zum Entwurf die Untersuchung, welche Wirkung verschiedene Eigenschaften und Merkmale von Fassaden haben: Was für Materialien werden verwendet und wie wirken dabei Farbe und Textur, wie zeigen sich Öffnung und Fläche einer Fassade, wie ist das Relief beschaffen, wie wirken transparente oder reflektierende Bauteile und worin unterscheiden sie sich, wie ist die Wirkung von Tageslicht und künstlicher Beleuchtung? Anhand solcher und ähnlicher Fragen bearbeiteten wir Abbilder von Gebäuden, Pläne oder Fotos und »übersetzten« mit verschiedenen Signaturen die betreffenden Eigenschaften, indem wir die entsprechenden Flächen unterschiedlich schraffierten. Die so mit viel Mühe manuell entstandenen Zeichnungen bildeten wichtige Grundlagen für spätere Entscheidungen im Entwurf (Abb. 1).

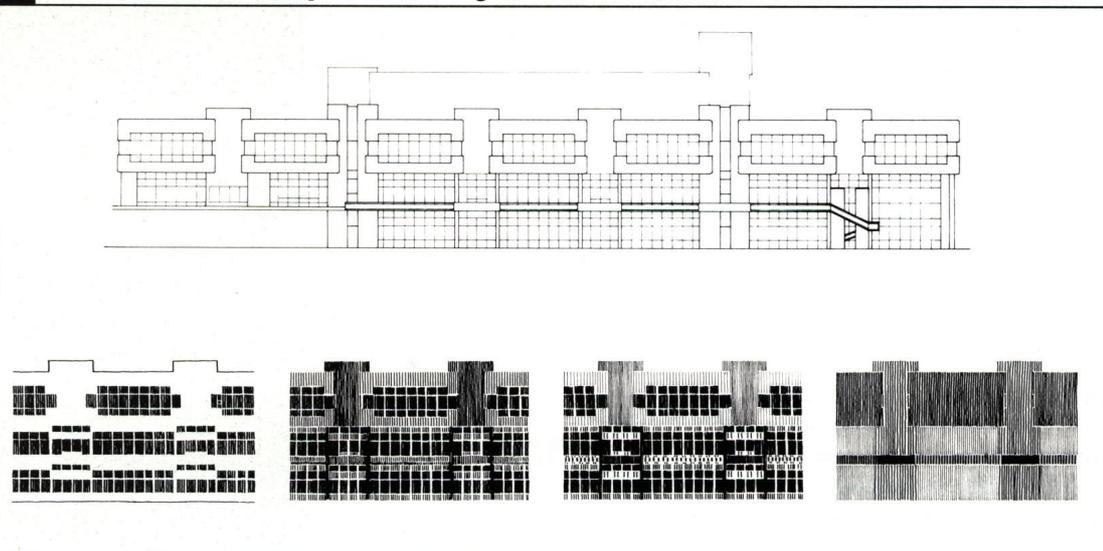
Es kam der Gedanke auf, zu versuchen, solche Tätigkeiten zu automatisieren und dafür den Computer einzusetzen. Es mußte möglich sein, wenn ein Bild digital gespeichert ist und die Abbildungsgegenstände mit all



DER AUTOR

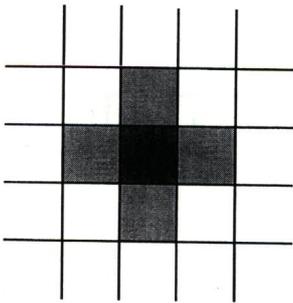
Dipl.-Ing. Werner Lonsing, Jahrgang 1962, Studium der Kunstgeschichte und Architektur, 1990 Diplom an der FH Dortmund, Mitarbeit an Forschungsprojekten der FH Dortmund und TH Darmstadt, seit 1992 in Berlin.

### 1 Studienarbeit zur Analyse von Öffnungen, Materialien, Farben und Plastizität einer Fassade

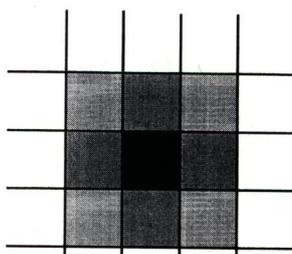


## 2 Pixel im orthogonalen Raster

a) in 4er-Nachbarschaft

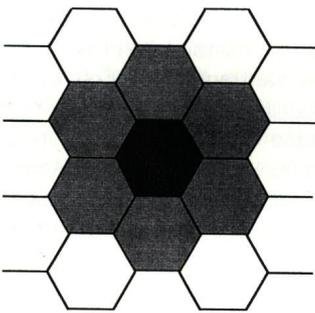


b) in 8er-Nachbarschaft



ihren Eigenschaften erkennbar bleiben, die inhärenten Informationen des Bildes zu nutzen und darauf Aussagen zu begründen. Die Methoden der digitalen Bildverarbeitung schienen dafür ein geeignetes Mittel zu sein.

## 3 Pixel im hexagonalen Raster mit Nachbarn



Am Fachbereich Architektur der FH Dortmund gab es für an der Datenverarbeitung interessierte Studenten bei Prof. W. Witte die Möglichkeit, zu bautechnischen Problemen Programme zu entwickeln, die über den Rahmen einfacher Übungen hinausgingen. Mit ihm und den notwendigen technischen Hilfsmitteln konnte versucht werden, eine Anwendung zu entwickeln, die bei der Frage helfen konnte, ob mit dem Computer gleiche oder ähnliche Ergebnisse zu erzielen sind wie mit dem nicht gerade geliebten Schraffieren.

In meiner Diplomarbeit »Anwendung elementarer computerunterstützter Darstellungstechniken zur Beschreibung von Gestaltungsmerkmalen an Fassa-

den« habe ich Algorithmen der Bildverarbeitung in Programmen ausformuliert und mit den Programmen digitalisierte Fotografien der Fassaden dreier vorbestimmter Gebäude bearbeitet. Diese Art der Aufgabenstellung ist für das Bauwesen, das seine Anstrengungen ausschließlich auf die Produktion von Gebäuden richtet und dementsprechend die Datenverarbeitung einsetzt, ungewöhnlich. Überlegungen, die nicht unmittelbar zur Rationalisierung führen, erscheinen praxisfremd und suspekt. Der Einsatz der EDV als bloßes Instrument des Planzeichnens und der Textverarbeitung kennzeichnet dies deutlich. Mit der Anwendung der digitalen Bildverarbeitung zur Fassadenanalyse kann gezeigt werden, daß es für die Architektur andere Einsatzmöglichkeiten der EDV gibt. Deshalb möchte ich anhand meiner Arbeit im folgenden die Grundlagen und wichtigsten Verfahren der digitalen Bildverarbeitung vorstellen und erläutern. Die Programme im einzelnen und einige der Ergebnisse, die ich damit erzielen konnte, werde ich dann in der nächsten Ausgabe dieser Zeitschrift vorstellen.

## Grundlagen der digitalen Bildverarbeitung

Unter den Bezeichnungen »digitale Bildverarbeitung« und »digitale Bildsignalverarbeitung« werden in der Datenverarbeitung An-



# CS-STATIK: Bauen Sie drauf.



Mit CS-STATIK erstellen Sie sowohl baustatische Berechnungen mit grafischen Auswertungen als auch baustellen-gerechte Bewehrungs-pläne. Das durchgängige CSI-Statiksystem bietet Ihnen Programme vom Dach bis zum Fundament, von Finiten Elementen bis zu räumlichen Stabwerken. Auf die exakten Berechnungen und Zeichnungen von CS-STATIK können Sie bauen.

Computer Service im Ingenieurbüro GmbH  
Hamburger Straße 55  
4600 Dortmund 1  
Telefon 0231-527987  
Telefax 0231-527980

Fordern Sie Info-Material an-auch für CS-FEAM und CS-CADI

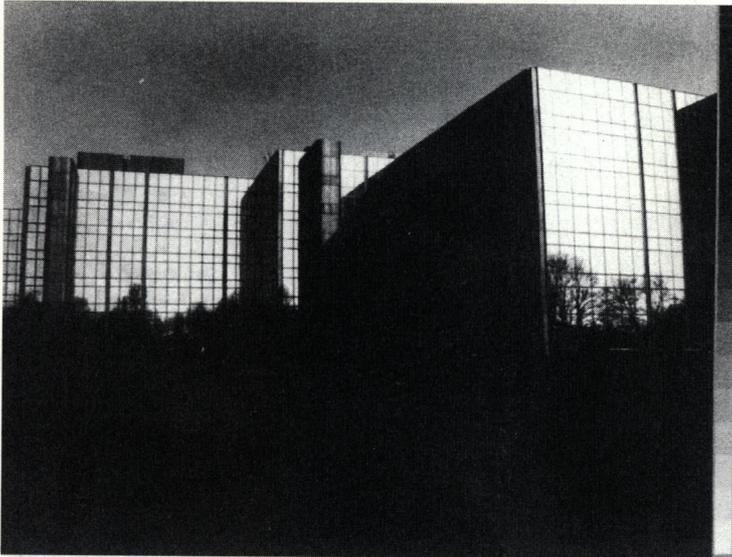


Abb. 4: Ausgangsbild: Bildschirmfotografie eines Grauwertbildes mit 16 Abstufungen (Farbwerte rechts am Bildrand); Gartenseite der VEW-Hauptverwaltung in Dortmund

wendungen und Programme zum Darstellen und automatischen Auswerten visueller Informationen zusammengefasst. Grundlage solcher Anwendungen sind Bilder, die als Abbild einer natürlichen Szene digital gespeichert sind. Ziel der Programme ist es, mit mathematischen Methoden Bilder der Realität aufzubereiten, zu untersuchen und daraus Schlüsse auf den Abbildungsgegenstand zu ziehen.

Digitale Bilder beanspruchen viel Speicherplatz: Ein einfaches Fernseh- bzw. Videobild belegt in einem Rechner unkomprimiert bei eingeschränkter Farbwiedergabe einen Speicher-

platz von 0,5 MB, dem entsprechen, um den alten Vergleich zu strapazieren, 1000 mit Maschine geschriebene Seiten Papier. Ein Kleinbild mit den Maßen 24 mm x 35 mm und einer Auflösung von 1/100 mm belegt bei 256 Graustufen einen Speicherplatz von 8,2 MB, bei 16,7 Mio. Farbstufen fast 25 MB.

Die wesentlichen Informationen eines Bildes könnten jedoch in den meisten Fällen weit aus weniger Speicherplatz belegen. Das ist das Kernproblem der digitalen Bildverarbeitung: Aus einer Vielzahl unwichtiger, überflüssiger oder nicht interessierender Informationen sind



Abb. 5: Angewandte LUT mit Kontraststeigerung im dunklen Bereich bei gleichzeitigem Verlust der hellen Werte

**6 Mittelwert-Operator**

		1/8	
	1/8	1/2	1/8
		1/8	

**7 Laplace-Operator**

		1	
	1	-4	1
		1	

diejenigen herauszufiltern, die das Bild charakterisieren und für den Benutzer wichtig sind. Und damit ist die Schwierigkeit jedes bildverarbeitenden Systems gezeigt: Um die interessierenden Informationen zu erhalten, werden die Bilder vor dem Einsatz der Bildverarbeitung im Hinblick auf die zu erwartenden Ergebnisse und die eingesetzte Software gewertet, durch die Auswahl der Bilder und teilweise der Programmierung findet eine Apriori-Beurteilung statt. Die Wertungen, sei es durch einen Betrachter oder durch einen Programmierer, sind notwendig, um mit der komplexen Materie überhaupt Ergebnisse zu erzielen. Auf die kognitive Arbeit von Men-

schen wird in der digitalen Bildverarbeitung noch lange nicht verzichtet werden können.

Innerhalb der Informatik hat sich die digitale Bildverarbeitung früh aus der Signalverarbeitung und der grafischen Datenverarbeitung zu einem eigenständigen Teilgebiet entwickelt. Ihre allgemeine Verbreitung wurde allerdings durch den hohen Kostenaufwand der technischen Ausstattung gehemmt, der Einsatz beschränkte sich anfänglich auf militärische Projekte und die Weltraumfahrt. Erst in den 70er Jahren wurden in größerem Maße zivile Anwendungen erstellt. Heute findet man Anwendungen u. a. in der Meteorologie zum automatischen Auswerten

**8 Sobel-Operatoren: horizontal, vertikal und diagonal**

	1	2	1
	0	0	0
	-1	-2	-1

	1	0	-1
	2	0	-2
	1	0	-1

	2	1	0
	1	0	-1
	0	-1	-2

	0	1	2
	-1	0	1
	-2	-1	0

## 9 Einfache Differenzoperatoren: horizontal und vertikal

		0	
	0	1	0
		-1	

		0	
	0	1	-1
		0	

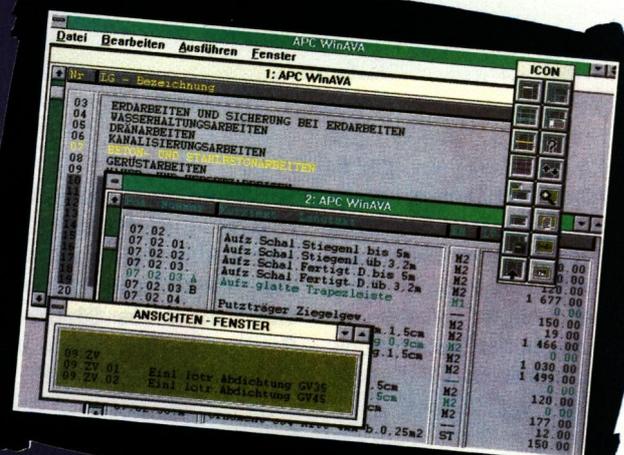
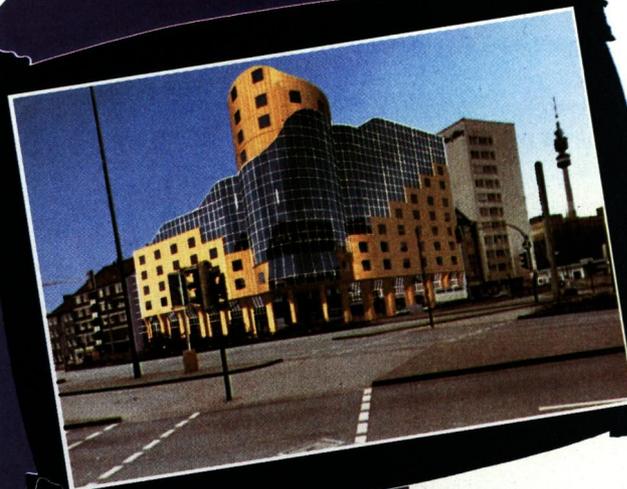
von Satellitenbildern, in der Kriminalistik zur Identifizierung von Fingerabdrücken oder in der Medizin bei der Computertomografie. Anwendungen allgemeiner Art sind die Schrifterkennung und die automatische Vektorsierung von Binärbildern.

## Digitalisierung von Bildern

Ein digitales Bild entsteht durch die Abbildung einer dreidimensionalen Szene mit einem optischen System auf eine Bildebene, in der das kontinuierliche Bildsignal in ein diskretes Raster von Bildpunkten zerlegt wird, denen jeweils ein endlicher Wert zugeordnet ist. Nach Art der Geräte gibt es grob unterschieden drei Verfahren zum Erzeugen digitaler Bilder: die Digitalisierung mit einer CCD-Kame-

ra, mit einem »frame grabber« oder mit einem Scanner. Eine CCD-Kamera geht den direktesten Weg. Mit in der Bildebene eingebauten Fotodioden werden optische Signale direkt in digitale umgewandelt. Ein »frame grabber«, meist eine Steckkarte mit Videoeingang, erfasst das analoge Videosignal eines Einzelbildes und zerlegt das schon zeilenförmige Bild in einzelne Punkte. Ein Scanner schließlich beleuchtet mit einer Lichtquelle eine Vorlage und mißt mit einer Leiste von Fotodioden das reflektierende Licht. Bei allen Verfahren werden die Bildsignale abschließend aufbereitet, teilweise korrigiert und einem Rechner zugeführt.

Im Rechner hat jedes Bild die gleiche Struktur: Die Anzahl der Zeilen und der Punkte je Zeile ist aus dem Abtastvorgang bekannt, jeder Punkt hat den



# CS-APC: Machen Sie sich Ihr eigenes Bild.

**ACS'92** Architekten-Computer-Systeme  
26.-28.11.1992  
Wiesbaden  
Halle 9  
Stand 900

CS-APC ist die integrierte Softwarelösung für Architekten und Planer im Bauwesen: Ihre Projekte lassen sich mit CS-APC unbegrenzt darstellen. Schatten, Reflexionen und Spiegelungen bringen Leben in Ihr Modell, Computeranimation läßt Sie hindurchspazieren, und die Verknüpfung mit Videobildern ermöglicht eine realitätsnahe Darstellung auf dem geplanten Standort. Mit der APC WinAVA stehen Ihnen alle Vorzüge von Microsoft Windows zur Verfügung. CS-APC – es ist leicht, sich ein eigenes Bild zu machen.

Computer Service im Ingenieurbüro GmbH  
Hamburger Straße 55  
4600 Dortmund 1  
Telefon 0231-527987  
Telefax 0231-527980

Fordern Sie Info-Material an – auch für CS-FEAM, CS-CADI und CS-STATIK

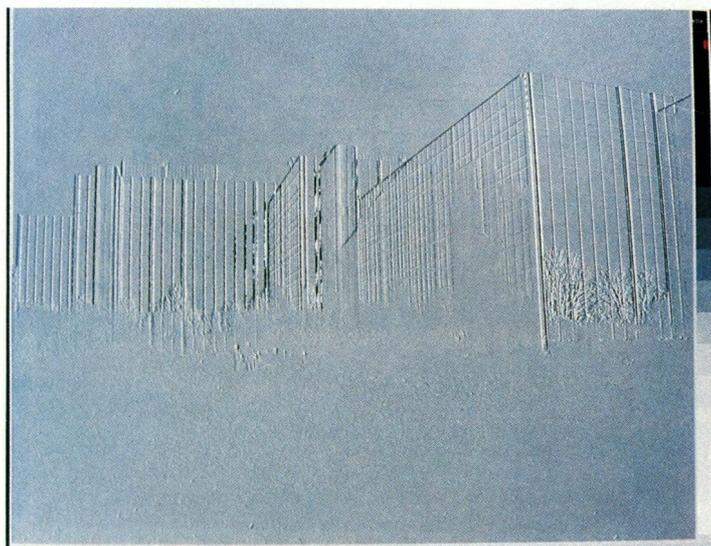


Abb. 10: Wirkung des einfachen horizontalen Differenzoperators

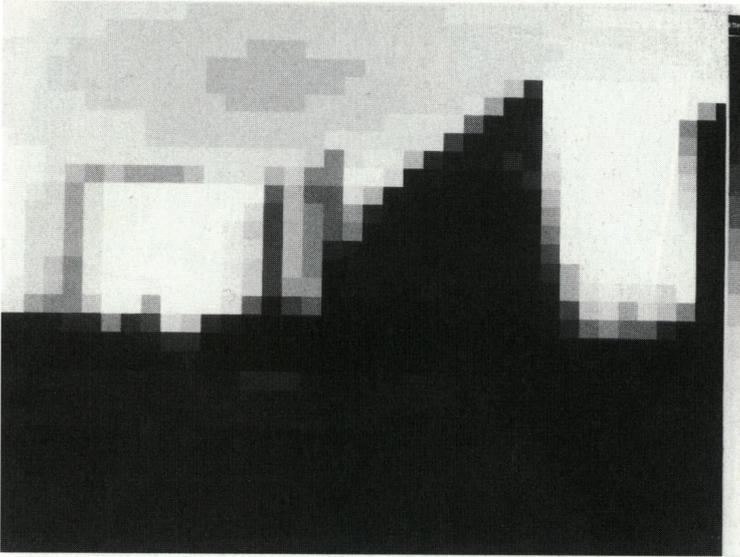


Abb. 11: Rasterung

Wert einer bestimmten Lichtintensität, und alle Punkte sind zeilen- oder spaltenweise gespeichert. Daraus ergibt sich, daß die Helligkeitswerte und Farbinformationen eines Punktes im Wert an sich und die Ortsinformation sich aus der Stellung des Wertes innerhalb der Werte anderer Punkte im Rechnerpeicher ergibt. Die Helligkeitswerte sind mithin direkt, die Ortsinformationen indirekt gespeichert. So definierte Punkte werden als Pixel, die entsprechenden Bilder als Rastergrafiken bezeichnet.

Der Helligkeitswert ist abhängig von der einem Pixel zur

Verfügung stehenden Speichergröße, im Regelfall ein halbes oder ein Byte je Farbkanal. Für einkanalige Grauwertbilder ergeben sich daraus 16 oder 256 Graustufen, für dreikanalige Farbbilder (RGB) 4096 oder 16,7 Mio. Farbtöne. Größere Werte als 1 Byte je Farbkanal werden nicht realisiert, weil feinere Abstufungen vom menschlichen Auge nicht zu differenzieren sind, man spricht dann von »true color«.

Die Ortsinformation wird in einem orthogonalen Raster bestimmt, dessen Merkmale das Rastermaß und die Anzahl der Rasterpunkte in horizontaler

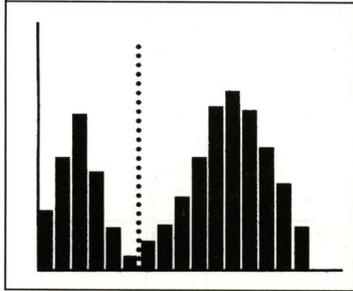
und vertikaler Richtung sind. Ein Rasterpunkt ist die Fläche der Bildebene, deren Lichtquantum dem Wert eines Pixels entspricht, es ist die kleinste Einheit einer Rastergrafik.

Aus der Anordnung der Pixelwerte in einem orthogonalen Raster ergibt sich in der Bildverarbeitung das Problem der nicht eindeutigen Beziehung diagonal benachbarter Punkte: Werden diese Punkte als benachbart betrachtet, spricht man von einer 4er-Nachbarschaft, ansonsten von einer 8er-Nachbarschaft (Abb. 2). Zur Umgehung des Problems werden in der Literatur hexagonale Raster vorgeschlagen (Abb. 3), die aber kaum realisierbar sind.

Die Digitalisierung eines Bildes ist ein zeitlich begrenzter Vorgang. Mit dem Erzeugen einer im Rechnerpeicher abgelegten zweidimensionalen Matrix, deren Struktur dem Raster entspricht und deren Werte quantisierte Lichtintensitäten sind, ist die Informationsaufnahme abgeschlossen. Der Informationsgehalt ist abhängig von der Auflösung, der Anzahl der Rasterpunkte in horizontaler und vertikaler Richtung, und der Informationsmenge je Pixel.

Darüber hinaus ist der Informationsgehalt von einem weiteren Faktor abhängig: dem Rauschen. Ein Bild rauscht, wenn das kontinuierliche Bildsignal

## 12 Histogramm mit günstigem Schwellwert



gestört ist und einzelne Pixel Werte annehmen, die falsch sind. Diese Störungen können bei jeder Form der Bildübertragung auftreten und reduzieren den Informationsgehalt. Ein Bild, das keine Informationen mehr enthält und nur noch rauscht, ist z. B. das Fernsehbild nach Sendeschluß.

Abbildungsgegenstände können aber auch Merkmale zeigen, die dem Rauschen sehr ähneln, z. B. Laubwerk bei Bäumen. Beim Anwenden von Verfahren der Rauschunterdrückung muß zwischen der allgemeinen Bildqualität und den Detailinformationen abgewägt werden. Wie alle Bearbeitungen eines Bildes können Verfahren der Bildverbesserung den Informationsgehalt nur reduzieren. Lediglich beim Betrachter wird der subjektive Eindruck von mehr Information erzeugt, weil Teilbereiche der Bilddaten auf-

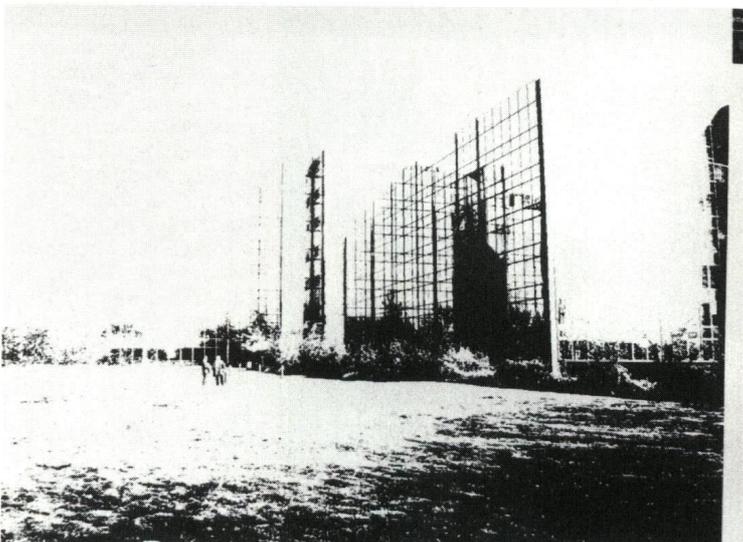


Abb. 13: Binärbild als Ergebnis des Schwellwertverfahrens im ganzen Bild

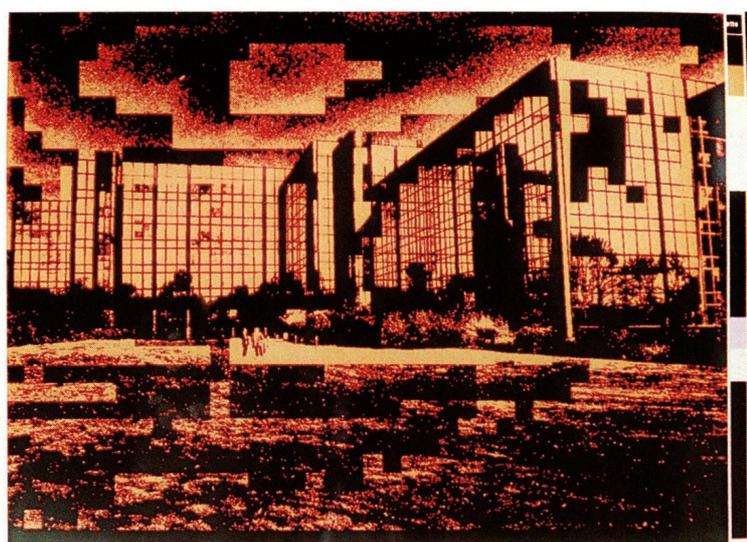


Abb. 14: Binärbild als Ergebnis des Schwellwertverfahrens im Raster: Die Wirkung gleicher Operatoren in unterschiedlichen Bereichen des Gesamtbildes ist deutlich zu sehen

gespreizt und andere unterdrückt werden (siehe auch Abb. 5). Entsprechend sorgfältig ist mit den Ursprungsdaten umzugehen. Komprimierungsverfahren und Sicherungstechniken ist große Aufmerksamkeit zu widmen (Abb. 4).

## Verfahren der digitalen Bildverarbeitung

Die Verfahren der digitalen Bildverarbeitung basieren auf der Veränderung der Pixelwerte ohne Manipulation der Bildstruktur. Zwei Varianten der Wertzuweisung sind zu unterscheiden: die direkte Zuweisung eines Wertes an gleicher Stelle in der Matrix als neuer Pixelwert und die indirekte Zuweisung eines repräsentierenden Wertes in einem »look-up table« (LUT). Die indirekte Zu-



Abb. 15: Zweifache Dilatation nach dem Schwellwertverfahren im Raster: Deutlich erkennbar ist das Verschwinden kleiner dunkler Bereiche und das Wachstum einzelner Bildpunkte

weisung dient differenzierteren Betrachtungen am Originalbild, z.B. durch farbige Darstellung von Grauwertbildern. LUT haben kaum praktische Bedeutung,

sind jedoch ein unentbehrliches Hilfsmittel zum Abschätzen vorhandener Bildinhalte (Abb. 5).

Operatoren zur direkten Zuweisung von Pixelwerten werden

grob nach Art und Umfang des Einsatzfeldes, dem Operatorfenster, unterschieden. Man kann unterscheiden zwischen

- Punktoperatoren
- lokalen Operatoren
- Bereichsoperatoren und
- morphologischen Operatoren

Die Klasseneinteilung ist nicht unbedingt eindeutig oder vollständig. Je nachdem, welche Kriterien als Maßstab angelegt sind, werden in der Literatur andere Bezeichnungen, andere Zuordnungen oder andere Klassifizierungen gewählt.

### Punktoperatoren

Punktoperatoren sind Operatoren, die einen Bildpunkt unabhängig von seiner Umgebung manipulieren. Sie sind Grundlage aller Bildverarbeitungstechniken. Im engeren Sinne sind die Verfahren gemeint, in denen der zu bestimmende neue Pixelwert

LVSidoun	
Position	Kurztext
# 0	
V 1.00.001	(V) DECKBLATT
T 1.01	(T) VORBEREITEN DES BAUGELÄN
1.01.001	Einfriedungen aus Stein abräumen
1.01.002	Wirtschaftsgegenstände abräumen
1.01.003	Einfriedungen aus Holz abräumen
1.01.004	Baugrubenaushub
T 1.02	(T) OBERBODENARBEITEN

Über WinAVA informieren Sie unsere Geschäftsstellen:

1000 Berlin 19 030/325 73 73	2000 Hamburg 50 040/398 48 40	0-2510 Rostock 5 0037 81/45 12 62	3550 Marburg 06421/413 44	4800 Bielefeld 1 0521/17 28 58	5000 Köln 1 0221/12 10 88
6750 Kaiserslautern 0631/53 56 60	6806 Viernheim 062 04/750 75-8	7000 Stuttgart 30 07 11/856 86 23	7500 Karlsruhe 07 21/85 40 98-99	7800 Freiburg 07 61/31 54 3-47	8000 München 82 089/439 30 61-65
				8400 Regensburg 09 41/79 82 38	

vom Originalwert des behandelten Bildpunktes abhängig ist.

Gebräuchliche Anwendungen von Punktoperatoren sind Funktionen wie Kontrastmanipulationen anhand von Grauwertverteilungen, Falschfarbendarstellungen, Dithering als künstliches Rauschen und Schwellwertverfahren mit festen Schwellen.

### Lokale Operatoren

Lokale Operatoren dienen vor allem der Verbesserung und Restaurierung von Bildern. Der zu bestimmende Pixelwert eines zentralen Bildpunktes bildet sich aus einem funktional definierten Zusammenhang mit seinen Nachbarpunkten. Das Ergebnis ist der Wert eines zentralen Bildpunktes in einem Operatorfenster. Ausmaß und Gestalt des Operatorfensters werden vor der Anwendung frei bestimmt.

Mit dem zentralen Punkt wird das Bild zeilenweise abgetastet. Die Bearbeitung erfolgt parallel oder sequentiell, je nachdem, ob alle Werte des Operatorfensters Ursprungswerte oder einige der Werte schon Ergebniswerte sind.

Als Glättungsoperatoren aus dem Bereich der Rauschunterdrückung sind der Mittelwertoperator und der Medianoperator zu nennen. Beim Mittelwertoperator werden die Elemente des Operatorfensters in Anteilen, die in der Summe 1 ergeben, gewichtet, addiert und dem zentralen Punkt zugewiesen (Abb. 6). Rauschen wird beseitigt, aber auch Kanten werden geglättet, die entstehenden Bilder wirken unscharf.

Aufwendiger, aber kantenerhaltend ist der Medianoperator: Die Elemente des Operatorfensters werden der Größe nach geordnet und der in der Mitte der Reihe stehende mittlere Wert als Ergebnis zugewiesen.

Der Laplace-Operator und die Sobel-Operatoren dienen der Kantendetektion. Der Laplace-Operator wertet die Differenzen der Umgebungspunkte zum zentralen Punkt und vergrößert so Kontraste (Abb. 7). Die Sobel-

Operatoren sind ein Satz von Gradientenoperatoren, werten also richtungsabhängig bei gleichzeitiger Glättung senkrecht zur Detektionsrichtung (Abb. 8).

Der einfache Differenzoperator dient als Vorstufe zur Komprimierung: Der dem zentralen Punkt folgende Wert wird subtrahiert und das Ergebnis zu einem mittleren Wert addiert (Abb. 9 und 10). Man macht sich zunutze, daß benachbarte Werte ähnlich sind und die Differenzen somit kleine Zahlenwerte ergeben, die kleinere Speicherzellen benötigen.

### Bereichsoperatoren

Anwendungsgebiete der Bereichsoperatoren sind vorwiegend die Bildcodierung, die Mustererkennung und die Bildverbesserung. Kennzeichnend ist, daß der Operator auf der Basis eines Operatorfensters mehrere Werte einem Ergebnisfenster zuweist, das maßlich festgelegt und konstant ist. Im Regelfall entspricht das Ergebnisfenster dem Operatorfenster und wird als Bereich bezeichnet. Wie lokale Operatoren werden lokale Bereichsoperatoren flächendeckend über das Bild geführt. Wenn das ganze Bild als ein Bereich gehandhabt wird, spricht man auch von globalen Bereichsoperatoren oder Bildoperatoren.

In ihren Ausprägungen sind Bereichsoperatoren sehr vielseitig, so daß ich hier nur das Rastern als typischen Bereichsoperator und das Schwellwertverfahren als Möglichkeit einer einfachen Binarisierung vorstellen möchte.

Beim Rastern wird allen Elementen eines Bereichs ein Wert zugewiesen, meist der Mittelwert des Bereichs (Abb. 11), aber auch, um vorhandene Kontraste zu erhalten, der Wert eines Punktes nach seiner Lage oder nach einer Rangordnung. Dieser Operator ist regelmäßig einer der Arbeitsschritte zum Verkleinern von digitalen Bildern.

Beim einfachen Schwellwertverfahren werden alle Pixel

eines Bereichs nach ihren Werten gezählt und anhand der Verteilung ein Schwellwert bestimmt, der die Pixel möglichst günstig teilt (Abb. 12). Alle Werte kleiner als der Schwellwert werden auf 0 gesetzt, alle größeren Werte auf 1. Das Ergebnis ist ein Binärbild (Abb. 13 und 14).

### Morphologische Operatoren

Abschließend seien die morphologischen Operatoren genannt, deren klassische Vertreter, Dilatation und Erosion, auf der Grundlage der mathematischen Morphologie entstanden sind und mit logischen Verknüpfungen in Binärbildern Werte bilden und zuweisen (Abb. 15).

Erweitert werden so alle Operatoren bezeichnet, die nicht rasterabhängig vorgehen, sondern nach logischen Regeln einer im Bild erkennbaren Flächengestalt Werte zuweisen. Dazu zählen die Bereichswachstumsoperatoren und die Operatoren zur Objektzerlegung, Konturverfolgung und Formcodierung.

Morphologische Operatoren sind wichtige Instrumente der Bildanalyse und werden im Regelfall mit anderen Operatoren verknüpft. Ihre Anwendung ist sehr kompliziert und meist auf Einzelprobleme zugeschnitten, ihre Einsatzmöglichkeiten sind bei weitem noch nicht erforscht.

## Methoden der Bildverarbeitung

Wie schon angesprochen, arbeiten alle Bildverarbeitungssysteme mehr oder minder mit Vorurteilen der Anwender, sei es durch die Bildauswahl oder die Programmierung. Die Programme sind Detaillösungen, die anwendungsspezifisch mit den Mitteln der Empirie und der Heuristik erarbeitet werden. Die Vorhersage, ob der Einsatz eines Operators oder die Verknüpfung von Operatoren in einem spezifischen Anwendungsfall die angestrebte Reduktion von Bildinhalten zum Erhalt der interessierenden Informationen erreicht, ist wegen der Komplexität von Bildern nicht möglich. Die Wir-

kung der Operatoren muß erforscht werden. Dabei entstehen häufig leere oder völlig veräuschte Bilder. Vielversprechende Ergebnisse bei einem Bild lassen sich bei einem anderen nicht wiederholen, oder vermeintlich sinnlose Verknüpfungen von Operatoren stellen sich als effektiv heraus. In anderen Anwendungsfällen muß diese Prozedur wiederholt werden. Die Methode ist also – mit der implizierten kognitiven Leistung von Menschen – Versuch und Irrtum.

Damit sind allgemein die Grundlagen und einige der wichtigsten Verfahrensweisen der digitalen Bildverarbeitung vorgestellt. Diese Hilfsmittel bietet die Bildverarbeitung als Teildisziplin der Informatik an, damit anwendungsspezifische Detaillösungen von den einzelnen Fachdisziplinen selbst entwickelt werden können. Für den Bereich der Architektur habe ich versucht, ein Programm zur Beschreibung von Gestaltmerkmalen an Fassaden zu entwickeln. Das Programm und die Herstellungsprozesse der Bilder mit den eingesetzten Operatoren möchte ich in der nächsten Ausgabe vorstellen. Vor allem werde ich versuchen, anhand der konkreten Beispiele die Wirkung von Operatoren auf Abbildungen von Architektur zu erläutern. □

### Literaturhinweise

- Haberäcker, Peter: Digitale Bildverarbeitung: Grundlagen und Anwendungen. 3. Auflage, München, Wien 1989.
- Jaroslawskij, Leonid P.: Einführung in die digitale Bildverarbeitung. 2. Auflage, Heidelberg 1990.
- Lonsing, Werner: Anwendung elementarer computerunterstützter Darstellungstechniken zur Beschreibung von Gestaltungsmerkmalen an Fassaden. Diplomarbeit am Fachbereich Architektur der FH Dortmund. Dortmund 1990.
- Pavlidis, Theodosios: Algorithmen zur Grafik und Bildverarbeitung. Hannover 1990.
- Rosenfeld, Azriel: Multiresolution Image Processing and Analysis. Berlin, Heidelberg, New York usw. 1984.
- Wahl, Friedrich M.: Digitale Bildsignalverarbeitung: Grundlagen, Verfahren, Beispiele. Berrichtigter Nachdruck. Berlin, Heidelberg, New York usw. 1989.
- Zamperoni, Piero: Methoden der digitalen Bildsignalverarbeitung. Braunschweig, Wiesbaden 1989.
- Tag Image File Format Specification. An Aldus/Microsoft Technical Memorandum. Revision 5.0. Draft 2. Seattle, Richmond 1988.