5.1 Mathematisches Institut

Homepage Mathematisches Institut: http://www.mi.uni-koeln.de/

5.1.1 Bericht über die Kooperative Informationsverarbeitung

Die Datenverarbeitung im Mathematischen Institut basiert einerseits auf mehreren zentralen Sun Solaris-Servern (Sparc-CPUs), einem Itanium 2-basierten HP Integrity Server sowie andererseits auf zentralen Microsoft Windows 2000/NT-Terminalservern (Intel-CPUs), die als File-, Anwendungs- und Compute-Server für die im Haus vorhandenen Arbeitsplatzrechner eingesetzt werden. Die großen Systeme stehen in einem klimatisierten Maschinenraum, in dem auch die Backup-Systeme, eine USV sowie die zentralen Netzwerkkomponenten (Cisco-Switch Catalyst 4006) untergebracht sind. Die wichtigsten Server des Instituts sind durch diesen Switch mit Gigabit-Ethernet auf Lichtwellenleiter-Basis versorgt. Die UKLAN-Anbindung erfolgt zurzeit über einen Router im Philosophikum (newphil-gw). Die Einrichtung einer zweiten redundanten Verbindung zum UKLAN ist geplant.

Als Arbeitsplatz-/Client-Rechner werden in den Mitarbeiterzimmern überwiegend PCs eingesetzt, des Weiteren existiert ein zwei Bildschirmräume umfassender PC-Pool für Studenten und Diplomanden. Auf den als Dual-Boot-Systeme eingerichteten Klienten stehen den Anwendern Windows 2000 und Linux zur Verfügung. Außerdem werden an einigen Lehrstühlen Macintosh-Rechner und X-Terminals eingesetzt. Die Windows 2000- und Unix-Server werden zum Teil auch dem ZAIK im Rahmen der gemeinsamen Zusammenarbeit zur Verfügung gestellt. Auf den Unix-Workstations erfolgt eine Mitbenutzung des vom ZAIK/RRZK exportierten /vol-Dateibaums.

Ausbildungsschwerpunkte mit starkem EDV-Anteil im Institut sind Numerik-Programmierung in den Sprachen C++, Fortran und Matlab, des Weiteren symbolische Formelmanipulation und Behandlung von Problemen aus der Computeralgebra mit Maple und Mathematica sowie Statistik mit S-PLUS. In der Forschung werden vorrangig Fragestellungen aus den Gebieten Numerische Mathematik, Differentialgleichungen, Differentialgeometrie, Zahlentheorie, Algebra, Kombinatorik, Topologie, Stochastik, Versicherungsmathematik, Kommunikationsnetze und Kombinatorische Optimierung bearbeitet.

Die personelle Betreuung erfolgt durch die u.a. Autoren.

(Dr. Jörg Behrend, E-Mail: jbe@math.uni-koeln.de,
Dipl.-Ing. Holger Körber, E-Mail: koerber@math.uni-koeln.de)

5.1.2 Beispielhaftes Projekt des MI: Mathematische Bildverarbeitung

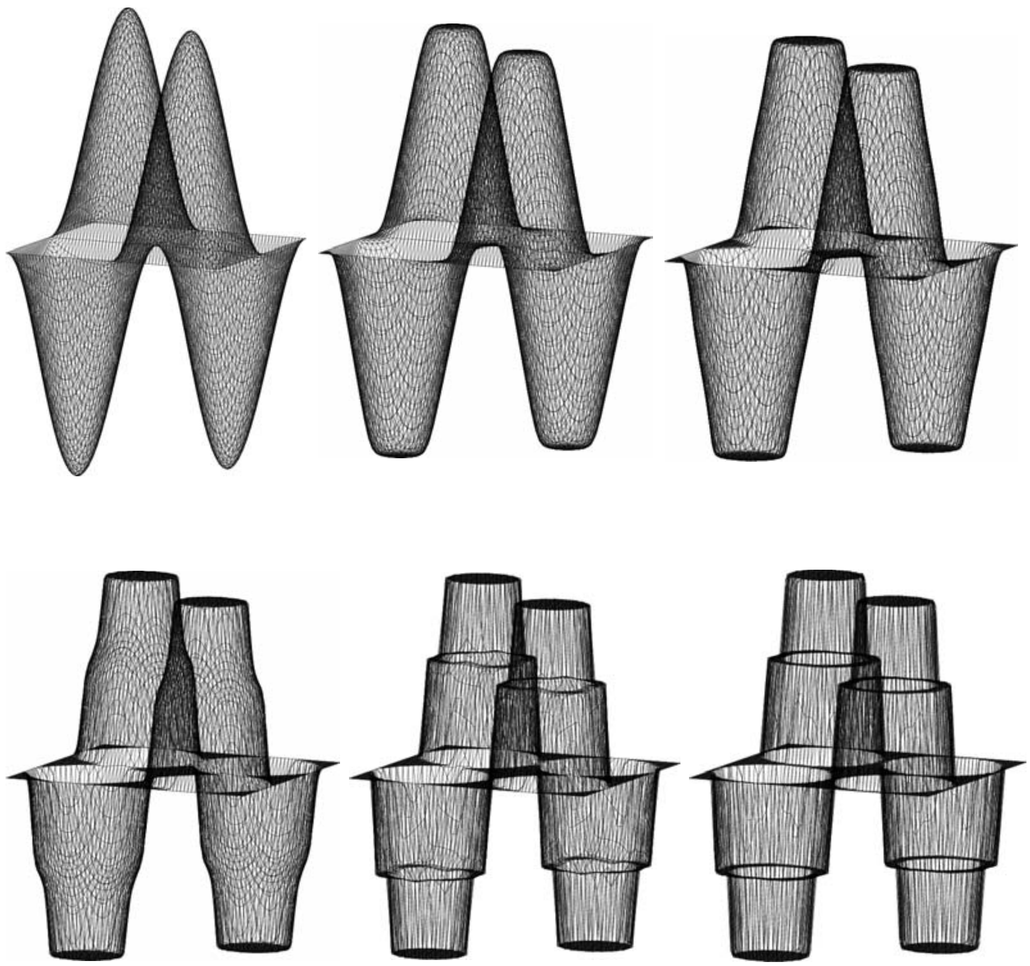
Mathematische Bildverarbeitung macht beispielsweise aus unscharfen Satellitenaufnahmen oder aus verrauschten Ultraschallaufnahmen relativ klare Bilder mit deutlichen Konturen. Die dabei benutzten Verfahren sind bisher mathematisch wenig fundiert. Sitzt der Tumor oder der Marsbrocken wirklich dort, wo man ihn zu erkennen glaubt, oder hat er bei seiner Berechnung eine Veränderung erfahren? Das möchte man gerne mit mathematischer Gewissheit beweisen.

Eine der verwendeten Methoden benutzt Diffusionsfilter und Analogien aus der mathematischen Beschreibung von Ausbreitungsvorgängen. Man denkt sich dazu (im einfachsten Fall eines Schwarzweißbildes) die Graustufenwerte als Höhen eines Gebirges, wobei der Wert für Schwarz hoch und der für Weiß niedrig ist. Diese Höhenverteilung $u_0(x)$ interpretiert man als Temperaturverteilung im zugrundeliegenden Gebiet. Wärmeleitung hat die Tendenz, räumliche Temperaturschwankungen im Laufe der Zeit abzubauen. Wenn ich daher das vorliegende Graustufenprofil der Wärmeleitung unterwerfe, und das kann man mit gewissem Knowhow am Rechner, dann sollten erratische Oszillationen in den Graustufenwerten sozusagen „abgeschmolzen“ werden. Dies ist das Prinzip der Diffusionsfilter. Unter Abschmelzen werden aus deutlichen Helligkeitskonturen allerdings auch verschwommene Bilder, daher werden diese Verfahren nur bis zu einer gewissen Stopzeit gerechnet. Durch Wahl der Stopzeit lässt sich die Qualität des Bildes wie beim Fokussieren eines Fernglases beeinflussen. Außerdem wird der Diffusionseffekt an solchen Stellen herabgesetzt, wo das Helligkeitsprofil echte Unstetigkeiten aufzuweisen scheint. Dabei kommt es zu sogenannter Vorwärts-Rückwärts-Diffusion nach Perona-Malik. Diese Art der Diffusion ist ein mathematisch „schlecht gestelltes Problem“, denn kleine Änderungen in den Anfangsdaten können (wie der inzwischen legendäre und umfallende Sack Reis in China) im Laufe der Zeit große Änderungen im globalen Lösungsverhalten nach sich ziehen.

Eine andere Methode geht von Optimierungsverfahren und sog. Variationsmethoden aus. Dabei soll das gestörte Bild durch eine Helligkeitsverteilung ersetzt werden, die einerseits einfachere Gestalt hat, andererseits aber Ähnlichkeiten mit dem gestörten Bild $u_0(x)$ aufweist. Man sucht also eine Graustufenfunktion $u(x)$, welche eine Art Kostenfunktional, konkret das sogenannte Mumford-Shah Funktional, minimiert. Dieses Kostenfunktional hat seinerseits mathematisch unschöne Eigenschaften. Es enthält einen Term, der die Länge von Unstetigkeitsstellen misst, und letztere ist numerisch auf einem strukturierten Gitter gar nicht zu ermitteln, geschweige denn neben anderen Kriterien zu minimieren. Daher approximiert man das ursprüngliche Funktional durch ein besser handhabbares. Die Approximation geschieht dabei im Sinne der sogenannten Gamma-Konvergenz von Funktionalen. Wenn eine Folge E_n von Funktionalen gegen ein Grenzfunktional E Gamma-konvergiert, dann konvergieren auch die Minimierer u_n der Funktionale E_n gegen einen (von möglicherweise mehreren) Minimierern $u(x)$ des Grenzfunktionals. Das Wort Konvergenz muss dabei jeweils durch Festlegung der richtigen Topologien konkretisiert werden.

Es ist gelungen nachzuweisen, dass beide Verfahren auf diskretem Niveau, d.h. bei ihrer Verarbeitung durch Rechner, im wesentlichen dasselbe leisten und dass wesentliche Charakteristika des Ausgangsbildes trotz Rauschens und ähnlicher Störungen erhalten bleiben.

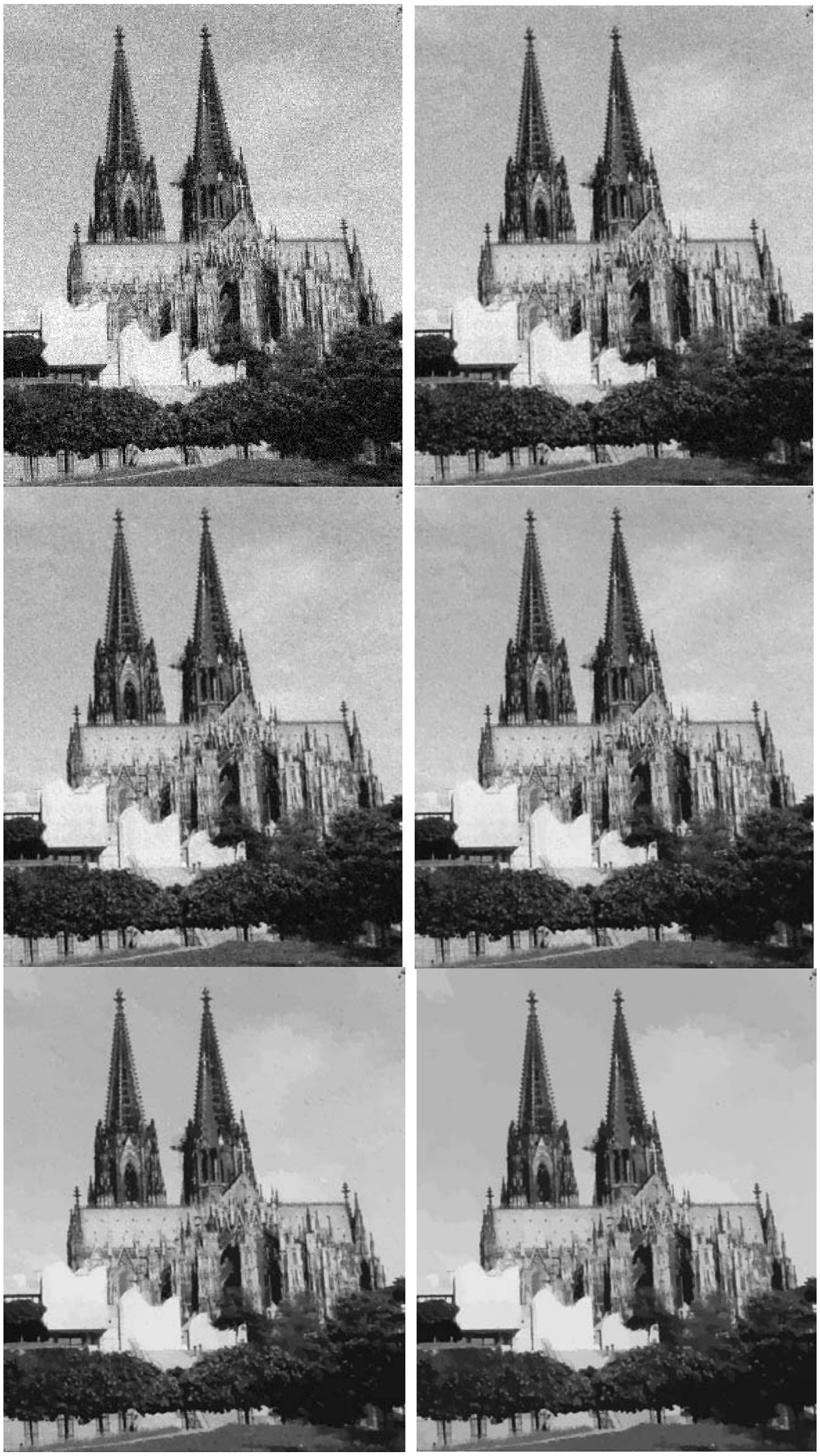
In der ersten gezeigten Bildsequenz ist eine fiktive Graustufenfunktion $u_0(x,y) = \sin(x) \sin(y)$ und deren Evolution unter der Perona-Malik Diffusion abgebildet. Man sieht eine deutliche Kantenbildung. Die zweite Bildsequenz startet mit einer realistischen, aber verrauschten Schwarzweißaufnahme des Kölner Doms. Der Diffusionsfilter führt zunächst zu einer Kantenverschärfung, später zu einer Segmentierung oder Vergröberung des Bildes. Dies illustriert die Bedeutung der richtigen Stopzeit. In der dritten Bildsequenz sind die vom „edge-detector“ ermittelten Kanten dargestellt. Bei zu vielen Kanten wirkt das Bild unruhig, und bei zuwenig Kanten gehen wesentliche Informationen verloren.

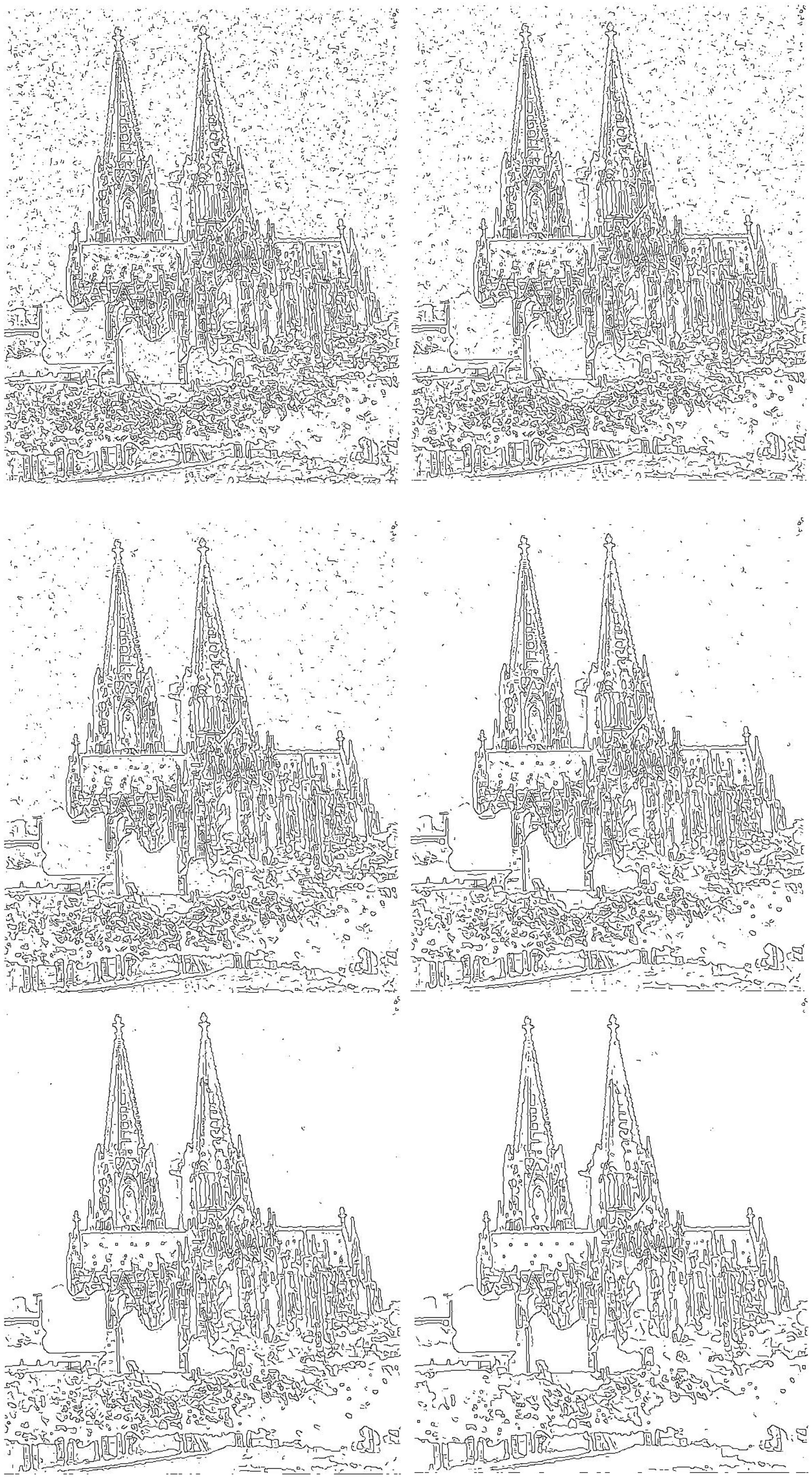


Bildsequenz 1 (oben): eine fiktive Graustufenfunktion $u_0(x,y) = \mathit{sin}(x)\,\mathit{sin}(y)$ *und deren Evolution unter der Perona-Malik Diffusion. Man sieht eine deutliche Kantenbildung.*

Bildsequenz 2 (nächste Seite): eine realistische, aber verrauschte Schwarzweißaufnahme des Kölner Doms. Der Diffusionsfilter führt zunächst zu einer Kantenverschärfung, später zu einer Segmentierung oder Vergröberung des Bildes.

Bildsequenz 3 (übernächste Seite): es sind die vom „edge-detector“ ermittelten Kanten dargestellt. Bei zu vielen Kanten wirkt das Bild unruhig, und bei zuwenig Kanten gehen wesentliche Informationen verloren.





Literatur

- B. Kawohl, From Mumford-Shah to Perona-Malik in image processing, Math. Methods Appl. Sci, 15 p., erscheint demnächst. Ein Preprint ist erhältlich unter http://www.mi.uni-koeln.de/~kawohl/)
- B. Kawohl & N. Kutev, Image processing and anisotropic diffusion, in: Progress in partial differential equations, Pont à Mousson 1997, Volume I, eds.: H. Amann, C. Bandle, M. Chipot, F. Conrad & I. Shafrir, Pitman Res. Notes in Math. Sci. **383**, Addison Wesley Longman, Essex (1998) p. 191–199.
- M. Mester, Mathematische Methoden zur Bildverarbeitung, Dissertation, Universität zu Köln (2004)

(Prof. Dr. Bernd Kawohl, E-mail kawohl@math.uni-koeln.de,
Dr. Markus Mester, E-mail mmester@math.uni-koeln.de)

5.2 Zentrum für Angewandte Informatik: Arbeitsgruppe Faigle/Schrader

Homepage: http://www.zaik.uni-koeln.de/AFS/

(Hinweis: Die Arbeitsgruppe ist sowohl im Institut für Informatik als auch im Mathematischen Institut angesiedelt.)

Bericht über die kooperative, verteilte Datenverarbeitung

Hardware-Ausstattung

Server

1 Sun Enterprise 4000 (8 Proz.)

1 Sun Enterprise 3500 (2 Proz.)

1 Sun Enterprise 450 (4 Proz.)

1 Compaq AlphaStation ES40 (4 Proz.) mit RAID Array 3000

2 PCs als Windows 2000 Server

1 PC als Linux-Server

Arbeitsplatzrechner und Terminals

ca. 10 Sun Workstations (von Classic bis Ultra 10)

ca. 40 PCs als Arbeitsplatzrechner

ca. 15 X-Terminals