

Informatik-Fachberichte

Herausgegeben von W. Brauer
im Auftrag der Gesellschaft für Informatik (GI)

78

Architektur und Betrieb von Rechensystemen

8. GI-NTG-Fachtagung
Karlsruhe, März 1984

Herausgegeben von H. Wettstein



Springer-Verlag
Berlin Heidelberg New York Tokyo

Informatik-Fachberichte

Herausgegeben von W. Brauer
im Auftrag der Gesellschaft für Informatik (GI)

78

Architektur und Betrieb von Rechensystemen

8. GI-NTG-Fachtagung
Karlsruhe, 26.-28. März 1984



Herausgegeben von H. Wettstein



Springer-Verlag
Berlin Heidelberg New York Tokyo 1984

Herausgeber

Prof. Dr.-Ing. H. Wettstein
Universität Karlsruhe, Institut für Informatik III
Zirkel 2, 7500 Karlsruhe 1

CR Subject Classifications (1982): A 6.1, B 1, C 4.5, C 4.7, I, .7

ISBN 3-540-12913-8 Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York Tokyo

ISBN 0-387-12913-8 Springer-Verlag New York Heidelberg Berlin Tokyo

CIP-Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek. Architektur und Betrieb von Rechensystemen:
GI/NTG-Fachtagung. – Berlin; Heidelberg; New York; Tokyo: Springer
Bis 1982 im VDE-Verl., Berlin, Offenbach. Bis 1982 u.d.T.: Struktur und Betrieb von Rechensystemen.
8. Karlsruhe, 26.-28. März 1984. – 1984.
(Informatik-Fachberichte; 78)
ISBN 3-540-12913-8 (Berlin . . .)
ISBN 0-387-12913-8 (New York . . .)
NE: Gesellschaft für Informatik; GT

This work is subject to copyright. All rights are reserved, whether the whole or part of the material is concerned, specifically those of translation, reprinting, re-use of illustrations, broadcasting, reproduction by photocopying machine or similar means, and storage in data banks. Further, storage or utilization of the described programmes on data processing installations is forbidden without the written permission of the author. Under § 54 of the German Copyright Law where copies are made for other than private use, a fee is payable to "Verwertungsgesellschaft Wort", Munich.

© by Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1984
Printed in Germany

Druck- und Bindearbeiten: Weihert-Druck GmbH, Darmstadt
0145/9140 5 1 2 2 1 0

Vorwort

Als Tagungsleiter der achten Veranstaltung im Rahmen der wohl ältesten Informatik-Tagungsserie in der Bundesrepublik Deutschland freue ich mich besonders, diese Zeilen dem Tagungsband hinzufügen zu können. Die erste Veranstaltung fand 1970 in Erlangen statt, zu einer Zeit, als der Begriff Informatik gerade erst erfunden, ein Rechensystem noch ein seltenes *Luxusobjekt* war. Inzwischen hat sich das Bild deutlich gewandelt. Heute gibt es kaum einen Bereich aus Wissenschaft, Technik und Verwaltung, der nicht von der Informationsverarbeitung erfaßt wäre. Diese ist weitgehend zur Routineangelegenheit geworden. Trotzdem gibt es immer wieder Fälle, in denen Rechensysteme unter besonderer Ausprägung einzelner Aspekte - der Programmausschuß hat sie schlagwortartig *Grenzsituationen* genannt - entwickelt werden und/oder zur Anwendung kommen. Die Tagung möchte solche Aspekte herausstellen.

Die eingereichten Vorträge zeigten, daß es insbesondere drei Tendenzen sind, die unter diesem Gesichtspunkt derzeit in Forschung und Entwicklung ein breiteres Interesse finden: Erzielung größerer Leistungsfähigkeit durch neu entwickelte, auch unkonventionelle Strukturen, der Aufbau von Systemen aus z.T. sehr vielen gleichen Einzelkomponenten sowie die Garantie einer hohen Zuverlässigkeit. Diese Tendenzen ziehen sich durch die gesamte Tagung. Unter solchen Randbedingungen war es nicht ganz einfach, Sitzungsschwerpunkte zu bilden. Trotzdem hofft der Programmausschuß thematische Klammern gefunden zu haben.

Die erste Sitzung *Neue Rechnerstrukturen* befaßt sich in zwei Vorträgen mit der Verteilung der Rechenlast auf zahlreiche Prozesselemente mit dem Ziel, Rechenzeitkomplexität um Größenordnungen zu verbessern. Mag dies ein Blick in die Zukunft sein, so befaßt sich die Sitzung *Schnelligkeit* mit Beispielen zur Anwendung bereits eingeführter Methoden, insbesondere des schnellen Zwischenspeicherns. In den beiden Sitzungen *Systemkonzepte* wurden Vorträge zusammengefaßt, in denen die Gesamtkonzeption eines Rechensystems oder einer Komponente im Vordergrund steht. Integration, Bausteinprinzip, Verbund oder Fehlertoleranz mögen dabei die hervorstechenden Merkmale sein. Zuverlässigkeit und Fehlertoleranz sind schließlich die roten Fäden in den beiden Sitzungen über *Fehlertoleranz*. Soweit möglich, wurde den einzelnen Sitzungen ein eingeladener Vortrag vorangestellt, der eine gewisse Einführung in die Thematik geben soll. Eine Reihe anerkannter Fachleute aus dem In- und Ausland konnten für diese Aufgabe gewonnen werden.

Besonderen Dank möchte ich Herrn Prof. H. Zemanek, Wien für die Übernahme des Hauptvortrages aussprechen. Sein Thema *Über die Grenzen der Einsicht im Computerwesen* stellt zweifellos einen reizvollen Kontrast zum Leitthema der Tagung ebenso, wie zu den konkreten Inhalten der einzelnen Beiträge her.

Ein erläuterndes Wort sei hier zum Titel der Tagungsserie mitgegeben. Die Vorgängerveranstaltungen standen noch unter der Überschrift *Struktur und Betrieb von Rechensystemen*. Im Zuge einer begrifflichen Konsolidierung innerhalb der Trägergesellschaften wurde das Wort Struktur durch das allgemeinere Wort Architektur ersetzt. Damit wurde einer Entwicklung Rechnung getragen, die nicht mehr nur die innere Organisation eines Objektes der Informatik sondern auch seine Entstehung, seine Formalität, seine Gesamtwirkung, nicht zuletzt auch seine *Ästhetik* mit betrachtet wissen möchte. Gewarnt sei aber vor der Fehlinterpretation, Architektur sei etwas, was nur der technischen Apparatur zustünde. Wir dürfen uns angewöhnen auch bei Softwareprodukten, hier insbesondere bei Betriebssystemen, von einer Architektur zu sprechen. Die Tagungsserie hat sich stets als ein Forum für eine integrierte Betrachtungsweise von Rechensystemen verstanden und wird dies auch weiterhin tun.

Eine Tagung entsteht durch das Zusammenwirken vieler Einzelleistungen. Deshalb möchte ich allen jenen danken, die zum Gelingen beigetragen haben, das sind insbesondere

- die Trägergesellschaften GI und NTG, vor allem deren Geschäftsstellen und Fachausschüsse,
- die Deutsche Sektion des IEEE, die an der Vorbereitung der Tagung in ideeller Weise mitgewirkt hat,
- der Programmausschuß, mit dem zusammenzuarbeiten ein Vergnügen war,
- die Autoren, deren Beiträge erst die innere Substanz der Tagung ausmachen,
- die Aussteller, deren Bemühungen bei den Vorführungen durch ein reges Interesse der Tagungsteilnehmer belohnt werden mögen,
- jene Institutionen, deren finanzielle Unterstützung eine wesentliche Hilfe darstellt,
- alle meine Mitarbeiter, vor allem Frau E. Whiteman, ohne deren Wirken niemand von der Tagung erfahren hätte.

Danken möchte ich auch jenen Autoren, deren eingereichte Beiträge nicht im Tagungsprogramm erscheinen. Meist ist der Grund dafür nicht in fehlender Qualität, sondern in der Tatsache zu sehen, daß der Zeitrahmen einer Tagung begrenzt ist und der organisatorische Zwang zur Bildung thematisch zusammengehöriger Vortragsgruppen besteht. Ich hoffe, daß diese Autoren, die ja mit ihren Vorschlägen ihr Interesse an dem Fachgebiet bekundet haben, trotzdem unter den Teilnehmern der Tagung zu finden sind.

Ihnen und allen anderen Teilnehmern wünsche ich die Erfüllung ihrer in den Besuch der Tagung gesetzten Erwartungen und hoffe, daß sich die Stadt Karlsruhe als eine würdige *Fortsetzerin* in der Folge der bisherigen Tagungsorte Erlangen, Darmstadt, Braunschweig, Aachen, München, Kiel und Ulm erweist.

Karlsruhe, im Januar 1984

H. Wettstein

Programmausschuß:

H. Beilner, Dortmund
J. Gerlach, Stuttgart
U. Herzog, Erlangen
E. Jessen, Hamburg
K. Lagally, Stuttgart
H. Meißner, München
H. Schmutz, Heidelberg
P. Spies, Bonn
J. Swoboda, Ulm
K. Waldschmidt, Frankfurt
H. Wettstein, Karlsruhe (Vorsitz)

Folgende Institutionen haben die Tagung finanziell unterstützt:

Badische Landesbausparkasse, Karlsruhe
Daimler Benz AG, Stuttgart
Deutsche Bank AG, Karlsruhe
Dresdner Bank AG, Karlsruhe
Dr.-Ing. Seufert GmbH, Karlsruhe
Hewlett Packard, Waldbronn
Siemens AG, Karlsruhe
Sparkasse, Karlsruhe

Band 44: Organisation informationstechnisch-gestützter öffentlicher Verwaltungen. Fachtagung, Speyer, Oktober 1980. Herausgegeben von H. Reinermann, H. Fiedler, K. Grimmer und K. Lenk. 1981.

Band 45: R. Marty, PISA – A Programming System for Interactive Production of Application Software. VII, 297 Seiten. 1981.

Band 46: F. Wolf, Organisation und Betrieb von Rechenzentren. Fachgespräch der GI, Erlangen, März 1981. VII, 244 Seiten. 1981.

Band 47: GWAI – 81 German Workshop on Artificial Intelligence. Bad Honnef, January 1981. Herausgegeben von J. H. Siekmann. XII, 317 Seiten. 1981.

Band 48: W. Wahlster, Natürlichsprachliche Argumentation in Dialogsystemen. KI-Verfahren zur Rekonstruktion und Erklärung approximativer Inferenzprozesse. XI, 194 Seiten. 1981.

Band 49: Modelle und Strukturen. DAG 11 Symposium, Hamburg, Oktober 1981. Herausgegeben von B. Radig. XII, 404 Seiten. 1981.

Band 50: GI – 11. Jahrestagung. Herausgegeben von W. Brauer. XIV, 617 Seiten. 1981.

Band 51: G. Pfeiffer, Erzeugung interaktiver Bildverarbeitungssysteme im Dialog. X, 154 Seiten. 1982.

Band 52: Application and Theory of Petri Nets. Proceedings, Strasbourg 1980, Bad Honnef 1981. Edited by C. Girault and W. Reisig. X, 337 pages. 1982.

Band 53: Programmiersprachen und Programmentwicklung. Fachtagung der GI, München, März 1982. Herausgegeben von H. Wössner. VIII, 237 Seiten. 1982.

Band 54: Fehlertolerierende Rechensysteme. GI-Fachtagung, München, März 1982. Herausgegeben von E. Nettund H. Schwärtzel. VII, 322 Seiten. 1982.

Band 55: W. Kowalk, Verkehrsanalyse in endlichen Zeiträumen. VI, 181 Seiten. 1982.

Band 56: Simulationstechnik. Proceedings, 1982. Herausgegeben von M. Goller. VIII, 544 Seiten. 1982.

Band 57: GI – 12. Jahrestagung. Proceedings, 1982. Herausgegeben von J. Nehmer. IX, 732 Seiten. 1982.

Band 58: GWAI-82. 6th German Workshop on Artificial Intelligence. Bad Honnef, September 1982. Edited by W. Wahlster. VI, 246 pages. 1982.

Band 59: Künstliche Intelligenz. Frühjahrsschule Teisendorf, März 1982. Herausgegeben von W. Bibel und J. H. Siekmann. XIII, 383 Seiten. 1982.

Band 60: Kommunikation in Verteilten Systemen. Anwendungen und Betrieb. Proceedings, 1983. Herausgegeben von Sigrum Schindler und Otto Spaniol. IX, 738 Seiten. 1983.

Band 61: Messung, Modellierung und Bewertung von Rechensystemen. 2. GI/NTG-Fachtagung, Stuttgart, Februar 1983. Herausgegeben von P. J. Kühn und K. M. Schulz. VII, 421 Seiten. 1983.

Band 62: Ein inhaltsadressierbares Speichersystem zur Unterstützung zeitkritischer Prozesse der Informationswiedergewinnung in Datenbanksystemen. Michael Malms. XII, 228 Seiten. 1983.

Band 63: H. Bender, Korrekte Zugriffe zu Verteilten Daten. VIII, 203 Seiten. 1983.

Band 64: F. Hoffeld, Parallele Algorithmen. VIII, 232 Seiten. 1983.

Band 65: Geometrisches Modellieren. Proceedings, 1982. Herausgegeben von H. Nowacki und R. Gnatz. VII, 399 Seiten. 1983.

Band 66: Applications and Theory of Petri Nets. Proceedings, 1982. Edited by G. Rozenberg. VI, 315 pages. 1983.

Band 67: Data Networks with Satellites. GI/NTG Working Conference, Cologne, September 1982. Edited by J. Majus and O. Spaniol. VI, 251 pages. 1983.

Band 68: B. Kutzler, F. Lichtenberger, Bibliography on Abstract Data Types. V, 194 Seiten. 1983.

Band 69: Betrieb von DN-Systemen in der Zukunft. GI-Fachgespräch, Tübingen, März 1983. Herausgegeben von M. A. Graef. VIII, 343 Seiten. 1983.

Band 70: W. E. Fischer, Datenbanksystem für CAD-Arbeitsplätze. VII, 222 Seiten. 1983.

Band 71: First European Simulation Congress ESC 83. Proceedings, 1983. Edited by W. Ameling. XII, 653 pages. 1983.

Band 72: Sprachen für Datenbanken. GI-Jahrestagung, Hamburg, Oktober 1983. Herausgegeben von J. W. Schmidt. VII, 237 Seiten. 1983.

Band 73: GI - 13. Jahrestagung. Hamburg, Oktober 1983. Proceedings. Herausgegeben von J. Kupka. VIII, 502 Seiten. 1983.

Band 74: Requirements Engineering. Arbeitstagung der GI, 1983. Herausgegeben von G. Hommel und D. Krönig. VIII, 247 Seiten. 1983.

Band 75: K. R. Dittrich, Ein universelles Konzept zum flexiblen Informationsschutz in und mit Rechensystemen. VIII, 246 pages. 1983.

Band 76: GWAI-83. German Workshop on Artificial Intelligence. September 1983. Herausgegeben von B. Neumann. VI, 240 Seiten. 1983.

Band 77: Programmiersprachen und Programmentwicklung. 8. Fachtagung der GI, Zürich, März 1984. Herausgegeben von U. Ammann. VIII, 239 Seiten. 1984.

Band 78: Architektur und Betrieb von Rechensystemen. 8. GI-NTG-Fachtagung, Karlsruhe, März 1984. Herausgegeben von H. Wettstein. IX, 391 Seiten. 1984.

Inhaltsverzeichnis

Hauptvortrag

Über die Grenzen der Einsicht im Computerwesen	1
<i>H. Zemanek</i>	

Neue Rechnerstrukturen

TREE-Computers: A Survey and Implications for Practise	26
<i>W. Wöst</i>	
Lastverteilung in eng gekoppelten Mehrrechnersystemen mit beschränkter Nachbarschaft	37
<i>H. Mierendorf</i>	

Schnelligkeit

New Multiparallel Systems - Cyberplus (eingeladener Vortrag)	51
<i>W. Ray</i>	
Ein Signalprozessor mit Wirt-Gast-Kopplung über gemeinsame Speicherbereiche	61
<i>P. Strohbach, U. Appel</i>	
Leistungsfähigkeit von Mehrrechnerprozessorsystemen mit iAPX 432-Prozessoren, Kreuzschienenverteiler und Pufferspeichern	73
<i>W. Hoffmann, A. Lehmann</i>	
Eine Architektur für Höchstleistungsrechner mit Cache-Speicher	88
<i>U. Hollberg, P. Spies</i>	
DB-Cache für UDS	106
<i>K. Unterauer</i>	

Systemkonzepte I

Instrumentenrechner für interplanetare Missionen (eingeladener Vortrag)	114
<i>F. Gliem</i>	
Anforderungen an zukünftige Strukturen von Betriebssystemen am Beispiel der Weiterentwicklung des BS2000	143
<i>H. Meißner, H. Stiegler</i>	
Funktionsorientierte Hardware für Datenbanksysteme	155
<i>H. Zeidler</i>	

Höchst-integrierte Rechensysteme für CAE-Arbeitsplatz-Netzwerke <i>H. Schäfer</i>	169
MICON - Ein Bausteinsystem für frei konfigurierbare Rechnernetze <i>H. von Issendorf</i>	186
Systemkonzepte II	
Multiprozessoren für breite Anwendungsbereiche: ERLANGEN GENERAL PURPOSE ARRAY <i>W. Händler, U. Herzog, F. Hofmann, H. Schneider</i>	195
Ein integriertes System zur Auftrags-, Produktions- und Versandsteuerung von Aggregaten <i>G. Jahn, F. Ungnadner</i>	209
Rechnergestütztes Krankenhauskommunikations- und Steuerungssystem: Verfügbarkeits- und Leistungsanforderungen <i>E. Wilde</i>	224
Das System CTM9032 - ein leistungsfähiger Verbund intelligenter Bildschirmarbeitsplätze <i>D. Krause</i>	236
Das fehlertolerante DELTA-System <i>W. Blau, K. May, C. Schirmer</i>	247
Peripherieanschluß über Vorprozessoren Auswirkungen auf Struktur und Verhalten von HW/SW-Systemen <i>D. Schölzke</i>	258
Fehlertoleranz I	
Zuverlässigkeit von DV-Systemen - Eine systemtechnische Aufgabe (eingeladener Vortrag) <i>H. Trauboth</i>	271
Ein Transaktionskonzept für ein Betriebssystem mit virtuellem Speicher <i>W. Ballin, E. Vogel</i>	296
Kurze Ausfälle tolerierende Rechensysteme <i>K. Heidtmann</i>	305
Fehlermaskierende verteilte Systeme zur Erfüllung hoher Zuverlässigkeit-Anforderungen in Prozeßrechner-Netzen <i>K. Echte</i>	315

Synchron-Duplex-Rechner <i>C. Schmees - van Zadelhoff</i>	329
Fehlertoleranz II	
The Problem of Confidence in Fault-Tolerant Computer Design (eingeladener Vortrag) <i>J. Goldberg</i>	347
Festlegung des Ortes und Umfangs von Rücksetzpunkten in Prozeß-Systemen bei der Übersetzung und Berücksichtigung der Programm-Redundanz zur Ausnahmebehandlung <i>A. Pfitzmann</i>	362
Möglichkeiten und Verfahren zur schnellen Datenbank-Recovery bei einzelnen zerstörten Datenbankblöcken <i>K. Küspert</i>	378

ÜBER DIE GRENZEN DER EINSICHT IM COMPUTERWESEN
Hauptvortrag

Heinz Zemanek, Wien
Universitätsprofessor
IBM Fellow

1. Grenzen müssen nicht Linien sein
(Einsicht und Raffinement)
2. Einsicht oder Überwältigung
(Anschauung ist durch nichts zu ersetzen)
3. Der miniaturisierte Riese
(Die undurchschaubare Ansammlung von Logik)
4. Einsicht trotz Fülle der Einzelheiten
(Abstrakte Architektur und Schnittstelle)
5. Der Computer als Sprachverarbeitungsautomat
(Syntax und Semantik als Hilfe und Hindernis)
6. Informationsverarbeitung als Geisteswissenschaft
(Ein Bilanzversuch für das Computerwesen)

1. Grenzen müssen nicht Linien sein
(Einsicht und Raffinement)

Grenzen sind heute nur noch bedingt scharfe Linien; immer mehr sind sie Übergänge mit Grauzonen oder mit allmählicher Transformation. Mitunter muß man Grenzen als Gebiete verstehen, in denen man einen Aspekt nur im Tausch gegen einen anderen verbessern kann. Das kommt von der Verfeinerung unserer Beobachtung und Einsicht, von der Kleinheit unserer Vorrichtungen in Raum und Zeit. Von den harten Grenzen hatte man sich noch jene abschließende perfekte Erkenntnis und Ordnung versprochen, welche der Physik und der Technik eine gewisse Überheblichkeit suggerierten. Die weichen Grenzen geben uns das Bewußtsein von Unzulänglichkeit und Unterinformiertheit zurück, welches im vortechnischen Zeitalter für normal angesehen wurde und nun, am Ende des 20. Jahrhunderts, zu Bescheidenheit und Besinnung mahnt. Das hat nichts mit Kulturpessimismus zu tun oder mit einer Verteufelung der Technik, welche vorwiegend von Leuten betrieben wird, die wenig Einsicht haben und unreflektierten Gebrauch von der Technik machen. Noch vor zwanzig Jahren war es ein wirksamer Scherz, den technischen Direktor einer großen Glühlampenfirma nach den Plänen für eine allgemeine Alpenbeleuchtung zu fragen - heute klänge es nach den üblichen Übertreibungen eines grünen Parteiblatts. Die Alpen lassen sich so wenig ausleuchten wie ein technisch-wissenschaftliches Gelände. Selbst die Informatik, ein Fachgebiet auf solidester logischer Basis, hat ihre Dunkelbezirke, und es ist eine ebenso legale wie nützliche Aufgabe, sich mit den Grenzen der Einsicht in ihren Bereichen auseinanderzusetzen.

Denn die unscharfen Grenzen beginnen bereits in der Logik. Es ist nur zwei Drittel eines Jahrhunderts her, daß der Logische Positivismus die Hoffnung geben durfte, mit Hilfe der Logik zu einer vollständigen Beschreibung der Welt zu gelangen, nach deren Fertigstellung über das, was sich dahinter zeigt (um mit Wittgenstein zu reden), wissenschaftlich nur geschwiegen werden kann. Und Extremisten leugnen überhaupt, daß außerhalb der logischen Beschreibung - außer vielleicht einer statistischen Verteilung - etwas existieren könnte. Beschränken wir uns zunächst auf die Logik. Die Grenze zwischen dem Entscheidbaren und dem Unentscheidbaren, zwischen dem Berechenbaren und dem Unberechenbaren, ist eine logische Grenze unserer Einsicht, die in der Mathematik fast am Horizont üblicher Betrachtung liegen mag, in der

Informatik aber einen Zaun im täglichen Arbeitsfeld herstellt - denn jeder Übersetzer kann in jene Begrenztheit und Unentscheidbarkeit hineinschlittern, mit welcher Logik und Mathematik unserer Zeit konfrontiert sind.

In der Physik ist eine ganz ähnliche Grenze durch die Unschärferelation beschrieben: Heisenberg hat nachgewiesen, daß mit steigender Präzision unserer Meßverfahren allmählich genauere Ortsangaben nur um den Preis entsprechend ungenauerer Impulsangaben erreicht werden können. Das heißt im Grunde: je genauer man in der Naturwissenschaft die Gegenwart kennt, umso unbestimmter erscheint die Zukunft. Und das ist eine Warnung für das übermäßige Vertrauen in die physikalische Erkenntnis. In der Nachrichtentechnik gilt eine ähnliche Relation zwischen Zeitauflösung und Bandbreite, und Shannon erreichte die Grenze unserer Einsicht, wo man sich bereits mit Statistik behelfen muß. Sein Begriff der Informationsentropie, ein Analogon zur physikalischen Entropie, liefert die Kanalkapazität, einen Grenzwert, welcher Zeitauflösung, Bandbreite und Nutz-Stör-Leistungsverhältnis gegeneinander austauschbar erscheinen läßt. Und auch dies ist wieder ein Zaun auf dem täglichen Arbeitsfeld der Informatik.

Selbst die drei Begriffe, welche seit der Französischen Revolution die Maximen der Demokratie sind - Freiheit, Gleichheit und Brüderlichkeit - erweisen sich als Übergangsrelationen mit dem gleichen Grenzcharakter. Und auch sie sind Zäune auf dem Arbeitsgebiet der Informatik. Denn von einem bestimmten Gebiet unserer technischen Fertigkeiten an läßt sich Freiheit nur um den Preis der Reduktion der Sicherheit erkaufen und höhere Sicherheit nur um den Preis verminderter Freiheit, was dem Informatiker nicht nur in der Frage des Datenschutzes entgegentritt, sondern auch zum Beispiel beim Umgang mit der sogenannten Künstlichen Intelligenz. Auch Gleichheit und Erfolg - ein Produktpaar aus dem Wirtschaftsleben und aus der Soziologie - spielen in der Informatik die Rolle einer Übergangsgrenze; man könnte hier längere Überlegungen zur Normung anstellen. Und das Begriffspaar Brüderlichkeit und Moral ist vorläufig weniger aktuell, aber das kann sich ändern. Philosophische Fragen können in der Informatik recht unversehens zu technischen Problemen werden.

Auch in der reinen Technik gibt es beim Computer zahlreiche Begriffspaare, die eine derartige Übergangsgrenze bilden, wo der eine Aspekt gegen den anderen ausgetauscht werden muß: Hardware gegen Software,

Speicherkapazität gegen Ausführungsgeschwindigkeit, Preis gegen Qualität und so fort. Was in diesem Beitrag aufgegriffen werden soll, ist das Verhältnis zwischen technischem Raffinement und herrschender Einsicht, ein Verhältnis, dem wir allgemein mit zu großem Optimismus oder mit großzügiger Unbekümmertheit gegenüberstehen. Das Raffinement ist im Computerwesen außerordentlich weit getrieben und es müßte uns klar sein, daß jede weitere Verfeinerung mit einer Verringerung unserer Einsicht bezahlt werden muß, wenn man nicht einen Weg findet, um beide Fortschritte zugleich zu machen.

Optimismus und Unbekümmertheit werden allmählich nicht nur zu einer Gefahr - das wäre nicht ganz so schlimm, denn mit Gefahren muß man leben, und Leuten, die aus den Gefahren gleich auf die Abschaffungswürdigkeit einer Sache schließen, soll man zutiefst mißtrauen. Optimismus samt Unbekümmertheit könnten den Computer in die Situation führen, in welche die Atomenergie bereits geraten ist, nämlich als Übel an sich abqualifiziert zu werden. Derartige Irrationalitäten lassen sich hinterher schwer aus der Welt schaffen (und schon gar nicht mit rationalen Argumenten). Man muß dafür sorgen, daß sie nicht erst aufkommen. Die erste Voraussetzung dafür ist es, die Grenzen des Werkzeugs Computer klar zu erkennen, und diese wieder sind durch die Grenzen unserer Einsicht in das Werkzeug bestimmt.

2. Einsicht oder Überwältigung (Anschauung ist durch nichts zu ersetzen)

Was soll hier unter Einsicht verstanden werden? Einsicht ist etwas anderes als eine auf Vollständigkeit ausgerichtete Ansammlung von Detailinformation. Die Entwicklung von Einsicht ist selbst ein Informationsverarbeitungsvorgang, eine Reduktion der Menge auf das Relevante. Einsicht ist eine Form der Erkenntnis, eine Leistung des menschlichen Geistes, der tatsächlichen, das heißt der natürlichen und werkzeugunabhängigen Intelligenz. Einsicht im allgemeinen müßte man vielleicht ein wenig anders erklären; Einsicht im naturwissenschaftlich-technischen Bereich ist beherrschendes Verständnis der Zusammenhänge innerhalb einer Struktur und ihrer Bezüge zur Umwelt, zur Superstruktur, in welcher das Betrachtete eingebettet ist. Einsicht ist jene menschliche Überhöhung des Wissens, die weder durch

Daten noch durch Algorithmen ausgedrückt werden kann. Sie ist mehr als Intelligenz, denn es gibt uneinsichtige Intelligenz.

Einsicht ist daher sicher etwas, das der programmierten, der sogenannten "künstlichen" Intelligenz fehlt. Wenn gewisse Optimisten nun schon über 30 Jahre lang versichern, daß ein derartiger Unterschied mit der weiteren Entwicklung der Informatik gegen null gehen müsse, dann verwechseln sie das, was sie selbst besitzen, mit dem, was sie dem Computer erteilen. Das heißt nicht, daß die Künstliche Intelligenz keine Chance hätte. Erstens wird bei diesen Arbeiten Einsicht und Erfahrung gewonnen. Und zweitens gibt es in unserer Welt eine fortschreitende Verdummung - deren Gründe hier nicht zu diskutieren sind - so daß es in einer Reihe von Berufen nur eine Frage der Zeit ist, wann die mittlere menschliche Fähigkeit unter das Computerniveau absinkt und der sogenannte "intelligente" Bildschirm zwar nicht als intelligent, aber als besser als der mittlere Mitarbeiter zu klassifizieren sein wird. In dieser Formulierung wird die Natur des sozialen Problems der sogenannten Computer-Revolution ersichtlich; es ist ein Umstellungs- und Erziehungsproblem.

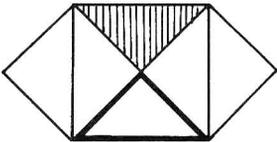
Zur Einsicht sind mehrere Voraussetzungen erforderlich, und sie kann nur innerhalb gewisser Grenzen erworben werden. Die beiden wichtigsten Voraussetzungen sind klare Struktur und gute Erklärung der Funktion. Beim Computer, sowohl bei seinen Schaltkreisen wie bei seinen Programmen, bedeutet dies die Forderung nach gekonntem Entwurf und nach guter Dokumentation - Aspekte, welche unter dem Kennwort "Abstrakte Architektur" weiter unten behandelt werden. Eine besondere Rolle spielt dabei eine Eigenschaft, die heute oft als *Transparenz* bezeichnet wird, nicht in der unmittelbaren Bedeutung der unverzerrten Anschauung. Und mit Verzerrungen verschiedenster Art hat die Einsicht im Computerwesen arg zu kämpfen.

Der große Eindruck, den der Computer auf Laien und Fachleute macht, und zwar zurecht, denn er ist eine Spitzenleistung menschlichen Geistes, kann nur allzuleicht zur Einschüchterung verwendet werden, unbewußt und bewußt. Die unerhörte Fehlerfreiheit seiner technischen Funktion verstärkt die Vorstellung von der Perfektion, die diesem Werkzeug wesensgemäß ist. Die Vorstellung von der Perfektion ist gar nicht unberechtigt. Daß die Imperfektion vom Menschen ausgeht und auf der mechanisch-elektronischen Perfektion nicht nur transportiert, sondern sogar verstärkt werden kann, wird nicht gelehrt, selten

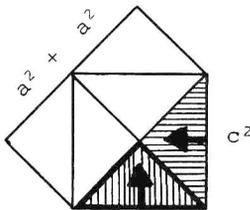
diskutiert und bleibt für den kritischen Laien undemonstrierbar. Er hört ständig von der Perfektion reden und seine Einwände lassen sich mit wenig Mühe vom Tisch fegen. Der Laie wird mit der angeblichen Perfektion des Computers eingeschüchtert. Das ist nicht gut, es birgt die Gefahr der irrationalen Reaktion. Aber dem Fachmann geht es nicht viel besser.

Denn die Einschüchterung beginnt, genau wie die unscharfe Grenze, bereits in der Mathematik und Logik. Sie ist die Schwester der mangelhaften Einsicht. Das hat der Philosoph Arthur Schopenhauer in seinem Werk "Die Welt als Wille und Vorstellung" (§ 15 des ersten Buches) behandelt. Er stellt die Anschauung als die erste Quelle aller Evidenz in den Vordergrund, da jede Vermittlung durch Begriffe den Empfänger vielen Täuschungen aussetzt. Er geht vom Kontrast aus, der zwischen dem Wissen, daß es so ist, und dem Wissen, warum es so ist, besteht. Mit der rechten Frage warum? aber kommen kleine und große Informatiker sehr rasch an die Grenzen der Einsicht.

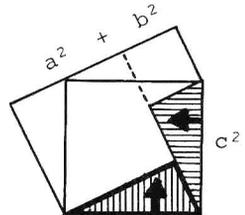
Schopenhauer wirft Euklid und seinem Einfluß vor, den Weg der Anschauung in der Mathematik durch den Weg der Überwältigung ersetzt zu haben. Oft werden, wie im Pythagoräischen Lehrsatz, Linien gezogen, ohne daß man weiß, warum: hinterher zeigt sich, daß es Schlingen waren, die sich unerwartet zuziehen und die Zustimmung des Lernenden erzwingen, der verwundert zugeben muß, was ihm in seinem inneren Zusammenhang nach völlig unbegreiflich bleibt. Euklids stelzbeiniger, ja hinterlistiger Beweis für den Pythagoräischen Lehrsatz verläßt uns bei der Frage nach dem Warum und die beistehende einfache Figur gibt auf einen Blick weit mehr als jener Beweis. Auch bei ungleichen Katheten muß es sich zu einer solchen anschaulichen Überzeugung bringen lassen. Schopenhauer hatte ihn jedoch nicht. Als Student noch,



Schopenhauers
Diagramm



Beweis durch Verschiebung
für 45°



Thabit ibn Qurra
allgem. Beweis