

Informatik – Fachberichte

Band 1: Programmiersprachen. GI-Fachtagung 1976. Herausgegeben von H.-J. Schneider und M. Nagl. (vergriffen)

Band 2: Betrieb von Rechenzentren. Workshop der Gesellschaft für Informatik 1975. Herausgegeben von A. Schreiner. (vergriffen)

Band 3: Rechnernetze und Datenfernverarbeitung. Fachtagung der GI und NTG 1976. Herausgegeben von D. Haupt und H. Petersen. VI, 309 Seiten. 1976.

Band 4: Computer Architecture. Workshop of the Gesellschaft für Informatik 1975. Edited by W. Händler. VIII, 382 pages. 1976.

Band 5: GI – 6. Jahrestagung. Proceedings 1976. Herausgegeben von E. J. Neuhold. (vergriffen)

Band 6: B. Schmidt, GPSS-FORTRAN, Version II. Einführung in die Simulation diskreter Systeme mit Hilfe eines FORTRAN-Programmpaketes, 2. Auflage. XIII, 535 Seiten. 1978.

Band 7: GMR–GI–GfK. Fachtagung Prozessrechner 1977. Herausgegeben von G. Schmidt. (vergriffen)

Band 8: Digitale Bildverarbeitung/Digital Image Processing. GI/NTG Fachtagung, München, März 1977. Herausgegeben von H.-H. Nagel. (vergriffen)

Band 9: Modelle für Rechensysteme. Workshop 1977. Herausgegeben von P. P. Spies. VI, 297 Seiten. 1977.

Band 10: GI – 7. Jahrestagung. Proceedings 1977. Herausgegeben von H. J. Schneider. IX, 214 Seiten. 1977.

Band 11: Methoden der Informatik für Rechnerunterstütztes Entwerfen und Konstruieren, GI-Fachtagung, München, 1977. Herausgegeben von R. Gnatz und K. Samelson. VIII, 327 Seiten. 1977.

Band 12: Programmiersprachen. 5. Fachtagung der GI, Braunschweig, 1978. Herausgegeben von K. Alber. VI, 179 Seiten. 1978.

Band 13: W. Steinmüller, L. Ermer, W. Schimmel: Datenschutz bei riskanten Systemen. Eine Konzeption entwickelt am Beispiel eines medizinischen Informationssystems. X, 244 Seiten. 1978.

Band 14: Datenbanken in Rechnernetzen mit Kleinrechnern. Fachtagung der GI, Karlsruhe, 1978. Herausgegeben von W. Stucky und E. Holler. (vergriffen)

Band 15: Organisation von Rechenzentren. Workshop der Gesellschaft für Informatik, Göttingen, 1977. Herausgegeben von D. Wall. X, 310 Seiten. 1978.

Band 16: GI – 8. Jahrestagung. Proceedings 1978. Herausgegeben von S. Schindler und W. K. Giloi. VI, 394 Seiten. 1978.

Band 17: Bildverarbeitung und Mustererkennung. DAGM Symposium, Oberpfaffenhofen, 1978. Herausgegeben von E. Triendl. XIII, 385 Seiten. 1978.

Band 18: Virtuelle Maschinen. Nachbildung und Vervielfachung maschinenorientierter Schnittstellen. GI-Arbeitsseminar. München 1979. Herausgegeben von H. J. Siegert. X, 230 Seiten. 1979.

Band 19: GI – 9. Jahrestagung. Herausgegeben von K. H. Böhlting und P. P. Spies. (vergriffen)

Band 20: Angewandte Szenenanalyse. DAGM Symposium, Karlsruhe 1979. Herausgegeben von J. P. Foith. XIII, 362 Seiten. 1979.

Band 21: Formale Modelle für Informationssysteme. Fachtagung der GI, Tutzing 1979. Herausgegeben von H. C. Mayr und B. E. Meyer. VI, 265 Seiten. 1979.

Band 22: Kommunikation in verteilten Systemen. Workshop der Gesellschaft für Informatik e.V.. Herausgegeben von S. Schindler und J. C. W. Schröder. VIII, 338 Seiten. 1979.

Band 23: K.-H. Hauer, Portable Methodenmonitoren. Dialogsysteme zur Steuerung von Methodenbanken: Softwaretechnischer Aufbau und Effizienzanalyse. XI, 209 Seiten. 1980.

Band 24: N. Ryska, S. Herda, Kryptographische Verfahren in der Datenverarbeitung. V, 401 Seiten. 1980.

Band 25: Programmiersprachen und Programmentwicklung. 6. Fachtagung, Darmstadt, 1980. Herausgegeben von H.-J. Hoffmann. VI, 236 Seiten. 1980

Band 26: F. Gaffal, Datenverarbeitung im Hochschulbereich der USA. Stand und Entwicklungstendenzen. IX, 199 Seiten. 1980.

Band 27: GI-NTG Fachtagung, Struktur und Betrieb von Rechensystemen. Kiel, März 1980. Herausgegeben von G. Zimmermann. IX, 286 Seiten. 1980.

Band 28: Online-Systeme im Finanz- und Rechnungswesen. Anwendergespräch, Berlin, April 1980. Herausgegeben von P. Stahlknecht. X, 547 Seiten, 1980.

Band 29: Erzeugung und Analyse von Bildern und Strukturen. DGaO – DAGM Tagung, Essen, Mai 1980. Herausgegeben von S. J. Pöppel und H. Platzler. VII, 215 Seiten. 1980.

Band 30: Textverarbeitung und Informatik. Fachtagung der GI, Bayreuth, Mai 1980. Herausgegeben von P. R. Wossido. VIII, 362 Seiten. 1980.

Band 31: Firmware Engineering. Seminar veranstaltet von der gemeinsamen Fachgruppe „Mikroprogrammierung“ des GI Ausschusses 3/4 und des NTG-Fachausschusses 6 vom 12. – 14. März 1980 in Berlin. Herausgegeben von W. K. Giloi. VII, 289 Seiten. 1980.

Band 32: M. Kühn, CAD Arbeitssituation. Untersuchungen zu den Auswirkungen von CAD sowie zur menschengerechten Gestaltung von CAD-Systemen. VII, 215 Seiten. 1980.

Band 33: GI – 10. Jahrestagung. Herausgegeben von R. Wilhelm. XV, 563 Seiten. 1980.

Band 34: CAD-Fachgespräch. GI - 10. Jahrestagung. Herausgegeben von R. Wilhelm. VI, 184 Seiten. 1980.

Band 35: B. Buchberger, F. Lichtenberger: Mathematik für Informatiker I. Die Methode der Mathematik. XI, 315 Seiten. 1980.

Band 36: The Use of Formal Specification of Software. Berlin, Juni 1979. Edited by H. K. Berg and W. K. Giloi. V, 388 pages. 1980.

Band 37: Entwicklungstendenzen wissenschaftlicher Rechenzentren. Kolloquium, Göttingen, Juni 1980. Herausgegeben von D. Wall. VII, 163 Seiten. 1980.

Band 38: Datenverarbeitung im Marketing. Herausgegeben von R. Thome. VIII, 377 pages. 1981.

Band 39: Fachtagung Prozeßrechner 1981. München, März 1981. Herausgegeben von R. Baumann. XVI, 476 Seiten. 1981.

Band 40: Kommunikation in verteilten Systemen. Herausgegeben von S. Schindler und J.C.W. Schröder. IX, 459 Seiten. 1981.

Band 41: Messung, Modellierung und Bewertung von Rechensystemen. GI-NTG Fachtagung. Jülich, Februar 1981. Herausgegeben von B. Mertens. VIII, 368 Seiten. 1981.

Band 42: W. Kilian, Personalinformationssysteme in deutschen Großunternehmen. XV, 352 Seiten. 1981.

Band 43: G. Goos, Werkzeuge der Programmiertechnik. GI-Arbeits-tagung. Proceedings, Karlsruhe, März 1981. VI, 262 Seiten. 1981.

Informatik-Fachberichte

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

59

Künstliche Intelligenz

Frühjahrsschule

Teisendorf, 15. – 24. März 1982

Herausgegeben von
Wolfgang Bibel und Jörg H. Siekmann



Springer-Verlag
Berlin Heidelberg New York 1982

Herausgeber

Wolfgang Bibel
Institut für Informatik der Technischen Universität
Postfach 2024 20, 8000 München 2

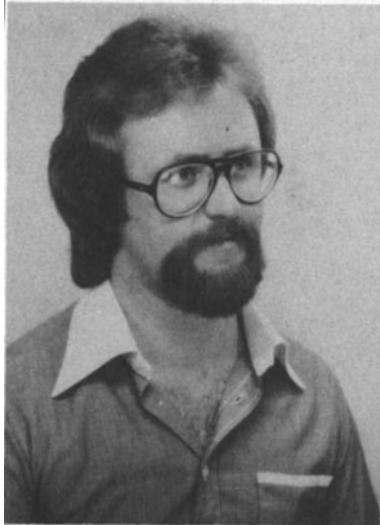
Jörg H. Siekmann
Universität Karlsruhe, Institut für Informatik 1
Postfach 6380, 7500 Karlsruhe 1

CR Subject Classifications (1982): I.2

ISBN-13: 978-3-540-11974-6 e-ISBN-13: 978-3-642-68828-7
DOI: 10.1007/978-3-642-68828-7

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 1982



ZUR ERINNERUNG
AN UNSEREN FREUND UND KOLLEGEN
JÖRGEN FOITH †

VORWORT

Unsere Zeit ist geprägt von immer komplexeren Systemen und Mechanismen. Gemeint sind die natürlichen Systeme der menschlichen Gemeinschaft, der Politik, der Wirtschaft, der Kommunikation, des Verkehrs. Immer stärker drängt sich dem Zeitgenossen der Verdacht auf, daß der Mensch der ihnen innewohnenden Komplexität auch mit einer noch so ausgeklügelten Organisation des Kooperierens nicht mehr gewachsen ist.

Im Spektrum der Möglichkeiten für einen Ausweg aus diesem Zustand der Hilflosigkeit finden wir am einen Ende die Forderung des Zurück-zu-überschaubaren-Strukturen, am anderen Ende den Ruf nach einer technologischen Lösung, mit allen möglichen Zwischenabstufungen des mehr-Überschaubarkeit-durch-bessere-Technologie.

Es ist unbestritten, daß der Schlüssel zu einer solchen Technologie in dem neuen "Superwerkzeug" Computer liegt. Über die Art und Weise seines Einsatzes gehen die Meinungen jedoch weit auseinander, was angesichts der nahezu unbegrenzten Möglichkeiten seiner Verwendung keineswegs verwundert.

Die einen verstehen ihn als klassisches Werkzeug, das in der Hand des Menschen genau definierte Aufgaben in genau definierter, vom Menschen vorgedachter Weise erfüllt. Dies erfordert, daß der Mensch sich diesem Werkzeug anpaßt, d.h. sich in seine Funktionsweise hineindenkt, wenn er es zur Lösung der gegebenen Probleme miteinsetzen möchte. Eine derartige Grundphilosophie hat die Informatik in Deutschland bis heute überwiegend geprägt (eine im Detail sicherlich nötige Differenzierung würde hier zu weit führen).

Die anderen sehen im Computer potentiell ein Instrument, das sich - umgekehrt - weitgehend an den Menschen und seine kognitiven Fähigkeiten anpassen läßt. Demnach sollte jeglicher Informationsaustausch zwischen Mensch und Maschine möglichst auf eine dem Menschen vertraute Weise (z.B. mittels natürlicher Sprache oder Bildern) erfolgen. Auch die in der Maschine eingesetzten Mechanismen sollten - jedenfalls an der für den Benutzer sichtbaren Oberfläche - auf das Vorgehen des Menschen bei der Lösung seiner Probleme abgestimmt sein; sie sollten sein Verständnis und sein Bemühen um adäquate Lösungen in direkter Weise unterstützen. Ein derartiges Leitbild schwebt dem *Gebiet der Künstlichen Intelligenz* - kurz KI - vor, das einige neuerdings auch mit *Intellektik* bezeichnen.

Es ist einsichtig, daß nur auf diesem letzteren - von der Intellektik übrigens seit ihrem Entstehen in den 50er Jahren beschrittenen - Weg die Chance besteht, technologische Antworten auf die eingangs skiz-

zierte Problematik zu finden. Denn wenn uns schon das bloße Verständnis der komplexen Zusammenhänge überfordert, dann ist es eine Illusion anzunehmen, man könnte Lösungen in ihren Abläufen detailliert vorausdenken und in einer künstlichen, der Maschine, jedoch nicht dem Menschen angepaßten Programmiersprache formulieren. In dieser Illusion liegt meines Erachtens auch der tiefere Grund für die sogenannte Softwarekrise, die bekanntlich immer gravierendere Ausmaße annimmt.

Diese Einsicht, gepaart mit revolutionierenden Fortschritten in der Hardware-Technologie, haben weltweit eine Hinorientierung zu der Methodik der Intellektik eingeleitet. In den USA hatte die *artificial intelligence* (AI) schon von Anbeginn der Computerentwicklung eine relativ starke Position. In Japan hat sich die Umorientierung mit dem Start des "Fifth-generation computer systems" Projekt vollzogen. In Europa manifestiert sich der analoge Prozess in dem ESPRIT Projekt, das von der EG-Kommission in Brüssel initiiert wird, sowie in nationalen Anstrengungen, die von den zuständigen Ministerien (hier in Deutschland dem Bundesministerium für Forschung und Technologie - BMFT) vorrangig gefördert werden.

In Europa sind die Voraussetzungen für eine Realisierung dieser Pläne jedoch denkbar ungünstig, da das Übel an der Wurzel, nämlich der Ausbildung liegt. Schon die Informatikausbildung ist gekennzeichnet von gravierenden Problemen, insbesondere einer traurigen Rekordhöhe des Studenten/Dozenten Quotienten. Bei der "Intellektikausbildung" jedoch kann man nicht einmal mehr nur von Problemen sprechen, einfach weil eine solche Ausbildung schlichtweg überhaupt nicht oder bestenfalls nur in rudimentären Ansätzen existiert.

Angesichts dieser alarmierenden Situation hat der Unterausschuß "Künstliche Intelligenz" des FA 6 der Gesellschaft für Informatik (GI) die Durchführung eines Kurses über Künstliche Intelligenz als ersten, vorbereitenden Schritt in Richtung auf eine breitere Intellektikausbildung an deutschen Universitäten geplant und schließlich realisiert. Dieser Kurs fand vom 15.-24.3.1982 in der Kolping-Familienferienstätte in Teisendorf (Obb.) als Frühjahrsschule Künstliche Intelligenz (KIFS-82) statt. Die Durchführung wurde organisatorisch von der GI und der Universität Karlsruhe, und finanziell vom BMFT und vom Bayerischen Staatsministerium für Unterricht und Kultus großzügig unterstützt; die Leitung (mit verteilten Aufgabenbereichen) war W. Bibel und J.H. Siekmann anvertraut.

Die Hauptaufgabe jedoch lag bei den Dozenten W. Bibel (München), B. Buchberger (Linz), J. Foith (Kaiserslautern), B. Neumann (Hamburg), P. Raulefs (Bonn/Kaiserslautern), J. Siekmann (Karlsruhe) und

VII

W. Wahlster (Hamburg), jeder zuständig für einen bestimmten Teilbereich oder Teilaspekt des weitverzweigten Gebietes der KI. Die Ausarbeitungen ihrer Vorlesungen sind in dem vorliegenden Band vereinigt.

Damit stellt dieses Buch die erste deutschsprachige, einigermaßen umfassende Darstellung eines wesentlichen Bereichs der Intellektik in relativ kompakter Form dar. Sie dürfte sich eignen für Dozenten als Grundlage für einschlägige Vorlesungen, für Studenten zum Gebrauch neben den Vorlesungen, darüber hinaus für alle Leser, die sich aus unterschiedlichster Motivation heraus einen gewissen Einblick in die Intellektik verschaffen wollen. Geleitet von den umfangreichen Literaturverzeichnissen kann ein solcher Einstieg dann ggf. weiter vertieft werden.

Auf zwei wichtige Aspekte sollte dabei vielleicht eigens hingewiesen werden, obwohl sie sich aus der Natur des Unternehmens von selbst ergeben. Erstens konnten die gegenseitige Abstimmung der Beiträge nur bis zu einem gewissen Grad realisiert werden. Insbesondere vertritt jeder Autor seine eigenen Urteile und Einschätzungen, die, wie wohl in jedem jungen Wissensgebiet, oft weit divergieren. So wird der aufmerksame Leser durchaus unterschiedliche Auffassungen bei verschiedenen Autoren feststellen in Fragen wie "was charakterisiert KI", "wie weit erstreckt sich der Bereich der Intellektik", "mit welchem Namen bezeichnen wir dieses Gebiet", "in welcher Beziehung steht die Intellektik zu anderen Gebieten, etwa der Informatik", "wie wichtig ist das Teilgebiet XYZ innerhalb der Intellektik", um nur einige Beispiele zu nennen. Wir halten diese Vielfalt für förderlicher als eine erzwungene dogmatische Abstimmung.

Der zweite erwähnenswerte Aspekt der vorliegenden Darstellung ist ihre Unvollständigkeit sowohl in Tiefe als auch Breite. Dies bedeutet, daß die Beiträge in dem verfügbaren beschränkten Raum jeweils wirklich nur einen gewissen Überblick über das jeweilige Teilgebiet vermitteln können. Er bedeutet aber auch, daß hier wenn auch die meisten der (unserer Ansicht nach) wichtigen, so doch keineswegs alle Teilgebiete bzw. Teilaspekte der Intellektik angemessen vertreten sind. Als Beispiele seien etwa das Gebiet der akustischen Spracherkennung sowie der weite Bereich der *cognitive science* herausgegriffen. Sie mußten wegen der gegebenen Beschränkungen ebenso vernachlässigt werden, wie die Erörterung etwa der philosophisch-erkenntnistheoretischen, sozialen und politischen Aspekte der Intellektik, von vielen speziellen Anwendungsgebieten (wie z.B. VLSI-Entwurf, Computerarchitektur, Büroautomatisierung, etc.) ganz zu schweigen. Das Programm in Teisendorf war in dieser Hinsicht durch seine zusätzlichen Podiumsdiskussionen und Initiativveranstaltungen sicherlich ausgewogener als es dieser Band wiedergeben kann.

VIII

Die Reihenfolge der Beiträge hat sich aus folgenden sachlichen Überlegungen ergeben und spiegelt in keiner Weise irgendeine Gewichtung wieder. Sie beginnt mit einer allgemeinen Einführung für einen allerersten Überblick über das gesamte Gebiet. Hierauf folgen die Expertensysteme, aus denen sich Grundprinzipien von KI-Systemen (als generell wissensbasierten Systemen) ablesen lassen. Von ähnlich allgemeiner Bedeutung sind deduktive oder inferentielle Prozesse, die wohl ebenso mitentscheidend für intelligentes Verhalten sind; grundlegende Verfahren hierzu finden sich in dem daran anschließenden Beitrag. Auch die Methoden des Algorithmenentwurfs sind von genereller Bedeutung für den Bau jeglicher Systeme.

Die verbleibenden drei spezielleren Themen konzentrieren sich auf die Kommunikation zwischen System und Außenwelt. Entsprechend der eingangs umrissenen Philosophie hat die Intellektik von Anfang an das Ziel der Mensch/Maschine Kommunikation in natürlicher Sprache anvisiert, um die es im ersten dieser Beiträge geht. Daran schließt sich die Thematik des Bildverstehens an, bei der das System Information über die Umwelt durch Auswertung visueller Daten ohne Einschaltung des Menschen erarbeitet. Nicht zuletzt werden solche bildverarbeitenden Systeme in der Robotertechnologie eingesetzt, die Gegenstand des letzten Beitrages ist.

Wenige Wochen nach Teisendorf hat uns alle die Nachricht von dem tragischen Tod unseres Freundes und Kollegen Jörgen Foith erschüttert. So konnte er die Ausarbeitung seiner Vorlesung nicht mehr selbst vornehmen. Wir haben uns gleichwohl bemüht, wenigstens den Kern seiner Darstellung möglichst authentisch sichtbar zu machen.

München, im Oktober 1982

W. Bibel



Ein Teil der 110 Teilnehmer an der Frühjahrsschule
Künstliche Intelligenz in Teisendorf März 1982

INHALT

VORWORT

<i>W. Bibel</i>	V
-----------------------	---

EINFÜHRUNG IN DIE KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

<i>J.H. Siekmann</i>	1
1. Vorwort	2
2. Geometrische Intelligenztests	9
3. Euklidische Geometrie	21
4. Kreativität	30
5. Ideologiemaschinen	44
Literatur	58

EXPERTENSYSTEME

<i>P. Raulefs</i>	61
1. Einführung: Was sind und wozu dienen Expertensysteme	62
2. Anatomie eines Expertensystems: MYCIN	67
3. Repräsentation, Manipulation und Akquisition von Wissen	76
4. Architektur und Funktionsweise von Expertensystemen	85
5. Metasysteme	92
6. Schlußbemerkungen	94
7. Literaturverzeichnis	95

DEDUKTIONSVERFAHREN

<i>W. Bibel</i>	99
Einleitung	99
1. Illustration des Resolutions- und Konnektionskalküls	102
2. Deduktion in verschiedenen Anwendungen	107
3. Deduktionsmethoden für die Aussagenlogik	113
4. Deduktionsmethoden für die Prädikatenlogik	119
5. Erweiterungen	127
6. Implementierung von Deduktionssystemen	133
Literaturverzeichnis	140

COMPUTER-UNTERSTÜTZTER ALGORITHMENENTWURF

<i>B. Buchberger</i>	141
Vom Problem zum Algorithmus	142
Die Rolle von mathematischem Wissen im Problemlöse-Prozeß	147
Computer-unterstützte Programmverifikation	151
Computer-unterstützte Programmtransformationen	162
Computer-unterstützte Strategien zur Programmsynthese	172
Computer-unterstützte Extraktion von Algorithmen aus Existenzbeweisen	177
Spezifikation abstrakter Datentypen als Programme	189
Programmsynthese aus Beispielen	196
Ausblick	196
Literatur	198

NATÜRLICHSPRACHLICHE SYSTEME

Eine Einführung in die sprachorientierte KI-Forschung	
<i>W. Wahlster</i>	203
Vorwort	203
1. Zielsetzung, Konzeption und Entwicklung der sprachorientierten KI-Forschung	204
2. Verarbeitungsphasen und Wissensquellen in natürlichsprachlichen Systemen	221
3. Verfahren zur syntaktischen Analyse natürlicher Sprache	228
4. Verfahren zur semantischen Analyse natürlicher Sprache	241
5. Repräsentation und Auswertung der Semantik natürlichsprachlicher Ausdrücke	254
6. Verfahren zur Generierung natürlicher Sprache	265
Ausblick	274
Danksagung	276
Literatur	277

BILDVERSTEHEN

<i>B. Neumann</i>	285
Vorwort	285
1. Einführung zum Bildverstehen	287
2. Repräsentation von Form und Objekterkennung	297
3. Bildsegmentierung	313
4. Domänenunabhängige Szenenanalyse	324
5. Systeme	336
Literaturhinweise	350

XIII

ROBOTERTECHNOLOGIE

<i>J. Foith</i> †	357
Einleitung	358
1. Historie	359
2. Anwendungen von Robotern	361
3. Ablauf einer Aktion	361
4. Die Mechanik von Robotern	364
5. Sensoren	371
6. Programmierung von Robotern	377
7. Zusammenfassung	379
Referenzen	380
Adressen der Autoren	383