

8262324
Informatik-Fachberichte

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

47

GWAI-81

German Workshop on Artificial Intelligence
Bad Honnef, January 1981



Edited by Jörg H. Siekmann



Springer-Verlag
Berlin Heidelberg New York

TP 18
SI

8262324

Informatik-Fachberichte

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

47

GWAI-81

German Workshop on Artificial Intelligence
Bad Honnef, January 26-31, 1981



Edited by Jörg H. Siekmann



E8262324

Springer-Verlag
Berlin Heidelberg New York 1981

766

Herausgeber

J. Siekmann
Universität Karlsruhe, Institut für Informatik I
Postfach 6380, 7500 Karlsruhe 1

GWAI-81

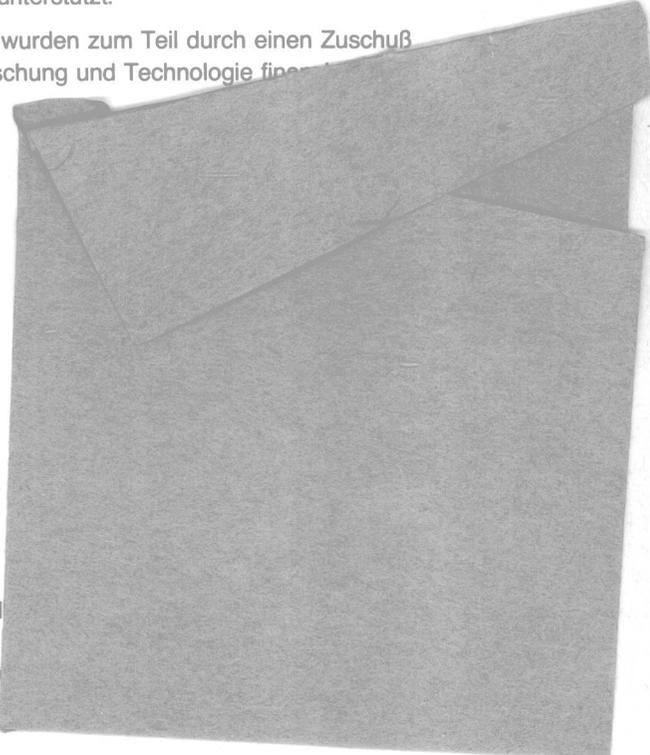
Der Fachausschuß 6, Kognitive Systeme, Unterausschuß
"Künstliche Intelligenz" bildete das Programmkomitee:

W. Bibel (Universität München, Mathematisches Institut)
P. Deussen (Universität Karlsruhe, Institut für Informatik I)
J. Foith (Fraunhofer Gesellschaft, IITB, Karlsruhe)
P. Raulefs (Universität Bonn, Institut für Informatik III)
W. Wahlster (Universität Hamburg, Germanisches Seminar)

Vorsitzender des Programmausschusses: J. Siekmann

Die Fachtagung wurde von der Firma Nixdorf und der Firma
ATM Computer GmbH finanziell unterstützt.

Die Reisekosten der Referenten wurden zum Teil durch einen Zuschuß
des Bundesministeriums für Forschung und Technologie finanziert.



CR Subject Classifications (1981)

ISBN 3-540-10859-9 Springer-Verlag
ISBN 0-387-10859-9 Springer-Verlag

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 1981
Printed in Germany

Druck- und Bindearbeiten: fotokop wilhelm weihert KG, Darmstadt
2145/3140 - 5 4 3 2 1 0

Informatik – Fachberichte

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. X, 474 Seiten. 1976.

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. XIII, 524 Seiten. 1977.

Band 8: Digitale Bildverarbeitung/Digital Image Processing. GI/NTG Fachtagung, München, März 1977. Herausgegeben von H.-H. Nagel. XI, 328 Seiten. 1977.

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 Klaus Alber. VI, 179 Seiten. 1977.

Band 13: W. Steinmüller, L. Ermer, W. Schimmel: Datenschutz bei riskanten Systemen. X, 244 Seiten. 1978.

Band 14: Datenbanken in Rechnernetzen mit Kleinrechnern. Fachtagung der GI, Karlsruhe, 1978. Herausgegeben von W. Stucky und E. Holler. X, 198 Seiten. 1978.

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, 231 Seiten. 1979.

Band 19: GI – 9. Jahrestagung. Herausgegeben von K. H. Böhling und P. P. Spies. XIII, 690 Seiten. 1979.

Band 20: Angewandte Szenenanalyse. DAGM Symposium, Karlsruhe 1979. Herausgegeben von J. 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. Schröder. VIII, 338 Seiten. 1979.

Band 23: K.-H. Hauer, Portable Methodenmonitoren. XI, 209 Seiten. 1980.

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

Band 25: Programmiersprachen und Programmierentwicklung. 6. Fachtagung, Darmstadt, 1980. Herausgegeben von H.-J. Hoffmann. IV, 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 Rechen-systemen. 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. Platzer. VII, 215 Seiten. 1980.

Band 30: Textverarbeitung und Informatik. Fachtagung der GI, Bayreuth, Mai 1980. Herausgegeben von P. R. Wossidlo. 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, 295 Seiten. 1980.

Band 32: M. Kühn, CAD Arbeitssituation. 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 Mathematiker 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 Rechen-zentren. 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 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 Rechen-systemen. 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 Programmieretechnik. VI, 262 Seiten. 1981.

Band 44: Organisation informationstechnik-gestützter öffentlicher Verwaltungen. Fachtagung, Speyer, Oktober 1980. Herausgegeben von Heinrich Reiner mann, Herbert Fiedler, Klaus Grimmer und Klaus Lenk. VIII, 651 Seiten. 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. 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.

Einleitung

Die erste Fachtagung *Künstliche Intelligenz* der Gesellschaft für Informatik (wenngleich bereits der fünfte Workshop zu diesem Thema in Deutschland) wurde vom 26.1. bis 30.1.1981 im Physikzentrum in Bad Honnef abgehalten. Damit wird nach fast fünfundzwanzigjähriger Verspätung [1] auch bei uns langsam ein Gebiet salonfähig, das zum Schaden der deutschen Informatik bisher vernachlässigt wurde und das in den USA (und anderen Ländern) bereits seit langem unter dem Namen "Artificial Intelligence" zu den Kernfächern der Informatik gehört [2].

Die Tagung wurde geprägt durch den Wechsel von eingeladenen Hauptvorträgen von jeweils einstündiger Dauer mit anschließender halbstündiger Diskussion und den speziellen Fachvorträgen von jeweils halbstündiger Redezeit.

Die Hauptvorträge (HV) geben auch in etwa die Forschungsschwerpunkte wieder, durch die die *Künstliche Intelligenz* in Deutschland vertreten ist:

W. Radig (Hamburg) gibt in seinem HV "Modelle und Strukturen in der Bildverarbeitung" einen Überblick über die Forschung auf dem Gebiet Computersehen. Der Beitrag konzentriert sich dabei besonders auf die Aspekte, die über das traditionelle "pattern recognition" hinausgehen und steht damit in engem Zusammenhang mit dem zweiten HV: J. Foith (Karlsruhe) "Roboterforschung: Von Spielzeugwelten zur industriellen Anwendung". Dieser Beitrag dürfte besonders für Leser aus der Industrie von Interesse sein. Beide Gebiete demonstrieren besonders anschaulich, mit welchem Tempo der Verlust *wissenschaftlicher* Konkurrenzfähigkeit zum Verlust *industrieller* Wettbewerbsfähigkeit führen kann: die Grundlagenforschung wurde vor ca. 10 Jahren in den USA begonnen [3] und von der deutschen Informatik weitgehend ignoriert. Heute sind in Japan über 15.000 Industrieroboter im Einsatz [4] und es ist bekannt, daß die mangelnde Konkurrenzfähigkeit deutscher Produkte auch auf den höheren Automatisierungsgrad beispielsweise der japanischen Industrie [5] zurückzuführen ist. Allerdings ist einschränkend zu bemerken, daß die japanischen Industrieroboter, die derzeit eingesetzt werden, weitgehend starr programmiert sind und wenig eigene 'Künstliche Intelligenz' besitzen. Die Bedeutung der Roboterforschung ist jedoch in der Bundesrepublik nicht in der wünschenswerten Weise erkannt worden und es gibt bis heute keine Grundlagenforschung oder universitäre Ausbildung auf diesem Gebiet.

Zwei weitere wichtige Forschungsschwerpunkte werden in den nächsten beiden Beiträgen vorgestellt: W. Wahlster (Hamburg): "Natürlichsprachliche KI-Systeme: Entwicklungsstand und Forschungsperspektiven" und P. Raulefs (Bonn) "Expertensysteme: Entwicklungsstand und Forschungsperspektiven". Diese beiden Gebiete sind in ganz besonderer Weise geeignet, falsche Vorstellungen über die Grenzen eines Computers zu korrigieren und zu demonstrieren, wie weit es bereits gelungen ist, Fähigkeiten auf dem Computer zu realisieren, die bisher nur menschlicher Intelligenz vorbehalten waren.

Auf dem Gebiet der Verarbeitung natürlicher Sprache hat sich im Laufe der letzten zehn Jahre der Forschungsschwerpunkt von den Problemen des reinen Sprachverstehens [6] auf die zusätzlichen Probleme, die in einem Dialog auftreten, verlagert. Diese zusätzliche Problemstellung ist durch die abwechselnde Initiative der Dialogpartner, die Fähigkeit, ein Ausufern des Dialogs zu verhindern und die Rückführung des Gespräches auf spezielle Punkte sowie die unterschiedliche Motivation der Dialogpartner gekennzeichnet. Ein sehr gutes Beispiel für das derzeitig Machbare liefert der folgende Dialog zwischen einem Benutzer (Ben.) und dem Hamburger Redepartnermodell (HAM-RPM) [7]. Das Computerprogramm, also HAM-RPM, simuliert das sprachliche Verhalten eines Hotelmanagers, dessen Interessenlage durch eine möglichst positive Darstellung seines Hotels und durch den Versuch, ein Zimmer zu vermieten, gekennzeichnet ist:

D I A L O G		ERLÄUTERUNGEN
Ben.	040 293758	Simulation des Anrufs
HAM-RPM	Hotel Alsterblick, Guten Abend!	
Ben.	Guten Abend, hier spricht Briegel echte Namenerkennung DFG Bonn	
HAM-RPM	Was kann ich für Sie tun, Herr Briegel?	
Ben.	Ich möchte ein Doppelzimmer für 3 Nächte mit Bad	Wortstellung
HAM-RPM	Gewiß, ich mal sehen ... Ein Doppelzimmer mit Bad bis zum 15.11. hätten Sie gern?	Umrechnung Vorannahme: ab heute
Ben.	Ja bitte	
HAM-RPM	Ja, da ist noch was frei. Haben Sie noch irgend einen besonderen Wunsch?	Abgabe der Initiative
Ben.	Gibt es ein Radio oder einen Fernseher im Zimmer?	Kombinierte Frage

HAM-RPM	Ja, es steht kein Fernsehgerät zur Verfügung, aber das Zimmer hat ein Radio	Kombinierte Antwort
Ben.	Ein Telefon?	Syntaktisch unvollständige Frage
HAM-RPM	Ja.	
Ben.	Ist ein Schreibtisch vielleicht vorhanden?	Zweifel über Zutreffen
HAM-RPM	Ja, ein Schreibtisch ist tatsächlich vorhanden.	Bestätigung
Ben.	Wieviele einzelne Betten sind im Zimmer?	frz. Betten?
HAM-RPM	Zwei.	Syntaktisch unvollständige Antwort.
Ben.	Hoffentlich ist eins von den Betten einigermaßen hart.	Vorannahme
HAM-RPM	Ja, eins von den Betten ist vermutlich hart.	vage Antwort
Ben.	Wie meinen Sie das?	Metasprachl. Dialog
HAM-RPM	Seine Matraze ist neu. Darf ich das Zimmer für Sie buchen, Herr Briegel?	Schlußfolgerung auf Wissen Übernahme der Initiative
Ben.	Ja gerne	
HAM-RPM	Ich habe also ein Doppelzimmer für Herrn Briegel vom 12.11. bis zum 15.11. gebucht. Vielen Dank und auf Wiedersehen	Zusammenfassung

Das Computerprogramm 'versteht' die gesprochene Sprache in dem Sinn, daß es eine *interne Repräsentation* der ausgesprochenen Sachverhalte aufbaut und mit Hilfe einer Wissensbasis über diese Sachverhalte sinnvolle Antworten generieren kann.

Die enormen technologischen Konsequenzen, die aus Forschungsbeiträgen dieser Art erwachsen, werden besonders deutlich, wenn ein Dialogsystem mit einem Expertensystem gekoppelt wird, wie es in dem Beitrag von P. Raulefs dargestellt wird.

Beide Gebiete werden in den USA wegen der zu erwartenden technologischen Konsequenzen mit einem Aufwand erforscht, der bei uns nicht realisierbar wäre.

In dem Beitrag von H. Boley (Hamburg): "KI-Sprachen und KI-Maschinen, eine Übersicht" werden die speziellen Hardware- und Softwareentwicklungen für die KI-Forschung vorgestellt. Dieser Vortrag ist wegen der bevorstehenden Anschaffung von LISP-Maschinen für einige deutsche Univer-

sitäten von besonders aktuellem Interesse: mit einer solchen Anschaffung würden wir gleichzeitig mit den amerikanischen Forschungsgruppen eine ihnen vergleichbare Ausrüstung erhalten. Gruppen, denen heute eine solche Maschine zur Verfügung steht, dürften in kurzer Zeit einen Forschungsvorsprung haben, der kaum noch aufzuholen ist.

Der nächste Tag war ausschließlich theoretischen Fragestellungen und dem automatischen Beweisen vorbehalten und begann mit dem HV von W. Bibel (München): "Matings in Matrices: Eine Einführung in neuere Beweisverfahren", in dem die zur Zeit am aussichtsreichsten erscheinenden Verfahren vorgestellt werden. Der HV von R. Loos (Karlsruhe), "Termreduktionssysteme und algebraische Algorithmen" gibt eine Übersicht über das Gebiet der 'Rewrite-Systeme', das inzwischen auch für die Kerninformatik (abstrakte Datentypen, Programmverifikation, funktionales Programmieren usw.) von fundamentaler Bedeutung zu werden verspricht. Der Vortrag ist von besonderem Interesse durch die Verbindung der theoretischen Verfahren der Termreduktionssysteme mit den klassischen Fragestellungen der Computeralgebra.

Der HV des letzten Tages: W. Polak (Stanford): "Programmverifikation in Stanford - gestern, heute und morgen" stellt das derzeit erfolgreichste PV-System vor und gibt interessante Ausblicke einerseits auf die in den nächsten Jahren zu erwartende industrielle Anwendung und andererseits auf die zu erwartenden Forschungsschwerpunkte. Das Hauptziel ist dabei die Integration der Programmverifikation in den Softwareerstellungszyklus, ein Problem, auf das inzwischen eine Reihe von Wissenschaftlern hingewiesen haben, für das bisher jedoch keine an einem größeren Projekt demonstrierte Lösung gefunden wurde.

Die Evaluierung einer einwöchigen Tagung und der vorgetragenen Ergebnisse ist immer subjektiv: meine persönliche Einschätzung - nicht nur auf Grund dieser Tagung - ist die, daß die deutsche Forschung auf diesem Gebiet noch immer sehr stark von den USA abhängig ist. Das gilt für die sonstigen (Standard-)Gebiete der Informatik ganz genauso und war nach so lange verzögertem Start und so kurzer Entwicklungszeit auch nicht anders zu erwarten. Andererseits haben zumindest die Gebiete "Verarbeitung Natürlicher Sprache" (Hamburg); "Szenenanalyse" (Hamburg), "Programmiersprachenentwicklung" (Bonn) und "Automatisches Beweisen" (München, Karlsruhe) einen gewissen internationalen Standard erreicht und Ergebnisse vorzuweisen, die auch außerhalb Deutschlands zunehmend Beachtung finden.

Die Teilnehmerzahl, die mit ca. 100 Teilnehmern fast doppelt so hoch war, wie erwartet, mag ebenfalls ein Hinweis auf das erwachende Interesse sein, das diesem Gebiet neuerdings auch von der Industrie entgegengebracht wird.

- [1] Die "Dartmouth Conference" (1956) gilt als die Geburtsstunde der Artificial Intelligence, wenn auch die eigentlichen Anfänge auf v. Neumann (USA) und A. Turing (England) zurückgehen. P. McCorduck, "Machines Who Think", Freeman and Co., 1979, gibt eine mehr journalistisch orientierte historische Übersicht.
- [2] Siehe z.B. die Curriculum Empfehlungen der ACM '78 in CACM 1979, vol 22, no 3 und CACM 1981, vol 24, no 3. Die großen Universitäten (MIT, Stanford, CMU etc.) haben ohnehin seit über 10 Jahren spezielle Schwerpunktprogramme für die AI.
- [3] Siehe den SRI-International Roboter 'Shakey' oder den Edinburgh-Roboter 'FREDDY' als Vorläufer in den unten angegebenen Lehrbüchern.
- [4] E. Feigenbaum, Hauptvortrag der 10. GI-Jahrestagung, 1980.
- [5] Siehe z.B. Abegglen, A. Etorie "Japans Technologie Heute", Spektrum der Wissenschaft, April 1981 (Scientific American).
- [6] Siehe die beiden unten angegebenen Fachbücher für Natural Language Processing.
- [7] W. v. Hahn, Computer als Dialogpartner, HAM-RPM, Universität Hamburg, Germanisches Seminar.

Die folgende Liste gibt eine kleine Auswahl aus der Standardliteratur zur Künstlichen Intelligenz:

Empfehlenswerte einführende Lehrbücher:

- B. Raphael "The Thinking Computer: Mind inside Matter", 1976, San Francisco, W.H. Freeman
- N. Nilsson "Problem Solving Methods in Artificial Intelligence", 1971 New York, McGraw Hill
- N. Nilsson "Principles of Artificial Intelligence", Tioga Publ. Comp., Palo Alto, 1980

Fachbücher zur Verarbeitung Natürlicher Sprache:

- T. Winograd "Understanding Natural Language" Edinburgh University Press, 1970
- E. Charniak, Y.A. Wilks (eds) "Computational Semantics" North Holland, 1976

Fachbücher zum Automatischen Beweisen:

- D. Loveland "Automated Theorem Proving", North Holland, 1978
- C. Chang, R. Lee "Symbolic Logic and Mechanical Theorem Proving, Academic Press, 1973

Fachbücher zum Computersehen:

- P.H. Winston (ed) "The Psychology of Computer Vision"
 McGraw Hill, 1975
 A.R. Hanson, E.M. Riseman (eds) "Computer Vision Systems"
 Academic Press, 1978

Künstliche Intelligenz und Psychologie:

- K.M. Colby "Artificial Paranoia", Pergamon General Psychology
 Series, 1975

Philosophische Aspekte der Künstlichen Intelligenz:

- M. Boden "Artificial Intelligence and Natural Man",
 Harvester Press, 1977
 A. Sloman "The Computer Revolution in Philosophy",
 Harvester Press, 1978

Kritische KI-Literatur:

- J. Weizenbaum "Computer Power and Human Reason",
 W.H. Freeman, 1976
 H.L. Dreyfus "What Computers Can't Do" Harper and Row, 1972

Fachliteratur:

- Journal of Artificial Intelligence, North Holland
 Cognitive Science, North Holland
 Machine Intelligence (vol 1 bis 9), Edinburgh University Press
 Proceedings of the International Joint Conference on Artificial
 Intelligence (seit 1969 zweijährig)
 Proceedings der AISB-Conference on Artificial Intelligence
 (seit 1974 zweijährig)
 Proceedings of Theoretical Issues in Natural Language Processing
 (seit 1975 zweijährig)
 Proceedings of Workshop on Automated Deduction
 (seit 1974 zweijährig)

Im übrigen gibt der Fachausschuss 6 der Gesellschaft für Informatik
 eine Informationsbroschüre heraus, die viermal jährlich erscheint und
 über die Forschungsaktivitäten, insbesondere in Deutschland informiert.
 Der "Rundbrief der Fachgruppe KI" kann bei den derzeitigen Editoren

H. Boley, P. Scheffe, W. Wahlster
 Universität Hamburg
 Institut für Informatik
 Schlüterstr. 70
 2000 Hamburg

bestellt werden.

Lecture Notes in Computer Science

- Vol. 53: Mathematical Foundations of Computer Science. Proceedings 1977. Edited by J. Gruska. XII, 608 pages. 1977.
- Vol. 54: Design and Implementation of Programming Languages. Proceedings 1976. Edited by J. H. Williams and D. A. Fisher. X, 496 pages. 1977.
- Vol. 55: A. Gerbier, Mes premières constructions de programmes. XII, 256 pages. 1977.
- Vol. 56: Fundamentals of Computation Theory. Proceedings 1977. Edited by M. Karpiński. XII, 542 pages. 1977.
- Vol. 57: Portability of Numerical Software. Proceedings 1976. Edited by W. Cowell. VIII, 539 pages. 1977.
- Vol. 58: M. J. O'Donnell, Computing in Systems Described by Equations. XIV, 111 pages. 1977.
- Vol. 59: E. Hill, Jr., A Comparative Study of Very Large Data Bases. X, 140 pages. 1978.
- Vol. 60: Operating Systems, An Advanced Course. Edited by R. Bayer, R. M. Graham, and G. Seegmüller. X, 593 pages. 1978.
- Vol. 61: The Vienna Development Method: The Meta-Language. Edited by D. Björner and C. B. Jones. XVIII, 382 pages. 1978.
- Vol. 62: Automata, Languages and Programming. Proceedings 1978. Edited by G. Ausiello and C. Böhm. VIII, 508 pages. 1978.
- Vol. 63: Natural Language Communication with Computers. Edited by Leonard Bolc. VI, 292 pages. 1978.
- Vol. 64: Mathematical Foundations of Computer Science. Proceedings 1978. Edited by J. Winkowski. X, 551 pages. 1978.
- Vol. 65: Information Systems Methodology. Proceedings 1978. Edited by G. Bracchi and P. C. Lockemann. XII, 696 pages. 1978.
- Vol. 66: N. D. Jones and S. S. Muchnick, TEMPO: A Unified Treatment of Binding Time and Parameter Passing Concepts in Programming Languages. IX, 118 pages. 1978.
- Vol. 67: Theoretical Computer Science, 4th GI Conference, Aachen. March 1979. Edited by K. Weihrauch. VII, 324 pages. 1979.
- Vol. 68: D. Harel. First-Order Dynamic Logic. X, 133 pages. 1979.
- Vol. 69: Program Construction. International Summer School. Edited by F. L. Bauer and M. Broy. VII, 651 pages. 1979.
- Vol. 70: Semantics of Concurrent Computation. Proceedings 1979. Edited by G. Kahn. VI, 368 pages. 1979.
- Vol. 71: Automata, Languages and Programming. Proceedings 1979. Edited by H. A. Maurer. IX, 684 pages. 1979.
- Vol. 72: Symbolic and Algebraic Computation. Proceedings 1979. Edited by E. W. Ng. XV, 557 pages. 1979.
- Vol. 73: Graph-Grammars and Their Application to Computer Science and Biology. Proceedings 1978. Edited by V. Claus, H. Ehring and G. Rozenberg. VII, 477 pages. 1979.
- Vol. 74: Mathematical Foundations of Computer Science. Proceedings 1979. Edited by J. Bečvář. IX, 580 pages. 1979.
- Vol. 75: Mathematical Studies of Information Processing. Proceedings 1978. Edited by E. K. Blum, M. Paul and S. Takasu. VIII, 629 pages. 1979.
- Vol. 76: Codes for Boundary-Value Problems in Ordinary Differential Equations. Proceedings 1978. Edited by B. Childs et al. VIII, 388 pages. 1979.
- Vol. 77: G. V. Bochmann, Architecture of Distributed Computer Systems. VIII, 238 pages. 1979.
- Vol. 78: M. Gordon, R. Milner and C. Wadsworth, Edinburgh LCF. VIII, 159 pages. 1979.
- Vol. 79: Language Design and Programming Methodology. Proceedings 1979. Edited by J. Tobias. IX, 255 pages. 1980.
- Vol. 80: Pictorial Information Systems. Edited by S. K. Chang and K. S. Fu. IX, 445 pages. 1980.
- Vol. 81: Data Base Techniques for Pictorial Applications. Proceedings 1979. Edited by A. Blaser. XI, 599 pages. 1980.
- Vol. 82: J. G. Sanderson, A Relational Theory of Computing. VI, 147 pages. 1980.
- Vol. 83: International Symposium Programming. Proceedings, 1980. Edited by B. Robinet. VII, 341 pages. 1980.
- Vol. 84: Net Theory and Applications. Proceedings, 1979. Edited by W. Brauer. XIII, 537 Seiten. 1980.
- Vol. 85: Automata, Languages and Programming. Proceedings, 1980. Edited by J. de Bakker and J. van Leeuwen. VIII, 671 pages. 1980.
- Vol. 86: Abstract Software Specifications. Proceedings, 1979. Edited by D. Björner. XIII, 567 pages. 1980.
- Vol. 87: 5th Conference on Automated Deduction. Proceedings, 1980. Edited by W. Bibel and R. Kowalski. VII, 385 pages. 1980.
- Vol. 88: Mathematical Foundations of Computer Science 1980. Proceedings, 1980. Edited by P. Dembiński. VIII, 723 pages. 1980.
- Vol. 89: Computer Aided Design – Modelling, Systems Engineering, CAD-Systems. Proceedings, 1980. Edited by J. Encarnacao. XIV, 461 pages. 1980.
- Vol. 90: D. M. Sandford, Using Sophisticated Models in Resolution Theorem Proving. XI, 239 pages. 1980.
- Vol. 91: D. Wood, Grammar and L Forms: An Introduction. IX, 314 pages. 1980.
- Vol. 92: R. Milner, A Calculus of Communication Systems. VI, 171 pages. 1980.
- Vol. 93: A. Nijholt, Context-Free Grammars: Covers, Normal Forms, and Parsing. VII, 253 pages. 1980.
- Vol. 94: Semantics-Directed Compiler Generation. Proceedings, 1980. Edited by N. D. Jones. V, 489 pages. 1980.
- Vol. 95: Ch. D. Marlin, Coroutines. XII, 246 pages. 1980.
- Vol. 96: J. L. Peterson, Computer Programs for Spelling Correctin. VI, 213 pages. 1980.
- Vol. 97: S. Osaki and T. Nishio, Reliability Evaluation of Some Fault-Tolerant Computer Architectures. VI, 129 pages. 1980.
- Vol. 98: Towards a Formal Description of Ada. Edited by D. Björner and O. N. Oest. XIV, 630 pages. 1980.
- Vol. 99: I. Guessarian, Algebraic Semantics. XI, 158 pages. 1981.
- Vol. 100: Graphtheoretic Concepts in Computer Science. Edited by H. Noltemeier. X, 403 pages. 1981.
- Vol. 101: A. Thayse, Boolean Calculus of Differences. VII, 144 pages. 1981.
- Vol. 102: J. H. Davenport, On the Integration of Algebraic Functions. 1-197 pages. 1981.
- Vol. 103: H. Ledgard, A. Singer, J. Whiteside; Directions in Human Factors of Interactive Systems. VI. 190 pages. 1981.
- Vol. 104: Theoretical Computer Science. Edited by P. Deussen. VII, 261 pages. 1981.
- Vol. 105: Distributed Systems – Architecture and Implementation. Edited by B. Lampson, M. Paul and H. J. Siegart. XIII, 510 pages. 1981.
- Vol. 106: The Programming Language Ada. X, 243 pages. 1981.
- Vol. 107: International Colloquium on Formalization of Programming Concepts. Proceedings. Edited by J. Diaz and I. Ramos. VII, 478 pages. 1981.

INHALTSVERZEICHNIS

Einleitung

COMPUTERSEHEN UND ROBOTERFORSCHUNG

W. Radig

Models and Structures in Image Processing (Hauptvortrag) 1

L. Dreschler, H.H. Nagel

On the Frame-to-Frame Correspondence between Grey Value
Characteristics in the Images of Moving Objects (Fachvortrag).. 18

J. Foith

Robotics Research: From Toy Worlds to Industrial Applications
(Hauptvortrag) 30

NATÜRLICHSPRACHLICHE KI-SYSTEME

W. Wahlster

Natürlichsprachliche KI-Systeme: Entwicklungsstand und For-
schungsperspektive (Hauptvortrag) 50

P. Scheffe, B. Pretschner

SWISS - A Natural Language Question Answering System for
Scene Analysis (Fachvortrag) 69

H. Marburger, B. Neumann, H.J. Novak

Natural Language Inquiries about Motion in an Automatically
Analyzed Traffic Scene (Fachvortrag) 79

Ch. Habel, C.R. Rollinger

Aspekte der rechnergestützten Generierung von Inferenz-
regeln durch Regelschemata (Fachvortrag) 88

EXPERTENSYSTEME/VERARBEITUNG NATÜRLICHER SPRACHE

P. Raulefs

Expert Systems: State of the Art and Future Prospects
(Hauptvortrag) 98

H. Bartels, W. Olthoff, P. Raulefs

An Expert System for Implementing Abstract Sorting
Algorithms on Parameterized Abstract Data Types
(Fachvortrag) 112

W. Dilger	
Context Directed Translation (Fachvortrag)	124
G. Görz	
GLP: A Linguistic Processor (Abstract)	135
KI-SPRACHEN UND DEREN ANWENDUNGEN	
H. Boley	
AI Languages and AI Machines: An Overview (Hauptvortrag)	136
P. Raulefs, H. Siebenbach	
A Concurrent Chart Parser (Abstract)	156
G. Hornung, A. Knapp, U. Knapp	
A Parallel Connection Graph Proof Procedure (Fachvortrag)	160
H.D. Boecker, G. Fischer	
Integrated Knowledge-Based Information Manipulation Systems (Abstract)	168
AUTOMATISCHES BEWEISEN UND CONNECTIONGRAPHVERFAHREN	
W. Bibel	
Mating in Matrices (Hauptvortrag)	171
N. Eisinger	
Subsumption and Connectionsgraphs (Fachvortrag)	188
J. Siekmann, G. Smolka	
Selection Heuristics, Deletion Strategies and N-Level Terminator Configurations for the Connection Graph Proof Procedure (Abstract)	199
C. Walther	
Elimination of Redundant Links in Extended Connection Graphs (Fachvortrag)	201
TERMERSETZUNGSSYSTEME UND AUTOMATISCHES BEWEISEN	
R. Loos	
Term Reduction Systems and Algebraic Algorithms (Hauptvortrag)	214

J. Siekmann, P. Szabó	
A Noetherian Rewrite System for Idempotent Semigroups (Fachvortrag)	235
W. Bibel	
On the Completeness of Connection Graph Resolution (Abstract)	246
K.M. Hörnig	
Generating small Models of First Order Axioms (Fachvortrag)	248
PROGRAMMVERIFIKATION/SPRACHE/SPIELE	
W. Polak	
Programmverification at Stanford: Past, Present Future (Hauptvortrag)	256
H.W. Hein	
A System for Understanding Continuous German Speech (Fachvortrag)	277
K. Morik	
Verarbeitung von externer und interner Situation in Überzeugungssystemen (Fachvortrag)	287
K. v. Luck, B. Owsnicki	
Structures for Knowledge-Based Chess Programs (Fachvortrag)	297
S. Müller	
Informationsgewinnung durch automatisches Erzeugen ziel- bezogener Fragen (Fachvortrag)	307

MODELS AND STRUCTURES IN IMAGE PROCESSING

B. RADIG
Fachbereich Informatik
Universität Hamburg

1.0 INTRODUCTION

"AI is the 'study of how to use knowledge to achieve intelligent action, which often implies selection from a large space of alternatives'. Vision and speech are two problems which require the application of diverse sources of knowledge, including both symbolic knowledge and knowledge of the signal space, to the interpretation of a noisy signal (image or speech waveform). AI systems which solve vision and speech problems differ from purely symbolic problem solving systems since they must explicitly deal with errors, noise, and uncertainty in the input data."
[REDDY ROSENFELD 79]

2.0 THE VISION PROBLEM

The analysis of digitized images and sequences thereof puts an AI-system in a special environment due to the large amount of fuzzy input data which is usually involved.

"The vision problem begins with a large gray-level intensity array, and culminates in a description, that depends on that array, and on the purpose for which it is being viewed. The question is, what has to go on in between." [MARR 75]

This description, usually called the interpretation of an image, can be regarded as the result of a heuristic search; the organization of the search and the heuristics involved partially

answer Marr's question.

A heuristic search - according to the definition by NEWELL and ERNST 65 - involves a set $\{X\}$ of objects and a list $\{Q\}$ of operators. If we partition the set of objects $\{X\}$ into a subset of initial objects $\{X_I\}$, e.g. the components of the intensity array, and a set of final objects $\{X_F\}$ which comprise the description to be generated, then the question 'what has to go on in between' can be reformulated as the search for a sequence $S: Q_1, \dots, Q_n$ of operations which transform $\{X_I\}$ into $\{X_F\}$. Note the similarity to a state-space representation [NILSSON 71], [KANAL 79].

Such a cognitive system has to be supplied with a knowledge base which contains three types of information:

- A definition of the objects $\{X_I\}$ the system has to start with, and the objects $\{X\}$ which might be generated applying the operators.
- A definition of the operators $\{Q\}$ and their applicability to the various objects X .
- Information to reduce the search space for the transformation sequence S , since an enumerative generation of S is usually far beyond the limits of computational feasibility.

A modern cognitive system contains most of the above information in an explicitly accessible database (compare [KELLY 70] and [BAIRD KELLY 74] for an improvement of system design and performance using explicit models, here formalized as production rules). Such a database is usually called 'long term memory' or 'world model'. The first name emphasizes that its content is not altered by a current interpretation process, whereas it might be changed by an adaptive 'learning' mechanism, as in WINSTON's 75 classical approach. The second naming stresses the fact that an important component of the database are 'stored models' [SHAPIRO HARALICK 80] as a structural description of prototypical, generic objects and their interdependency. Again, the prefix 'world' expresses that the content is not a snapshot of a distinct situation, rather it describes the general knowledge of the system about its environment [ZUCKER ET AL. 75].

The database which receives the results, intermediate or final, of an analysis process is sometimes termed 'short term memory' [LEVINE 78]. It is populated by instances of stored models which culminate in the desired system internal model of the scene. Systems which analyse and relate images from a sequence of visual

observations may be attributed a 'medium term memory'. It contains the structures which are selected to be compared from frame to frame, together with the established links which denote the correspondence of (time varying) structures from different frames. From them a description of the whole image sequence can be obtained. An example is the volumetric description of a moving car, reconstructed from coordinate sequences of corresponding object points [DRESCHLER NAGEL 81].

The point of view of image interpretation as a sequence of instantiations of eventually more and more complex models leads to another aspect of the heuristic search, namely the matching of structural descriptions. The stored model as a structural description of a prototype object is compared with candidate objects which have been hypothesized on the image content. PREPARATA and RAY 72 expressed this point of view as follows, where stimulus may be identified with the intensity array, and map with the model base:

"Understanding and recognition can be characterized as the linking of components of the stimulus to concepts in the map . . . By interpretation we mean

- (1) the formulation of hypotheses upon the stimulus-map linkage suggested by the evidence provided by the preprocessed stimulus, followed by
- (2) experiments aimed at testing the hypotheses, until a decision is made as the selection of the hypothesis scoring the highest confidence."

Several questions arise in this context:

- how to reduce the cardinality of candidates (e.g. by hierarchical organization of prototypes [BARROW ET AL. 72] and knowledge [NIEMANN 80]);
- how to cope with imperfect matches (e.g. by 'E-homomorphism' [SHAPIRO HARALICK 80]), and how to carry the confidence value as a measure of the mismatch between a prototype and its instance over to higher-level instances which use this incomplete instance as a constituent [BERTELSMEIER RADIG 77b];
- what are the primitive structures on the lowest level which are usually computed by a segmentation process which interfaces the intensity array with the symbolic description (e.g. 'vertex-string-surface' graphs which are re-encoded as 'half-chunk' graphs [JACOBUS ET AL. 80]).