

Informatik – Fachberichte

- Band 106: Österreichische Artificial Intelligence Tagung. Wien, September 1985. Herausgegeben von H. Trost und J. Retti. VIII, 211 Seiten. 1985.
- Band 107: Mustererkennung 1985. Proceedings, 1985. Herausgegeben von H. Niemann. XIII, 338 Seiten. 1985.
- Band 108: GI/OCG/ÖGJ-Jahrestagung 1985. Wien, September 1985. Herausgegeben von H. R. Hansen. XVII, 1086 Seiten. 1985.
- Band 109: Simulationstechnik. Proceedings, 1985. Herausgegeben von D. P. F. Möller. XIV, 539 Seiten. 1985.
- Band 110: Messung, Modellierung und Bewertung von Rechen-systemen. 3. GI/NTG-Fachtagung, Dortmund, Oktober 1985. Herausgegeben von H. Beilner. X, 389 Seiten. 1985.
- Band 111: Kommunikation in Verteilten Systemen II. GI/NTG-Fachtagung, Karlsruhe, März 1985. Herausgegeben von D. Heger, G. Krüger, O. Spaniol und W. Zorn. XII, 236 Seiten. 1985.
- Band 112: Wissensbasierte Systeme. GI-Kongreß 1985. Herausgegeben von W. Brauer und B. Radig. XVI, 402 Seiten, 1985.
- Band 113: Datenschutz und Datensicherung im Wandel der Informationstechnologien. 1. GI-Fachtagung, München, Oktober 1985. Proceedings, 1985. Herausgegeben von P. P. Spiess. VIII, 257 Seiten. 1985.
- Band 114: Sprachverarbeitung in Information und Dokumentation. Proceedings, 1985. Herausgegeben von B. Endres-Niggemeyer und J. Krause. VIII, 234 Seiten. 1985.
- Band 115: A. Kobsa, Benutzermodellierung in Dialogsystemen. XV, 204 Seiten. 1985.
- Band 116: Recent Trends in Data Type Specification. Edited by H.-J. Krewski. VII, 253 pages. 1985.
- Band 117: J. Röhrich, Parallele Systeme. XI, 152 Seiten. 1986.
- Band 118: GWAI-85. 9th German Workshop on Artificial Intelligence. Dassel/Solling, September 1985. Edited by H. Stoyan. X, 471 pages. 1986.
- Band 119: Graphik in Dokumenten. GI-Fachgespräch, Bremen, März 1986. Herausgegeben von F. Nake. X, 154 Seiten. 1986.
- Band 120: Kognitive Aspekte der Mensch-Computer-Interaktion. Herausgegeben von G. Dirlich, C. Freksa, U. Schwatlo und K. Wimmer. VIII, 190 Seiten. 1986.
- Band 121: K. Echtle, Fehlermaskierung durch verteilte Systeme. X, 232 Seiten. 1986.
- Band 122: Ch. Habel, Prinzipien der Referentialität. Untersuchungen zur propositionalen Repräsentation von Wissen. X, 308 Seiten. 1986.
- Band 123: Arbeit und Informationstechnik. GI-Fachtagung. Proceedings, 1986. Herausgegeben von K. T. Schröder. IX, 435 Seiten. 1986.
- Band 124: GWAI-86 und 2. Österreichische Artificial-Intelligence-Tagung. Ottenstein/Niederösterreich, September 1986. Herausgegeben von C.-R. Rollinger und W. Horn. X, 360 Seiten. 1986.
- Band 125: Mustererkennung 1986. 8. DAGM-Symposium, Paderborn, September/Oktober 1986. Herausgegeben von G. Hartmann. XII, 294 Seiten, 1986.
- Band 126: GI-16. Jahrestagung. Informatik-Anwendungen – Trends und Perspektiven. Berlin, Oktober 1986. Herausgegeben von G. Hommel und S. Schindler. XVII, 703 Seiten. 1986.
- Band 127: GI-17. Jahrestagung. Informatik-Anwendungen – Trends und Perspektiven. Berlin, Oktober 1986. Herausgegeben von G. Hommel und S. Schindler. XVII, 685 Seiten. 1986.
- Band 128: W. Benn, Dynamische nicht-normalisierte Relationen und symbolische Bildbeschreibung. XIV, 153 Seiten. 1986.
- Band 129: Informatik-Grundbildung in Schule und Beruf. GI-Fachtagung, Kaiserslautern, September/Oktober 1986. Herausgegeben von E. v. Puttkamer. XII, 486 Seiten. 1986.
- Band 130: Kommunikation in Verteilten Systemen. GI/NTG-Fachtagung, Aachen, Februar 1987. Herausgegeben von N. Gerner und O. Spaniol. XII, 812 Seiten. 1987.
- Band 131: W. Scherl, Bildanalyse allgemeiner Dokumente. XI, 205 Seiten. 1987.
- Band 132: R. Studer, Konzepte für eine verteilte wissensbasierte Softwareproduktionsumgebung. XI, 272 Seiten. 1987.
- Band 133: B. Freisleben, Mechanismen zur Synchronisation paralleler Prozesse. VIII, 357 Seiten. 1987.
- Band 134: Organisation und Betrieb der verteilten Datenverarbeitung. 7. GI-Fachgespräch, München, März 1987. Herausgegeben von F. Peischl. VIII, 219 Seiten. 1987.
- Band 135: A. Meier, Erweiterung relationaler Datenbanksysteme für technische Anwendungen. IV, 141 Seiten. 1987.
- Band 136: Datenbanksysteme in Büro, Technik und Wissenschaft. GI-Fachtagung, Darmstadt, April 1987. Proceedings. Herausgegeben von H.-J. Schek und G. Schlageter. XII, 491 Seiten. 1987.
- Band 137: D. Lienert, Die Konfigurierung modular aufgebauter Datenbanksysteme. IX, 214 Seiten. 1987.
- Band 138: R. Männer, Entwurf und Realisierung eines Multiprozessors. Das System „Heidelberger POLYP“. XI, 217 Seiten. 1987.
- Band 139: M. Marhöfer, Fehlerdiagnose für Schaltnetze aus Modulen mit partiell injektiven Pfadfunktionen. XIII, 172 Seiten. 1987.
- Band 140: H.-J. Wunderlich, Probabilistische Verfahren für den Test hochintegrierter Schaltungen. XII, 133 Seiten. 1987.
- Band 141: E. G. Schukat-Talamazzini, Generierung von Worthypothesen in kontinuierlicher Sprache. XI, 142 Seiten. 1987.
- Band 142: H.-J. Novak, Textgenerierung aus visuellen Daten: Beschreibungen von Straßenszenen. XII, 143 Seiten. 1987.
- Band 143: R. R. Wagner, R. Traunmüller, H. C. Mayr (Hrsg.), Informationsbedarfsermittlung und -analyse für den Entwurf von Informationssystemen. Fachtagung EMISA, Linz, Juli 1987. VIII, 257 Seiten. 1987.
- Band 144: H. Oberquelle, Sprachkonzepte für benutzergerechte Systeme. XI, 315 Seiten. 1987.
- Band 145: K. Rothermel, Kommunikationskonzepte für verteilte transaktionsorientierte Systeme. XI, 224 Seiten. 1987.
- Band 146: W. Damm, Entwurf und Verifikation mikroprogrammierter Rechnerarchitekturen. VIII, 327 Seiten. 1987.
- Band 147: F. Belli, W. Görke (Hrsg.), Fehlertolerierende Rechen-systeme / Fault-Tolerant Computing Systems. 3. Internationale GI/ITG/GMA-Fachtagung, Bremerhaven, September 1987. Proceedings. XI, 389 Seiten. 1987.
- Band 148: F. Puppe, Diagnostisches Problemlösen mit Expertensystemen. IX, 257 Seiten. 1987.
- Band 149: E. Paulus (Hrsg.), Mustererkennung 1987. 9. DAGM-Symposium, Braunschweig, Sept./Okt. 1987. Proceedings. XVII, 324 Seiten. 1987.
- Band 150: J. Halin (Hrsg.), Simulationstechnik. 4. Symposium, Zürich, September 1987. Proceedings. XIV, 690 Seiten. 1987.
- Band 151: E. Buchberger, J. Retti (Hrsg.), 3. Österreichische Artificial-Intelligence-Tagung. Wien, September 1987. Proceedings. VIII, 181 Seiten. 1987.

Informatik-Fachberichte 199

Herausgeber: W. Brauer
im Auftrag der Gesellschaft für Informatik (GI)

Subreihe Künstliche Intelligenz

Mitherausgeber: C. Freksa
in Zusammenarbeit mit dem Fachausschuß 1.2
„Künstliche Intelligenz und Mustererkennung“ der GI

Clemens Beckstein

Zur Logik der Logik-Programmierung

Ein konstruktiver Ansatz



Springer-Verlag
Berlin Heidelberg New York
London Paris Tokyo

Autor

Clemens Beckstein
Lehrstuhl für Datenbanksysteme
Universität Erlangen-Nürnberg
Martensstraße 3, D-8520 Erlangen

Dissertation

CR Subject Classification (1987): F.4.1, D.2.m, I.2.3-4, I.2.8

ISBN-13: 978-3-540-50720-8 e-ISBN-13: 978-3-642-74403-7

DOI: 10.1007/978-3-642-74403-7

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der Fassung vom 24. Juni 1985 zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

© by Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1988

Vorwort

Eigentlich verdankt diese Arbeit ihren Ursprung zwei Provokationen. Die erste Provokation stammt von D.G. Bobrow und ist eine Frage, mit der er eine seiner Veröffentlichungen überschrieben hat: "If PROLOG is the answer, what is the question?". Sie sollte mir die vergangenen drei Jahre nicht mehr aus dem Kopf gehen. Heute möchte ich die Frage erweitern: "...and given the question, is PROLOG the answer?". Die zweite Provokation hängt mit J. deKleers *Assumption Based Truth Maintenance System* (ATMS) zusammen, genauer mit der Frage, welche Rolle ein derartiges Truth-Maintenance-System in einem Logik-Programmiersystem spielen könnte. DeKleer selbst schätzt diese Rolle in persönlichen Äußerungen relativ gering ein. Aus heutiger Sicht gebe ich deKleer zugleich recht und unrecht—recht, wenn er unter Logik-Programmierung im wesentlichen PROLOG versteht, und unrecht, wenn der Begriff weiter gefaßt wird.

Trotz oder gerade aufgrund der provokanten Form der beiden erwähnten Aussagen waren deKleer und Bobrow von zentraler Bedeutung für diese Arbeit. Ihnen gilt deshalb mein erster Dank.

Sodann möchte ich Herrn Prof. Dr. G. Nees danken, der meinen wissenschaftlichen Werdegang seit meiner Studienzeit kritisch und wohlwollend begleitet hat. Nicht zuletzt seiner Fürsprache ist es zuzuschreiben, daß die vorliegende Arbeit durch ein Promotionsstipendium der SIEMENS-AG, das Ernst-von-Siemens-Stipendium, gefördert wurde. Ohne den damit verbundenen finanziellen Spielraum hätten viele wertvolle Gespräche mit ausländischen Kollegen auf Tagungen und Studienreisen nicht stattfinden können.

Besonderer Dank gebührt auch meinem Doktorvater Prof. Dr. H. Wedekind. Seine Begeisterung an philosophischen Fragen war mir drei Jahre lang Mahnung und Vorbild. Er war es auch, der mich an die Erlanger Schule des Konstruktivismus herangeführt hat. Die daraus resultierende Vertrautheit mit konstruktivistischem Gedankengut hat zur Klärung vieler interessanter Zusammenhänge zwischen Logik-Programmierung und intuitionistischer Logik beigetragen.

Zum wissenschaftlichen Arbeiten gehört die wissenschaftliche Zusammenarbeit. In dieser Beziehung möchte ich vor allem meinem Freund und Kollegen Günther Görz für unzählige Stunden fruchtbarer Diskussion danken. Ihn und mich verbindet seit meiner Studienzeit ein breites Band gemeinsamer Interessen.

Auch Horst Schäfer und ganz besonders Herbert Stoyan sei an dieser Stelle gedankt. Beide haben mich mit beharrlicher Kritik und zahllosen Verbesserungsvorschlägen bei der Fertigstellung des Manuskripts unterstützt.

Daß die vorliegende Arbeit in einer lockeren und anregenden Atmosphäre angefertigt werden konnte, ist meinen Kollegen vom IMMD VI zuzuschreiben. Besonders erwähnen möchte ich hier meinen Freund Michael Tielemann, der mir gerade in der heißen Endphase so manche unangenehme Pflicht abgenommen hat. Dem Kollegen Ulf Schreier sei Dank erstattet für seine inhaltliche und “moralische” Unterstützung bei der Themenfindung.

Das Manuskript dieser Arbeit hat wesentlich von der “editoriellen Überarbeitung” durch meinen Kollegen Thomas Ruf profitiert—auch der Duden gehört offensichtlich zu den Klassikern, die ein Informatiker verinnerlicht haben sollte.

Zwei Studenten gebührt an dieser Stelle ebenfalls Dank: Lutz Euler und Gerhard Tobermann. Lutz Euler hat in seiner Studienarbeit eine anschauliche Rekonstruktion von deKleers ATMS geliefert. Gerhard Tobermann hat darauf aufbauend die in der vorliegenden Arbeit spezifizierte Architektur von RISC realisiert. Aufgrund seines überdurchschnittlichen Engagements war die “Betreuung” seiner Diplomarbeit auch für mich sehr lehrreich: Zahlreiche Verbesserungen an RISC gehen auf von ihm geäußerte Kritik zurück.

Schließlich verdient meine Familie ein riesiges Dankeschön für ihre Toleranz und für die Opfer, die sie in den letzten Jahren im Zusammenhang mit dieser Arbeit gebracht hat. Dabei denke ich vor allem an meine Frau Jette, die unseren Kindern zuletzt nicht nur Mutter, sondern auch noch Vater sein mußte. Ihr sei diese Arbeit gewidmet.

Erlangen, im November 1988

Clemens Beckstein

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	v
1 Einleitung	1
1.1 Motivation	3
1.1.1 Logik als Analysewerkzeug	4
1.1.2 Logik als Repräsentations- und Schlußwerkzeug	5
1.1.3 Logik als Programmiersprache	7
1.2 Ausdruckskraft kontra Verarbeitung	9
1.3 Aufbau der Arbeit	12
2 Logische Grundbegriffe	15
2.1 Prädikatenlogik	15
2.1.1 Grundbegriffe der Prädikatenlogik	15
2.1.2 Prädikatenlogische Formeln in Klauselform	21
2.2 Herbrand-Interpretationen	25
2.3 Resolution	27
2.3.1 Einfache Resolution	29
2.3.2 Resolution mit Unifikation	30
2.3.3 Resolutionsstrategien	36
2.3.3.1 Elimination von Tautologien	36
2.3.3.2 "Set-of-support"-Resolution	36
2.3.3.3 P_1 - und N_1 -Resolution	37
2.3.3.4 Hyperresolution	37
2.3.3.5 Input-Resolution	38
2.3.3.6 Lineare Resolution	38
2.3.3.7 Einheits-Resolution	38
2.3.3.8 Subsumptions-Resolution	39
2.4 Antwortsubstitutionen	39
2.5 Semantik von Logik-Programmen	44
2.5.1 Modelltheoretische Semantik	45
2.5.2 Semantik des kleinsten Fixpunktes	47
3 Die deklarativ/prozedural-Kontroverse	51
3.1 PLANNER	58
3.2 CONNIVER	67

3.3	Aktorensysteme	73
3.4	Lehren aus dieser Diskussion	77
4	Logik-Programmierung	81
4.1	SLD-Resolution	81
4.1.1	SLD-Widerlegungen	81
4.1.2	SLD-Bäume	86
4.2	PROLOG	88
4.2.1	Suchstrategie von PROLOG	90
4.2.2	Nicht-logische Eigenschaften von PROLOG	94
4.2.2.1	Meta-logische Prädikate und Meta-Variablen	95
4.2.2.2	Die Operatoren CUT und FAIL	97
4.2.2.3	Die Operatoren ASSERT und RETRACT	100
4.2.3	Resümee	104
4.3	FWD-Beweise	110
4.3.1	FWD-Ableitungen	110
4.3.2	FWD-Graphen	112
4.3.3	SLD-Resolution versus FWD-Beweisen	114
4.4	Berechenbarkeitsaspekte	116
5	Die Grenzen der Ausdruckskraft	119
5.1	Konstruktivistische Aspekte	119
5.2	Dialogische Logik und Logik-Programmierung	124
5.2.1	Grundbegriffe der Dialogischen Logik	125
5.2.2	Dialogische Logik versus SLD-Resolution	128
5.2.3	Dialogische versus Klassische Logik	134
5.3	Negation	137
5.3.1	Closed World Assumption	138
5.3.2	Finite Failure und Negation as Failure	141
5.3.3	Vervollständigungen von Logik-Programmen	145
5.4	Resümee	149
6	Reason-Maintenance-Systeme	153
6.1	Grundbegriffe des Reason-Maintenance	154
6.2	Negation und Reason-Maintenance	157
6.2.1	Label-Propagierung	157
6.2.2	Behandlung von NOGOODS	158
6.2.3	Defaults und Trigger	159
6.3	Multiple Welten: DeKleers ATMS	161
6.3.1	ATMS-Entwurfsprinzipien	162
6.3.2	Eigenschaften von ATMS-Labeln	163
6.3.3	Grundfunktionen des ATMS	166
6.3.4	Disjunktionen und Defaults	166

7 Ein vereinheitlichender Ansatz: RISC	171
7.1 Unterstützung von SLD-Resolution	171
7.1.1 Kommunikation zwischen Beweissystem und RMS	172
7.1.2 Generierung von Lemmata	173
7.1.3 Vermeidung wiederholter Ableitungen	174
7.1.4 Relevante Prädikate	175
7.2 Veränderliche Theorien	181
7.2.1 Das Frame-Problem	182
7.2.2 Relevante Fehlschläge	185
7.2.3 <i>NAI</i> statt <i>NAF</i>	190
7.3 Hypothetisches Schließen	193
7.3.1 Variablenfreie Schlüsse	193
7.3.2 Allgemeine Behandlung	198
7.4 Ein Beispiel	202
7.5 Diskussion vergleichbarer Ansätze	207
7.5.1 Parsing und Lemmagenerierung	207
7.5.2 Gabbays theoretische Vorarbeiten	209
7.5.3 Ein dualer Ansatz: FORLOG	211
8 Zusammenfassung und Ausblick	213
Literaturverzeichnis	221
Index	235