

Leitfäden der angewandten Informatik

- Bauknecht/Zehnder: **Grundzüge der Datenverarbeitung**.
3. Aufl. 293 Seiten. DM 36,—
- Beth / Heß / Wirl: **Kryptographie**
205 Seiten. Kart. DM 26,80
- Bunke: **Modellgesteuerte Bildanalyse**
309 Seiten. Geb. DM 48,—
- Craemer: **Mathematisches Modellieren dynamischer Vorgänge**
288 Seiten. Kart. DM 38,—
- Frevert: **Echtzeit-Praxis mit PEARL**
2. Aufl. 216 Seiten. Kart. DM 34,—
- Gorny/Viereck: **Interaktive grafische Datenverarbeitung**
256 Seiten. Geb. DM 52,—
- Hofmann: **Betriebssysteme: Grundkonzepte und Modellvorstellungen**
253 Seiten. Kart. DM 36,—
- Holtkamp: **Angepaßte Rechnerarchitektur**
233 Seiten. DM 38,—
- Hultsch: **Prozeßdatenverarbeitung**
216 Seiten. Kart. DM 28,80
- Kästner: **Architektur und Organisation digitaler Rechenanlagen**
224 Seiten. Kart. DM 28,80
- Kleine Büning/Schmitgen: **PROLOG**
2. Aufl. 311 Seiten. DM 36,—
- Meier: **Methoden der grafischen und geometrischen Datenverarbeitung**
224 Seiten. Kart. DM 38,—
- Meyer-Wegener: **Transaktionssysteme**
242 Seiten. DM 38,—
- Mresse: **Information Retrieval – Eine Einführung**
280 Seiten. Kart. DM 38,—
- Müller: **Entscheidungsunterstützende Endbenutzersysteme**
253 Seiten. Kart. DM 32,—
- Mußtopf / Winter: **Mikroprozessor-Systeme**
302 Seiten. Kart. DM 34,—
- Nebel: **CAD-Entwurfskontrolle in der Mikroelektronik**
211 Seiten. Kart. DM 34,—
- Retti et al.: **Artificial Intelligence – Eine Einführung**
2. Aufl. X, 228 Seiten. Kart. DM 36,—
- Schicker: **Datenübertragung und Rechnernetze**
2. Aufl. 242 Seiten. Kart. DM 32,—
- Schmidt et al.: **Digitalschaltungen mit Mikroprozessoren**
2. Aufl. 208 Seiten. Kart. DM 28,80
- Schmidt et al.: **Mikroprogrammierbare Schnittstellen**
223 Seiten. Kart. DM 34,—
- Schneider: **Problemorientierte Programmiersprachen**
226 Seiten. Kart. DM 28,80
- Schreiner: **Systemprogrammierung in UNIX**
Teil 1: Werkzeuge. 315 Seiten. Kart. DM 52,—
Teil 2: Techniken. 408 Seiten. Kart. DM 58,—

Fortsetzung auf der 3. Umschlagseite



B. G. Teubner Stuttgart

Leitfäden der angewandten Informatik

H. Kleine Büning/S. Schmitgen
PROLOG

Leitfäden der angewandten Informatik

Unter beratender Mitwirkung von

Prof. Dr. Hans-Jürgen Appelrath, Oldenburg
Dr. Hans-Werner Hein, St. Augustin
Prof. Dr. Rolf Pfeifer, Zürich
Dr. Johannes Retti, Wien
Prof. Dr. Michael M. Richter, Kaiserslautern

Herausgegeben von

Prof. Dr. Lutz Richter, Zürich
Prof. Dr. Wolffried Stucky, Karlsruhe

Die Bände dieser Reihe sind allen Methoden und Ergebnissen der Informatik gewidmet, die für die praktische Anwendung von Bedeutung sind. Besonderer Wert wird dabei auf die Darstellung dieser Methoden und Ergebnisse in einer allgemein verständlichen, dennoch exakten und präzisen Form gelegt. Die Reihe soll einerseits dem Fachmann eines anderen Gebietes, der sich mit Problemen der Datenverarbeitung beschäftigen muß, selbst aber keine Fachinformatik-Ausbildung besitzt, das für seine Praxis relevante Informatikwissen vermitteln; andererseits soll dem Informatiker, der auf einem dieser Anwendungsgebiete tätig werden will, ein Überblick über die Anwendungen der Informatikmethoden in diesem Gebiet gegeben werden. Für Praktiker, wie Programmierer, Systemanalytiker, Organisatoren und andere, stellen die Bände Hilfsmittel zur Lösung von Problemen der täglichen Praxis bereit; darüber hinaus sind die Veröffentlichungen zur Weiterbildung gedacht.

PROLOG

Grundlagen und Anwendungen

**Von Dr. rer. nat. Hans Kleine Büning
Professor an der Universität-GH-Duisburg**

**und Dipl.-Wi.-Ing. Stefan Schmitgen
Universität-GH-Duisburg**

**2., überarbeitete und erweiterte Auflage
Mit zahlreichen Abbildungen, Tabellen
und Programmbeispielen**



B. G. Teubner Stuttgart 1988

Prof. Dr. rer. nat. Hans Kleine Büning

1948 geboren in Innsbruck. Von 1970 bis 1975 Studium der Mathematik und Mathematischen Logik in Münster; 1977 Promotion in Mathematischer Logik bei Prof. Dr. D. Rödding. Von 1976 bis 1982 wiss. Assistent am Institut für Mathematische Logik und Grundlagenforschung der Universität Münster. 1981 Habilitation im Fach Mathematik. Von 1982 bis 1987 Professor für Angewandte Informatik an der Universität Karlsruhe. Seit 1987 Professor für Praktische Informatik an der Universität-GH-Duisburg.

Dipl.-Wi.-Ing. Stefan Schmitgen

1961 geboren in Heidelberg. Von 1981 bis 1986 Studium des Wirtschaftsingenieurwesens an der Universität Karlsruhe; 1986 Diplom in Wirtschaftsingenieurwesen. Von 1986 bis 1987 wiss. Mitarbeiter am Institut für Angewandte Informatik und Formale Beschreibungsverfahren der Universität Karlsruhe. Seit 1987 wiss. Angestellter im Fachgebiet Praktische Informatik, Fachbereich Mathematik, an der Universität-GH-Duisburg.

CIP-Titelaufnahme der Deutschen Bibliothek

Kleine Büning, Hans:

PROLOG : Grundlagen u. Anwendungen / von Hans Kleine Büning u. Stefan Schmitgen. – 2., überarb. u. erw. Aufl. – Stuttgart : Teubner, 1988

(Leitfäden der angewandten Informatik)

ISBN-13: 978-3-519-12484-9

e-ISBN-13: 978-3-322-89542-4

DOI: 10.1007/978-3-322-89542-4

NE: Schmitgen, Stefan:

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jeder Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt besonders für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

© B. G. Teubner Stuttgart 1988

Gesamtherstellung: Zehnersche Buchdruckerei GmbH, Speyer
Umschlaggestaltung: M. Koch, Reutlingen

Vorwort

Die Programmiersprache PROLOG hat in den letzten Jahren, nicht zuletzt durch zahlreiche Anwendungen im Bereich der Expertensysteme und der natürlichsprachlichen Verarbeitung, immer mehr an Bedeutung gewonnen. Gegenüber prozeduralen Programmiersprachen, wie z.B. Pascal, in denen Verfahren zur Lösung eines Problems programmiert werden müssen, besteht Programmieren in PROLOG im Prinzip aus einer Beschreibung des Problems. Daraus ergeben sich natürlich ganz andere Methoden und Schwierigkeiten beim Entwurf eines Programms.

Dieses Buch ist aus Vorlesungen an der Universität Karlsruhe entstanden. Aus den dabei gemachten Erfahrungen resultiert auch der Aufbau des Buches. Zuerst werden einfache Programme und Konstrukte in Prolog vorgestellt, um den Leser mit der Vorgehensweise bei der Programmierung in PROLOG vertraut zu machen. Nach einem Exkurs über Grundlagen der Logik schließt sich ein Kapitel über die Syntax der Sprache an, wobei wir uns an der Syntax von C-Prolog orientiert haben. Bevor dann eine ausführliche Darstellung der wichtigsten Built-in-Prädikate mit Beispielen stattfindet, wird auf den Ablauf bei der Lösungssuche in PROLOG eingegangen.

Die Anwendungen sind in zwei Bereiche aufgeteilt. Zum einen werden relativ kurze Beispiele über Mengen, Parser, Spiele, Logik und Mathematik vorgestellt, und zum anderen ist den Expertensystemen ein ganzes Kapitel gewidmet. Hierbei geht es weniger um eine Vorstellung und allgemeine Diskussion solcher Systeme, sondern um die Entwicklung einer Shell für die Implementation von Expertensystemen. Im Anhang befindet sich dann, bis auf ein Modul für die Wissenserfassung, das vollständige Programm für diese Entwicklungsumgebung.

Wir haben uns entschlossen, einen Exkurs über die elementare Prädikatenlogik mit aufzunehmen, um zu verdeutlichen, warum PROLOG als Abkürzung für PROgramming in LOGic steht. Ferner zeigt unsere Erfahrung, daß ein gewisses Maß an Kenntnissen der Logik für die Umsetzung eines Problems in ein Programm sehr hilfreich sein kann.

Die in diesem Buch enthaltenen Beispiele und Programme sind in C-Prolog, Version 1.5 Aug.85 des Instituts für Informatik I der Universität Karlsruhe, unter UNIX auf einem NCR-Tower 1632 geschrieben worden. In anderen PROLOG-Versionen und unter anderen Betriebssystemen wird das eine oder andere etwas geändert werden müssen. Soweit es eben ging, haben wir dies in den Beispielen deutlich gemacht.

Zum Abschluß gilt unser Dank Frau M. Stanzel und Herrn St. Ciecior für das Erstellen der Druckvorlage in $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$, Herrn Th. Lettmann für die hilfreichen Kommentare und Herrn A. Flögel für die kritische Durchsicht des Manuskripts.

Karlsruhe, im März 1986

H. Kleine Büning

S. Schmitgen

Vorwort zur 2. Auflage

Bei der zweiten Auflage haben wir den weiteren Erfahrungen aus eigenen Vorlesungen und Kursen über Prolog Rechnung getragen. Dementsprechend sind einige kleine Umstellungen vorgenommen worden. So ist vor das Kapitel über die Lösungssuche und die Einbettung der prozeduralen Elemente in die Lösungssuche ein Kapitel über einfache Built-in-Prädikate aus den Bereichen Input/Output, Arithmetik und Vergleich gerückt. Dadurch wird zum einen die Erweiterung des reinen Prolog um prozedurale Elemente besser motiviert und zum anderen kann dieser Sachverhalt wesentlich einfacher anhand von Beispielen aus diesen Bereichen erläutert werden.

Außerdem haben wir das ehemals ziemlich umfangreiche Kapitel über Built-in-Prädikate in mehrere kleinere Kapitel zu bestimmten Themenbereichen aufgespalten. Dies erleichtert dem Leser die Orientierung innerhalb des Buchs.

Eine inhaltliche Überarbeitung haben wir bei den Kapiteln über die Grundlagen der Prädikatenlogik und der Anwendung aus dem Bereich Expertensysteme vorgenommen. Bei der Behandlung der theoretischen Grundlagen sind wir nun stärker auf die Beziehung zwischen Logik und Prolog eingegangen, um die Einbettung dieses Exkurs innerhalb des Buchs noch deutlicher werden zu lassen. Im Kapitel über die Anwendung im Bereich Expertensysteme haben wir verstärkt herausgestellt, in wie weit das Programm als Prototyp für ein Produktionsregelsystem aufgefaßt werden kann. Dazu sind auch einige kleine Änderungen am Programm selbst vorgenommen worden.

In diesem Zusammenhang haben wir auch getestet, wie einfach es ist, ein in C-Prolog erstelltes Programm in einen anderen Prolog-Dialekt zu übertragen. Bei der Portierung nach Arity-Prolog (lauffähig auf PC unter DOS) konnten wir dabei das komplette Programm bis auf kleine Änderungen im Bereich Bildschirmsteuerung übernehmen. Auch darin sehen wir die Bestätigung, daß sich der in diesem Buch vorgestellte Sprachumfang von Prolog immer mehr als Kern eines Quasi-Standard durchsetzt.

Ansonsten sind gegenüber der 1. Auflage einige Beispiele ergänzt und die Druckfehler verbessert worden.

Für die Anregungen und Kommentare, die zu den Veränderungen in der 2. Auflage beigetragen haben, danken wir insbesondere allen Mitarbeitern und den kritischen Lesern des Buchs.

Unser besonderer Dank gilt Frau Petra Frank, welche die Veränderungen der Druckvorlage in \TeX vorgenommen hat.

Duisburg, im März 1988

H. Kleine Büning

S. Schmitgen

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	13
2	Einfache Konstrukte und Programme in Prolog	16
2.1	Fakten	17
2.2	Fragen	20
2.3	Regeln	28
2.4	Exkurs : Arbeiten mit einem Prolog-Interpreter	32
3	Elementare Prädikatenlogik	36
3.1	Aussagenlogik	36
3.1.1	Begriffe	36
3.1.2	Der semantische Folgerungsbegriff	39
3.1.3	Der syntaktische Folgerungsbegriff	40
3.1.4	Äquivalenz von Syntax und Semantik	42
3.1.5	Normalformen	44
3.1.6	Resolution	46
3.1.7	Prolog-Algorithmus	50
3.2	Prädikatenlogik	57
3.2.1	Syntax	57
3.2.2	Semantik	59
3.2.3	Äquivalenz von Syntax und Semantik	61
3.2.4	Normalformen	63
3.2.5	Resolution	66
4	Die Syntax von Prolog	72
4.1	Die Beschreibung der Metasprache	72
4.2	Prolog-Datentypen	73
4.2.1	Atome	74
4.2.2	Zahlentypen	75
4.2.3	Variablen	76
4.3	Strukturen	76
4.4	Prolog-Programm	78
4.5	Die Datentypen Term und Liste	79
5	Einfache Built-in-Prädikate	81
5.1	Input/Output	81
5.1.1	Output	82
5.1.2	Input	84
5.2	Arithmetik	89

5.3	Vergleich	95
5.3.1	Vergleich von Termen	95
5.3.2	Vergleich von Zahlen	99
6	Ablauf der Lösungssuche in Prolog	102
6.1	Lösungsverfahren	102
6.2	Trace, Boxenmodell	108
6.3	Rekursion	111
6.4	Besonderheiten bei einigen prozeduralen Built-in-Prädikaten	113
6.5	fail	116
6.6	true	116
6.7	repeat	117
6.8	not	118
6.9	Der Cut	120
7	Listen und Listenmanipulation	126
7.1	Notation	126
7.2	Built-in-Prädikate für Listen	130
7.3	Kleine Programme mit Listen	136
7.4	Sortieren von Listen	142
7.5	ASCII-Listen	145
8	Terme, Strukturen und Operatoren	149
8.1	Termklassifizierung	149
8.2	Aufbau von Strukturen, Definition von Operatoren	151
8.3	Definition von Operatoren	157
9	Programmkontrolle	165
9.1	Ablaufsteuerung	165
9.2	Debugger	167
10	Filehandling	172
10.1	Schreiben auf Dateien	172
10.2	Lesen von Dateien	174
10.3	Allgemeine Prädikate zur Dateibearbeitung	176
11	Manipulieren der Datensammlung	178
11.1	Programm-Datensammlung	178
11.2	Inhalt der Programm-Datensammlung	184

11.3	Interne Datensammlung	187
11.4	Programmstatus	192
12	Sonstige Built-in-Prädikate	195
12.1	Sammeln von Antworten	195
12.2	Benutzen von Betriebssystembefehlen	201
13	Anwendungen	204
13.1	Mengen	204
13.2	Parser	207
13.3	Spiele	212
13.3.1	Nimm	212
13.3.2	Siebzehn und Vier	214
13.4	Logik	220
13.4.1	Transformation in Prolog-Form	220
13.4.2	Syntaktische Transformation	221
13.4.3	Beschränkte Quantoren	230
13.4.4	Query und Insert für Teile der Aussagenlogik	232
13.4.5	Erkennen von Zyklen	235
13.5	Mathematik	237
13.5.1	Differenzieren	237
13.5.2	Umwandlung der p-adischen Zahlendarstellung in die Dezimaldarstellung	238
14	Expertensysteme	240
14.1	Der Begriff des Expertensystems	240
14.2	Die Struktur eines Expertensystems	241
14.2.1	Komponenten eines Expertensystems	241
14.2.2	Realisierungsmöglichkeiten	243
14.3	Die Realisierung eines Expertensystems in Prolog	245
14.3.1	Struktur und Aufbau	245
14.3.2	Merken von Antworten, Lösungsweg und benutzten Regeln	247
14.3.3	Die Fragekomponente	249
14.3.3.1	Das Grundgerüst der Fragekomponente	249
14.3.3.2	Hilfefunktionen der Fragekomponente	251
14.3.3.3	Rückgängigmachen einer Antwort	254
14.3.4	Die Wissensrepräsentation	256
14.3.4.1	Besonderheiten bei möglichen Mehrfachlösungen	259
14.3.5	Die Erklärungskomponente	261
14.3.5.1	Ausgabe aller Fragen und Antworten	261
14.3.5.2	Ausgabe aller getesteten und erfolgreichen Regeln	262

14.3.5.3	Ausgabe der falsifizierten Regeln	263
14.3.5.4	Warum eine mögliche Lösung keine Lösung ist	264
14.3.6	Der Rahmen für die einzelnen Komponenten	266
14.3.7	Einbinden von Datenbankaufrufen und Programmen	272
14.3.8	Abänderungen und Erweiterungsmöglichkeiten	274
Anhang		275
A	Die Syntax von Prolog	275
B	Built-in-Prädikate	278
C	Realisierung eines Expertensystems	282
C.1	Die Schale des Expertensystems	282
C.2	Beispiel "Autosuche"	293
D	Anpassung von Regeln an die Schale des Expertensystems	299
D.1	Die Regeldatei	300
D.2	Die Datei mit den Erklärungen	302
Literaturverzeichnis		303
Stichwortverzeichnis		304