

# Inhalt

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
|           | Vorwort des Herausgebers . . . . .                           | 9         |
|           | Vorwort des Autors . . . . .                                 | 11        |
|           | Danksagung . . . . .   | 17        |
| <b>1.</b> | <b>Einführung . . . . .</b>                                  | <b>19</b> |
| 1.1       | Eine intellektuelle und technische Herausforderung . . . . . | 19        |
| 1.2       | Was ist Intelligenz? . . . . .                               | 22        |
| 1.3       | Was ist Künstliche Intelligenz? . . . . .                    | 24        |
| 1.4       | Die Künstliche Intelligenz wird erwachsen . . . . .          | 26        |
| 1.5       | Philosophische Herausforderungen . . . . .                   | 28        |
| 1.6       | Literaturempfehlungen . . . . .                              | 30        |
| <b>2.</b> | <b>Programmieren in LISP . . . . .</b>                       | <b>33</b> |
| 2.1       | Einführung . . . . .   | 33        |
| 2.2       | S-Ausdrücke . . . . .  | 34        |
| 2.3       | Terme . . . . .  | 37        |
| 2.4       | CONS, CAR und CDR . . . . .                                  | 38        |
| 2.5       | QUOTE und SETQ . . . . .                                     | 41        |
| 2.6       | Spezialformen . . . . .                                      | 43        |
| 2.7       | Prädikate . . . . .  | 43        |
| 2.8       | COND . . . . .   | 44        |
| 2.9       | Definieren einfacher Funktionen . . . . .                    | 45        |
| 2.10      | PROG . . . . .   | 51        |
| 2.11      | EVAL und APPLY . . . . .                                     | 53        |
| 2.12      | Definieren von Spezialformen . . . . .                       | 56        |
| 2.12      | MAPCAR . . . . .   | 58        |
| 2.14      | READ und PRINT . . . . .                                     | 59        |
| 2.15      | Die Attribut-Liste eines Atoms . . . . .                     | 60        |
| 2.16      | Überschreiben von Zeigern im LISP-Speicher . . . . .         | 61        |
| 2.17      | Debugging . . . . .  | 63        |
| 2.18      | Programmiertechniken . . . . .                               | 65        |
| 2.19      | Implementation von LISP . . . . .                            | 67        |
| 2.20      | Literaturempfehlungen . . . . .                              | 70        |
|           | Übungen . . . . .  | 70        |
| <b>3.</b> | <b>Produktionensysteme und Mustervergleich . . . . .</b>     | <b>75</b> |
| 3.1       | Übersicht . . . . .  | 75        |
| 3.2       | Technik der Produktionensysteme . . . . .                    | 75        |
| 3.3       | Mustervergleich . . . . .                                    | 82        |
| 3.4       | "SHRINK" . . . . .   | 89        |
| 3.5       | Bearbeitung mathematischer Ausdrücke . . . . .               | 95        |

|           |   |            |
|-----------|---|------------|
| 3.6       | Der Begriff der Unifizierung                        | 108        |
| 3.7       | Literaturempfehlungen                               | 109        |
|           | Übungen   | 110        |
| <b>4.</b> | <b>Darstellung von Wissen</b>                       | <b>115</b> |
| 4.1       | Eigenschaften von Wissen                            | 115        |
| 4.2       | Übersicht über Methoden zur Wissensdarstellung      | 115        |
| 4.3       | Wissen in Produktionsregeln                         | 117        |
| 4.4       | Konzepthierarchien                                  | 118        |
| 4.5       | Eine ISA-Hierarchie in LISP                         | 122        |
| 4.6       | Eine Dialogschnittstelle                            | 126        |
| 4.7       | Vererbung   | 132        |
| 4.8       | Aussagen- und Prädikatenlogik                       | 137        |
| 4.9       | Kontextrahmen                                       | 142        |
| 4.10      | Semantische Netze                                   | 145        |
| 4.11      | Bedingungen   | 152        |
| 4.12      | Relationale Datenbasen                              | 156        |
| 4.13      | Probleme bei der Wissensdarstellung                 | 160        |
| 4.14      | Zusammenfassung der Methoden zur Wissensdarstellung | 161        |
| 4.15      | Literaturempfehlungen                               | 163        |
|           | Übungen   | 164        |
| <b>5.</b> | <b>Suche</b>  | <b>171</b> |
| 5.1       | Der Begriff des Suchens in einem Zustandsraum       | 171        |
| 5.2       | Puzzles aus gemusterten Quadraten                   | 173        |
| 5.3       | Elementare Suchtechniken                            | 182        |
| 5.4       | Heuristische Suchmethoden                           | 188        |
| 5.5       | Planung   | 202        |
| 5.6       | Nullsummen-Spiele für zwei Personen                 | 206        |
| 5.7       | Literaturempfehlungen                               | 214        |
|           | Übungen   | 215        |
| <b>6.</b> | <b>Logisches Schließen</b>                          | <b>225</b> |
| 6.1       | Motivation  | 225        |
| 6.2       | Beweise in der Aussagenlogik                        | 225        |
| 6.3       | Resolution in der Prädikatenlogik                   | 238        |
| 6.4       | Die logische Vollständigkeit der Resolution         | 249        |
| 6.5       | Resolutionsstrategien                               | 255        |
| 6.6       | Problemlösen mit Resolution                         | 257        |
| 6.7       | Logikprogrammierung und PROLOG                      | 259        |
| 6.8       | Nicht-monotones Schließen                           | 273        |
| 6.9       | Literaturempfehlungen                               | 276        |
|           | Übungen   | 277        |

|            |  |     |
|------------|--|-----|
| <b>7.</b>  | <b>Probabilistisches Schließen</b>                     | 283 |
| 7.1        | Einleitung   | 283 |
| 7.2        | Wahrscheinlichkeit                                     | 284 |
| 7.3        | Probabilistische Inferenznetze                         | 290 |
| 7.4        | Aktualisieren in Inferenznetzen                        | 298 |
| 7.5        | Ein Inferenznetz in LISP                               | 309 |
| 7.6        | Das System von Dempster und Shafer                     | 321 |
| 7.7        | Literaturempfehlungen                                  | 326 |
|            | Übungen  | 327 |
| <br>       |  |     |
| <b>8.</b>  | <b>Lernen</b>  | 331 |
| 8.1        | Einleitung   | 331 |
| 8.2        | Erlernen von Klassifizierungsregeln                    | 336 |
| 8.3        | Selbstgesteuerte Konzeptualisierungssysteme            | 345 |
| 8.4        | PYTHAGORAS: Erforschung geometrischer Konzepte         | 347 |
| 8.5        | Abschließende Bemerkungen                              | 368 |
| 8.6        | Literaturempfehlungen                                  | 369 |
|            | Übungen  | 370 |
| <br>       |  |     |
| <b>9.</b>  | <b>Verstehen natürlicher Sprache</b>                   | 375 |
| 9.1        | Einführung   | 375 |
| 9.2        | Syntax   | 381 |
| 9.3        | Semantik und Repräsentation                            | 391 |
| 9.4        | Die Verarbeitung von Interpretationen                  | 402 |
| 9.5        | Dialogführung  | 407 |
| 9.6        | Schnittstelle zu einer Mikrowelt in englischer Sprache | 410 |
| 9.7        | Literaturempfehlungen                                  | 431 |
|            | Übungen  | 433 |
| <br>       |  |     |
| <b>10.</b> | <b>Sehen</b>   | 437 |
| 10.1       | Einleitung   | 437 |
| 10.2       | Bildaufbau und Bilderfassung                           | 445 |
| 10.3       | Vorverarbeitung  | 455 |
| 10.4       | Zusammenhängende Gebiete und zellulare Logik           | 457 |
| 10.5       | Kanten und Linien                                      | 469 |
| 10.6       | Regionenwachstum                                       | 482 |
| 10.7       | Formanalyse  | 488 |
| 10.8       | Drei Dimensionen und Bewegung                          | 502 |
| 10.9       | Blockwelt-Heuristiken                                  | 509 |
| 10.10      | Literaturempfehlungen                                  | 513 |
|            | Übungen  | 516 |

|            |                                     |           |     |
|------------|-------------------------------------|-----------|-----|
| <b>11.</b> | <b>Expertensysteme</b>              | . . . . . | 523 |
| 11.1       | Einleitung                          | . . . . . | 523 |
| 11.2       | Integration von KI-Techniken        | . . . . . | 524 |
| 11.3       | Werkzeuge                           | . . . . . | 527 |
| 11.4       | Hardware                            | . . . . . | 529 |
| 11.5       | Beispiele für Expertensysteme       | . . . . . | 532 |
| 11.6       | Grenzen von Expertensystemen        | . . . . . | 534 |
| 11.7       | Literaturempfehlungen               | . . . . . | 535 |
|            | Übungen                             | . . . . . | 536 |
| <b>12.</b> | <b>Die Zukunft</b>                  | . . . . . | 539 |
| 12.1       | Wohin bewegt sich die KI?           | . . . . . | 539 |
| 12.2       | Ökonomischer Nutzen                 | . . . . . | 540 |
| 12.3       | Soziale Wachstumsschmerzen          | . . . . . | 542 |
| 12.4       | Kultureller Nutzen                  | . . . . . | 545 |
| 12.5       | Literaturempfehlungen               | . . . . . | 547 |
|            | <b>Anhang</b>                       |           |     |
| 1.         | Zusammenfassung der LISP-Funktionen | . . . . . | 551 |
| 2.         | Literaturverzeichnis                | . . . . . | 559 |
| 3.         | Register                            | . . . . . | 583 |