

Stuart Russell, Peter Norvig

Künstliche Intelligenz

Ein moderner Ansatz

2. Auflage

Mit Beiträgen von:
John F. Canny
Douglas D. Edwards
Jitendra M. Malik
Sebastian Thrun

PEARSON

Studium

ein Imprint von Pearson Education
München • Boston • San Francisco • Harlow, England
Don Mills, Ontario • Sydney • Mexico City
Madrid • Amsterdam

Inhaltsverzeichnis

	Vorwort	11	-&
	Überblick über das Buch	12	
	Änderungen gegenüber der ersten Auflage	12	:
	Wie Sie dieses Buch einsetzen können	13	
	Die Website	14	
	Danksagungen	14	::
	Die Autoren	16	
Kapitel 1	Einführung	17	1
1.1	Was ist KI?		
1.2	Die Grundlagen der künstlichen Intelligenz	23	<i>M</i>
1.3	Die Geschichte der künstlichen Intelligenz	36	∧
1.4	Die aktuelle Situation	49	
Kapitel 2	Intelligente Agenten	55	
2.1	Agenten und Umgebungen	55	ü
2.2	Gutes Verhalten: das Konzept der Rationalität	58	"~ *
2.3	Die Natur der Umgebungen	62	
2.4	Die Struktur von Agenten	70	
Kapitel 3	Problemlösung durch Suchen	89	
3.1	Problemlösende Agenten	89	
3.2	Beispielprobleme	95	
3.3	Die Suche nach Lösungen	100	
3.4	Uninformierte Suchstrategien	105	
3.5	Wiederholte Zustände vermeiden	115	
3.6	Suche mit partieller Information	117	
Kapitel 4	informierte Suche und Exploration	131	
4.1	Informierte (heuristische) Suchstrategien	131	
4.2	Heuristikfunktionen	143	
4.3	Lokale Suchalgorithmen und Optimierungsprobleme	150	
4.4	Lokale Suche in stetigen Räumen	160	<i>m</i>
4.5	Online-Suchagenten und unbekannte Umgebungen	164	<i>m</i>
Kapitel 5	Probleme unter Rand- oder Nebenbedingungen	183	√3
5.1	Probleme unter Rand- und Nebenbedingungen	183	" !
5.2	Backtrackina-Suche für CSPs	188	J

5.3	Lokale Suche für Probleme unter Rand- und Nebenbedingungen	198
5.4	Die Struktur von Problemen	200
Kapitel 6	Adversariale Suche	211
6.1	Spiele	211
6.2	Optimale Entscheidungen in Spielen	213
6.3	Alpha-Beta-Kürzung	218
6.4	Unvollständige Echtzeitentscheidungen	222
6.5	Spiele mit Zufallskomponente	227
6.6	Hochklassige Spielprogramme	233
6.7	Diskussion	236
Kapitel 7	Logische Agenten	249
7.1	Wissensbasierte Agenten	250
7.2	Die Wumpus-Welt	252
7.3	Logik	256
7.4	Aussagenlogik: eine sehr einfache Logik	260
7.5	Inferenzschemata in der Aussagenlogik	268
7.6	Effektive aussagenlogische Inferenz	279
7.7	Agenten auf der Basis von Aussagenlogik	285
Kapitel 8	Logik erster Stufe - First-Örder-Logik	303
8.1	Wiederholung der Repräsentation	303
8.2	Syntax und Semantik der Logik erster Stufe	308
8.3	Anwendung der Logik erster Stufe	318
8.4	Wissens-Engineering in Logik erster Stufe	327
Kapitel 9	Inferenz in der Logik erster Stufe	341
9.1	Aussagen- und prädikatenlogische Inferenz	341
9.2	Unifikation und Lifting	344
9.3	Vorwärtsverkettung	350
9.4	Rückwärtsverkettung	359
9.5	Resolution	368
Kapitel 10	Wissensrepräsentation	397
10.1	Ontologisches Engineering	397
10.2	Kategorien und Objekte	400
10.3	Aktionen, Situationen und Ereignisse	407
10.4	Mentale Ereignisse und mentale Objekte	422
10.5	Die Internet-Shopping-Welt	427
10.6	Inferenzsysteme für Kategorien	433
10.7	Schließen mit Defaultinformation	438
10.8	Truth Maintenance-Systeme	446

Kapitel 11	Planen	465
11.1	Das Planungsproblem	465
11.2	Planen mit Zustandsraumsuche	474
11.3	Partiell ordnendes Planen	479
11.4	Planungsgraphen	488
11.5	Planen mit Aussagenlogik	496
11.6	Analyse von Planungsansätzen	502
Kapitel 12	Planen und Agieren in der realen Welt	515
12.1	Zeit, Zeitpläne und Ressourcen	515
12.2	Hierarchisches Task-Netzwerk-Planen	521
12.3	Planen und Agieren in nicht deterministischen Domänen	530
12.4	Bedingtes Planen	533
12.5	Ausführungsüberwachung und Neuplanen	543
12.6	Stetiges Planen	548
12.7	Multiagenten-Planen	553
Kapitel 13	Unsicherheit	569
13.1	Handeln unter Unsicherheit	569
13.2	Grundlegende Notation für die Wahrscheinlichkeit	574
13.3	Die Axiome der Wahrscheinlichkeit	580
13.4	Inferenz unter Verwendung vollständig gemeinsamer Verteilungen	585
13.5	Unabhängigkeit	588
13.6	Die Bayessche Regel und ihre Verwendung	590
13.7	Eine erneute Betrachtung der Wumpus-Welt	594
Kapitel 14	Probabilistisches Schließen	605
14.1	Wissensrepräsentation in unsicheren Domänen	605
14.2	Die Semantik Bayesscher Netzwerke	608
14.3	Effiziente Repräsentation bedingter Verteilungen	614
14.4	Exakte Inferenz in Bayesschen Netzwerken	619
14.5	Annähernde Inferenz in Bayesschen Netzwerken	627
14.6	Erweiterung der Wahrscheinlichkeit auf Repräsentationen erster Stufe	637
14.7	Weitere Ansätze zum unsicheren Schließen	641
Kapitel 15	Probabilistisches Schließen über die Zeit	659
15.1	Zeit und Unsicherheit	659
15.2	Inferenz in temporalen Modellen	664
15.3	Hidden-Markov-Modelle	673
15.4	Kalman-Filter	676
15.5	Dynamische Bayessche Netzwerke	685
15.6	Spracherkennung	696

Kapitel 16	Einfache Entscheidungen	715
16.1	Glauben und Wünsche unter Unsicherheit kombinieren	715
16.2	Grundlagen der Nutzentheorie	717
16.3	Nutzenfunktionen	721
16.4	Nutzenfunktionen mit Mehrfachattributen	726
16.5	Entscheidungsnetzwerke	731
16.6	Der Wert von Information	734
16.7	Entscheidungstheoretische Expertensysteme	739
Kapitel 17	Komplexe Entscheidungen	749
17.1	Sequentielle Entscheidungsprobleme	749
17.2	Wert-Iteration	755
17.3	Taktik-Iteration	761
17.4	Partiell beobachtbare MEPs	763
17.5	Entscheidungstheoretische Agenten	767
17.6	Entscheidungen mit mehreren Agenten: Spieltheorie	770
17.7	Mechanismenentwurf	781
Kapitel 18	Aus Beobachtungen lernen	793
18.1	Lernformen	793
18.2	Induktives Lernen	796
18.3	Lernentscheidungsbäume	798
18.4	Gruppenlernen	811
18.5	Warum das Lernen funktioniert: Computer-Lerntheorie	815
Kapitel 19	Wissen beim Lernen	829
19.1	Eine logische Formulierung des Lernens	829
19.2	Wissen im Lernen	839
19.3	Erklärungsbasiertes Lernen	842
19.4	Lernen mit Relevanzinformation	847
19.5	Induktive Logikprogrammierung	851
Kapitel 20	Statistische Lernmethoden	867
20.1	Statistisches Lernen	867
20.2	Lernen mit vollständigen Daten	871
20.3	Lernen mit verborgenen Variablen: der EM-Algorithmus	881
20.4	Instanzbasiertes Lernen	892
20.5	Neuronale Netze	896
20.6	Kernel-Maschinen	910
20.7	Fallstudie: handschriftliche Ziffernerkennung	914
Kapitel 21	Verstärkendes (Reinforcement-)Lernen	927
21.1	Einführung	927
21.2	Passives verstärkendes Lernen	929

21.3	Aktives verstärkendes Lernen	936
21.4	Verallgemeinerung beim verstärkenden Lernen	943
21.5	Strategiesuche	948
Kapitel 22	Kommunikation	959
22.1	Kommunikation als Aktion	959
22.2	Eine formale Grammatik für ein Fragment von Englisch	966
22.3	Syntaktische Analyse (Parsing)	968
22.4	Erweiterte Grammatiken	977
22.5	Semantische Interpretation	982
22.6	Mehrdeutigkeit und Auflösung der Mehrdeutigkeit	991
22.7	Gesprächsverständnis	994
22.8	Grammatikinduktion	998
Kapitel 23	Probabilistische Sprachverarbeitung	1011
23.1	Probabilistische Sprachmodelle	1011
23.2	Informationsermittlung	1018
23.3	Informationsextraktion	1028
23.4	Maschinenübersetzungen	1032
Kapitel 24	Wahrnehmung	1047
24.1	Einführung	1047
24.2	Bildaufbau	1049
24.3	Frühe Operationen der Bildverarbeitung	1054
24.4	Dreidimensionale Information extrahieren	1059
24.5	Objekterkennung	1073
24.6	Verwendung der Vision für Manipulation und Navigation	1082
Kapitel 25	Robotik	1093
25.1	Einführung	1093
25.2	Roboter-Hardware	1095
25.3	Roboterwahrnehmung	1100
25.4	Bewegung planen	1110
25.5	Planung unsicherer Bewegungen	1118
25.6	Bewegung	1123
25.7	Software-Architekturen in der Robotik	1129
25.8	Anwendungsbereiche	1133
Kapitel 26	Philosophische Grundlagen	1149
26.1	Schwache KI: Können Maschinen intelligent handeln?	1149
26.2	Starke KI: Können Maschinen wirklich denken?	1156
26.3	Ethik und Risiken bei der Entwicklung künstlicher Intelligenz	1165

Kapitel 27	KI: Gegenwart und Zukunft	1175
27.1	Agentenkomponenten	1175
27.2	Agentenarchitekturen	1178
27.3	Gehen wir in die richtige Richtung?	1179
27.4	Was passiert, wenn die KI erfolgreich ist?	1182
Anhang A	Mathematischer Hintergrund	1185
A.1	Komplexitätsanalyse und $O()$-Notation	1185
A.2	Vektoren, Matrizen und lineare Algebra	1188
A.3	Wahrscheinlichkeitsverteilungen	1190
Anhang B	Hinweise zu Sprachen und Algorithmen	1193
B.1	Sprachen mit Backus-Naur-Form (BNF) definieren	1193
B.2	Algorithmen mit Pseudocode beschreiben	1194
B.3	Online-Hilfe	1195
	Bibliographie	1197
	Weitere deutschsprachige Bücher zur KI	1296
	Sachregister	1299