

Auf einen Blick

Über den Autor	9
Einführung	21
Teil I: Ganz schön clever	27
Kapitel 1: Einführung in die Thematik	29
Kapitel 2: Eine kurze Geschichte der intelligenten Maschinen	37
Kapitel 3: Wie intelligent ist die Künstliche Intelligenz wirklich?	45
Kapitel 4: Alles, was Sie über das Wissen wissen müssen	77
Kapitel 5: Alles logisch oder was?	117
Teil II: Wie lernt und denkt eine Maschine heute	155
Kapitel 6: Die Grundlagen des maschinellen Lernens	157
Kapitel 7: Kaum zu glauben – Die Maschine lernt richtige Regeln	205
Kapitel 8: Neuronale Netze – Auf dem Weg zum künstlichen Gehirn	225
Kapitel 9: Deep Learning – Der neue Clou der Künstlichen Intelligenz	275
Teil III: Eine bunte Umsetzung der Künstlichen Intelligenz, denn alle Theorie ist grau	291
Kapitel 10: Ist KI nur Mathematik?	293
Kapitel 11: Klüger als die alten Meister – Wieso gewinnt die KI im Schach und Go?	307
Kapitel 12: Mal was Nützliches – KI in Industrie und Gesellschaft	321
Kapitel 13: Und immer wieder lernen – KI und die Daten unserer Welt	347
Kapitel 14: KI zum Anfassen – Arbeiten mit Tools	391
Teil IV: Ist die Maschine bald klüger als der Mensch und fühlt sie sich wenigstens gut dabei	403
Kapitel 15: Materie und Geist – Ein notwendiger Ausflug in die Philosophie	405
Kapitel 16: Mit der Lupe ins Gehirn geschaut: Bewusstsein – Wo bist du?	421
Kapitel 17: Zukünftige Entwicklungen und ethische Fragen	443
Teil V: Der Top-Ten-Teil	477
Kapitel 18: Zehn Begriffe und Einordnungen	479
Literaturliste	489
Abbildungsverzeichnis	493
Stichwortverzeichnis	499



Inhaltsverzeichnis

Über den Autor	9
Widmung	9
Danksagung	9
Leserhinweise	10
Einführung	21
Über dieses Buch	22
Wie dieses Buch aufgebaut ist	23
Teil I: Ganz schön clever	23
Teil II: Wie lernt und denkt eine Maschine heute	24
Teil III: Eine bunte Umsetzung von Künstlicher Intelligenz, denn alle Theorie ist grau	24
Teil IV: Ist die Maschine bald klüger als der Mensch und fühlt sie sich wenigstens gut dabei	25
Teil V: Der Top-Ten-Teil	25
Symbole, die in diesem Buch verwendet werden	26
Was nun?	26
TEIL I GANZ SCHÖN CLEVER	27
Kapitel 1 Einführung in die Thematik	29
Was ist Intelligenz?	30
Intelligenz messen	30
Gibt es nicht die eine richtige Antwort?	31
Codierte Intelligenz	34
Schwache KI	34
Starke KI	35
Kann eine KI ein Bewusstsein entwickeln?	35
Kapitel 2 Eine kurze Geschichte der intelligenten Maschinen	37
Autonom vs. intelligent	37
Denken mit Mathematik formalisieren	38
Der Universalcomputer	38
Die Geburtsstunde der Künstlichen Intelligenz	39
Wichtige Meilensteine der KI	40

Kapitel 3	
Wie intelligent ist die Künstliche Intelligenz wirklich?.....	45
Die angemessene Intelligenz – Intelligenzstufe I1	45
Die lernende Intelligenz – Intelligenzstufe I2.	49
Muss Wissen wahr sein?	50
Können Maschinen Wissen erzeugen?	51
Deduktiver Wissenserwerb.	52
Abduktiver Wissenserwerb.	55
Induktiver Wissenserwerb	56
Die kreative Intelligenz – Intelligenzstufe I3.	60
Die bewusste Intelligenz – Intelligenzstufe I4	66
Die selbstbewusste Intelligenz – Intelligenzstufe I5	68
Einordnung der KI im Rahmen der verschiedenen	
Intelligenzstufen und Anmerkungen zu Bots	69
Der Turing-Test.	70
Das Chinesische Zimmer.	73
Zusammenfassung	74
Kapitel 4	
Alles, was Sie über das Wissen wissen müssen.....	77
Von Daten zu Informationen zu Wissen.....	77
Reden wir über Daten	78
Reden wir über Information.....	80
Information und ihre Bedeutung.....	86
Berechnen wir die quantitative Größe der Bedeutung	88
Kommen wir zum Wissen	93
Alles digital oder was ... – Die große Digitalisierungswelle	95
KI, Datenbanken und Wissensbasierte Systeme.....	100
Was ist eine Datenbank?	101
Was ist ein Expertensystem?	102
Was ist ein Wissensbasiertes System?	106
KI und Multi-Agenten-Systeme.....	106
KI und Semantische Netze	110
KI und neuronale Netze oder: Wie speichert der Mensch sein Wissen?.....	112
KI-Systeme sind etwas Technisches	114
Wir erzeugen neues Wissen.....	115
Kapitel 5	
Alles logisch oder was?.....	117
KI umfasst noch sehr viel mehr.....	118
Die Grundlagen der Logik.....	119
Die logische Kettenregel	120
Aristoteles' Logik nennen wir Syllogistik.....	120
Aussagenlogik	122
Junktoren der Aussagenlogik	123
Tautologien	128

Das Deduktionstheorem.	129
Das Erfüllbarkeitsproblem der Aussagenlogik.	135
Prädikatenlogik 1. Stufe (PL1)	136
Schlussfolgern in der Prädikatenlogik.	140
Das Resolutionskalkül	142
Die PL1 ist korrekt und vollständig	143
Das Entscheidbarkeitsproblem der Prädikatenlogik.	143
Prädikatenlogik 2. Stufe (PL2)	144
Darum PL2 -Wir quantifizieren über Prädikate	145
Vollständige Induktion.	146
Grenzen der PL2 – Das Unvollständigkeitstheorem	147
Unabhängig von der KI: Was bedeutet das Ergebnis von Gödel erkenntnistheoretisch?	151
Zusammenfassung und Kritikpunkte zur klassischen Logik	153

**TEIL II
WIE LERNT UND DENKT EINE MASCHINE HEUTE 155**

**Kapitel 6
Die Grundlagen des maschinellen Lernens 157**

Die Rohstoffe des maschinellen Lernens.	158
Einordnung des maschinellen Lernens	159
Weiße Schwäne – schwarze Schwäne	160
Bauen wir Modelle von der Welt	160
Analytischer vs. empirischer Ansatz	162
Beispiele für die empirische Modellierungsmethode.	165
Statistik im Überblick	167
Schließende Statistik in der KI	169
Von Datentypen, Kennzahlen und fiesen Fallstricken	170
Welche Daten sagen was - Skalentypen	172
Beginnen wir mit einer einfachen Datentabelle	173
Univariate Statistik am Beispiel	174
Multivariate Statistik am Beispiel.	177
Auf der Suche nach der Wahrheit	180
Die Grenzen der Statistik	182
Multivariate Statistik im mathematischen Detail	183
Statistische Verfahren zum Auffinden von Zusammenhängen.	184
Statistische Verfahren zum Auffinden von Strukturen.	199
Zusammenfassung	204

**Kapitel 7
Kaum zu glauben – Die Maschine lernt richtige Regeln 205**

Entscheidungs bäume	206
Entscheidungsbaum basierend auf Maximierung des Informationsgewinns.	206

Assoziationsregeln.....	217
Wichtige Gütemaße.....	217
Ein interessantes Gütemaß: Die Interessantheit.....	223

Kapitel 8
Neuronale Netze – Auf dem Weg zum künstlichen Gehirn..... 225

Das Neuronenmodell.....	226
Wie alles begann	228
... und (fast) voreilig endete	230
Die Topologie von neuronalen Netzwerken	234
Überblick über neuronale Lernverfahren	241
Überwachte Lernverfahren	242
Unüberwachte Lernverfahren	242
Bestärkende Lernverfahren	242
Hebb'sche Lernregel – Das einfachste Lernverfahren	244
Delta-Lernregel als einfaches überwachtes Lernverfahren.....	245
Backpropagation-Lernregel – Der Standard der überwachten Lernverfahren.....	247
LSTM-Netze (als Vertreter von Deep-Learning-Netzen)	253
Competitive Networks – Ein einfaches unüberwachtes Lernverfahren.....	254
Selbstorganisierende Merkmalskarten (SOM) – ein unüberwachtes Lernverfahren der Königsklasse	256
Probleme der neuronalen Netze beim Einsatz in der Praxis	266
Gütemaße neuronaler Netze für numerische Vorhersagen (Modellvorhersagen)	266
Gütemaße für Klassifikatoren	267
Probleme des Generalisierens.....	268
Zusammenfassung	272

Kapitel 9
Deep Learning – Der neue Clou der Künstlichen Intelligenz..... 275

Ein kleines bisschen Bildverarbeitung	276
Bildverarbeitung durch Faltung ... und nicht Filterung.....	277
Ein Faltungskern zur Kantendetektion	280
Convolutional Neural Networks (CNN) – Neuronale Faltungsnetzwerke	281
Lernphase eines CNN	282
Anwendungsphase eines CNN.....	283
Kritische Anmerkungen zum Deep Learning.....	284
So täuscht man eine KI	286

TEIL III EINE BUNTE UMSETZUNG DER KÜNSTLICHEN INTELLIGENZ, DENN ALLE THEORIE IST GRAU 291

Kapitel 10 Ist KI nur Mathematik? 293

Grenzen von Mathematik und Computern	294
Was ist ein Algorithmus?	295
Ist auch die menschliche Intelligenz algorithmisch?	297
Wie aber kommt Penrose überhaupt auf die Idee nicht-algorithmischer Anteile?	298
Ist die Natur »mechanisierbar«? – Eine persönliche Sichtweise	299
Kann die KI irgendwann alles auf der Welt berechnen?	300
Kann die KI irgendwann einmal mehr als der Mensch im Bereich des Denkens leisten?	303

Kapitel 11 Klüger als die alten Meister – Wieso gewinnt die KI im Schach und Go? 307

Wie konnte es so weit kommen?	307
Deep Blue gewinnt im Schach	308
AlphaGo gewinnt im Go	313
Zugnetzwerk (Policy Network)	315
Bewertungsnetzwerk (Value Network)	315
AlphaZero gewinnt alles	318
Zusammenfassung	320

Kapitel 12 Mal was Nützliches – KI in Industrie und Gesellschaft 321

Künstliche Intelligenz in der Industrie	321
IBM Watson - Ein Paradebeispiel für Kognitive Intelligenz.	323
Roboter in der Industrie	324
Produktion, Industrie 4.0 und Internet der Dinge.	327
Künstliche Intelligenz in der Gesellschaft.	332
Das Internet	332
Gesichtserkennung	332
Spracherkennung und Sprachsteuerung	333
Sprach-Übersetzung	334
Medizin	334
Soziale Netzwerke	335
KI in Kunst und Wissenschaft.	336
Autonome Autos (Selbstfahrende Autos).	336
Zusammenfassung und Diskussion	344

Kapitel 13	
Und immer wieder lernen – KI und die Daten unserer Welt	347
Was es alles gibt	347
Wozu diese Verfahren?	348
Was ist Data Mining?	350
Der Data-Mining-Prozess in der Praxis	351
KI als die Data-Mining-Technologie der Industrie	354
Allgemeine Situationsbewertung	354
Praxisbeispiele	357
Praxisbeispiel – Ausschussratensenkung in einer diskreten Fertigung	357
Praxisbeispiel – Analyse von Prozesseigenschaften chemischer Prozesse	366
Praxisbeispiel – Gleichzeitige Optimierung mehrerer Zielgrößen (Polyoptimierung)	371
Praxisbeispiel – Kostenreduktion im Einkauf durch Text Mining	374
Und vieles mehr	378
Zusammenfassung	379
KI & Big Data – Fluch und Segen zugleich	382
Schauen wir zuerst zu Facebook	382
BUMMER und das Gesetz der großen Zahlen	384
Und nun zu Google	384
Da ist der Haken	387

Kapitel 14	
KI zum Anfassen – Arbeiten mit Tools	391
1. Matlab – MATrix LABoratory	395
2. R und Python	396
3. KNIME – Konstanz Information Miner	397
4. TensorFlow – Das KI-Framework von Google	398
5. LabelMe – ein Tool zum Annotieren von Bildern	399
Überleitung zu Teil IV	401

TEIL IV	
IST DIE MASCHINE BALD KLÜGER ALS DER MENSCH UND FÜHLT SIE SICH WENIGSTENS GUT DABEI	403

Kapitel 15	
Materie und Geist – Ein notwendiger Ausflug in die Philosophie	405
Wie klug ist die KI heute schon?	405
Generelles Nachdenken über den Geist und das Bewusstsein	412
Dualismus	413
Monismus	414

Emergenztheorie	415
Funktionalismus	415
Schön philosophiert – Und nun?	417
Andere Meinungen	418
Zusammenfassung	419

Kapitel 16

Mit der Lupe ins Gehirn geschaut:

Bewusstsein – Wo bist du?..... 421

Von der Philosophie des Geistes zurück zur empirischen Forschung.....	421
Wo und wie ist denn nun die Qualia abgespeichert?.....	422
Die Anatomie neuronaler Netze im menschlichen Gehirn.....	424
Die Physiologie der neuronalen Informationsverarbeitung	426
Eine wichtige Diskussion: Wetware vs. Hardware.....	431
Der große Vorteil der Wetware – Unsere heutige Hardware besitzt keine Qualia	433
1. Detaillierte Analyse des menschlichen Gehirns	434
2. Mathematische Modellierung von Bewusstsein und Qualia im Gehirn	434
3. Bestimmung der Eigenschaften, die ein System haben müsste, um Bewusstsein auszuprägen	435
4. Zeigen, dass die heutigen KI-Systeme diese Eigenschaften nicht besitzen	436
Eine Hypothese: Zur Erzeugung und Nutzung von Bewusstsein benötigen wir quantenphysikalische Systeme	436
Ein Beispiel: Der Mensch sieht nicht nur mit seinen Augen	438
Zusammenfassung	442

Kapitel 17

Zukünftige Entwicklungen und ethische Fragen..... 443

Quo vadis KI oder warum die Singularität ausfällt	444
Auswirkungen bei der Nichterkennung technischer Grenzen der heutigen KI-Systeme.....	446
Die Evolution der Schwachen KI	447
Deduktive KI – Die KI bis gestern	447
Induktive und Kognitive KI – Die KI der Gegenwart.....	447
Neuromorphe KI – Die KI von morgen	450
Die Evolution der Starken KI	453
KI auf Quantencomputern	453
Maschinelles Bewusstsein auf Quantencomputern?	454
Die dunkle Seite der KI	460
Wider alle Technik – Wir müssen über Ethik reden	461
Was hat unsere gesellschaftliche Debattenkultur mit KI zu tun?	462
Und jetzt auch noch Fake Science	464
Damit kommen wir zur Ethik	465

20 Inhaltsverzeichnis

Fiction 1: Plädoyer gegen die Künstliche Intelligenz – Das Risiko vom Ende	469
Fiction 2: Plädoyer für die Künstliche Intelligenz – Die Chance zum Anfang	471
Diskussion.....	475
TEIL V	
DER TOP-TEN-TEIL.....	477
Kapitel 18	
Zehn Begriffe und Einordnungen.....	479
Damit Sie die KI nicht missverstehen	479
Tipps für Studenten.....	480
Tipps für Manager.....	480
Und ein kleiner Tipp für Politiker und interessierte Laien.....	481
Es gibt auch Big Data.....	482
Ein Einstieg für Interessierte mithilfe des Internets.....	482
Werden Sie aktiv – Probieren Sie selbst mal was aus.....	483
Haben Sie Freude mit KI-Anwendungen	484
KI ist gut organisiert	485
Führen Sie KI in Ihrem Unternehmen ein oder werden Sie dafür verantwortlich	486
Literaturliste	489
Abbildungsverzeichnis	493
Stichwortverzeichnis	499