

<b>Über den Autor</b> .....	<b>9</b>
<b>Einführung</b> .....	<b>21</b>
<b>Teil I: Ganz schön clever</b> .....	<b>27</b>
<b>Kapitel 1:</b> Einführung in die Thematik .....	29
<b>Kapitel 2:</b> Eine kurze Geschichte der intelligenten Maschinen .....	37
<b>Kapitel 3:</b> Wie intelligent ist die Künstliche Intelligenz wirklich? .....	45
<b>Kapitel 4:</b> Alles, was Sie über das Wissen wissen müssen .....	73
<b>Kapitel 5:</b> Alles logisch oder was? .....	111
<b>Teil II: Wie lernt und denkt eine Maschine heute</b> .....	<b>147</b>
<b>Kapitel 6:</b> Die Grundlagen des maschinellen Lernens .....	149
<b>Kapitel 7:</b> Kaum zu glauben – Die Maschine lernt richtige Regeln .....	195
<b>Kapitel 8:</b> Neuronale Netze – Auf dem Weg zum künstlichen Gehirn .....	213
<b>Kapitel 9:</b> Deep Learning – Der neue Clou der Künstlichen Intelligenz .....	261
<b>Teil III: Eine bunte Umsetzung der Künstlichen Intelligenz, denn alle Theorie ist grau</b> .....	<b>275</b>
<b>Kapitel 10:</b> Ist KI nur Mathematik? .....	277
<b>Kapitel 11:</b> Klüger als die alten Meister – Wieso gewinnt die KI im Schach und Go? ....	289
<b>Kapitel 12:</b> Mal was Nützliches – KI in Industrie und Gesellschaft .....	303
<b>Kapitel 13:</b> Und immer wieder lernen – KI und die Daten unserer Welt .....	323
<b>Kapitel 14:</b> KI zum Anfassen – Arbeiten mit Tools .....	363
<b>Teil IV: Ist die Maschine bald klüger als der Mensch und fühlt sie sich wenigstens gut dabei</b> .....	<b>373</b>
<b>Kapitel 15:</b> Materie und Geist – Ein notwendiger Ausflug in die Philosophie .....	375
<b>Kapitel 16:</b> Mit der Lupe ins Gehirn geschaut: Bewusstsein – Wo bist du? .....	391
<b>Kapitel 17:</b> Zukünftige Entwicklungen und ethische Fragen .....	413
<b>Teil V: Der Top-Ten-Teil</b> .....	<b>439</b>
<b>Kapitel 18:</b> Fast zehn Begriffe und Einordnungen .....	441
<b>Literaturliste</b> .....	<b>449</b>
<b>Stichwortverzeichnis</b> .....	<b>453</b>

<b>Über den Autor</b> .....	<b>9</b>
<b>Einführung</b> .....	<b>21</b>
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 .....	23
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 .....	24
Teil V: Der Top-Ten-Teil .....	25
Symbole, die in diesem Buch verwendet werden .....	25
Was nun? .....	26
<b>TEIL I</b>	
<b>GANZ SCHÖN CLEVER</b> .....	<b>27</b>
<b>Kapitel 1</b>	
<b>Einführung in die Thematik</b> .....	<b>29</b>
Was ist Intelligenz? .....	30
Intelligenz messen .....	30
Gibt es nicht die eine richtige Antwort? .....	31
Codierte Intelligenz .....	33
Schwache KI .....	34
Starke KI .....	34
<b>Kapitel 2</b>	
<b>Eine kurze Geschichte der intelligenten Maschinen</b> .....	<b>37</b>
Autonom vs. intelligent .....	37
Denken mit Mathematik formalisieren .....	38
Der Universalcomputer .....	38
Die Geburtsstunde der Künstliche Intelligenz .....	39
Wichtige Meilensteine der KI .....	40
<b>Kapitel 3</b>	
<b>Wie intelligent ist die Künstliche Intelligenz wirklich?</b> .....	<b>45</b>
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 .....	65
Die selbstbewusste Intelligenz – Intelligenzstufe I5 .....	67
Einordnung der KI im Rahmen der verschiedenen Intelligenzstufen und Anmerkungen zu Bots .....	67
Der Turing-Test .....	68
Das chinesische Zimmer .....	71
Zusammenfassung .....	72

## **Kapitel 4**

<b>Alles, was Sie über das Wissen wissen müssen .....</b>	<b>73</b>
Von Daten zu Informationen zu Wissen .....	73
Reden wir über Daten .....	74
Reden wir über Information .....	76
Information und ihre Bedeutung .....	81
Berechnen wir die quantitative Größe der Bedeutung .....	83
Kommen wir zum Wissen .....	86
Alles digital oder was ... – Die große Digitalisierungswelle .....	88
KI, Datenbanken und Wissensbasierte Systeme .....	93
Was ist eine Datenbank? .....	94
Was ist ein Expertensystem? .....	95
Was ist ein Wissensbasiertes System? .....	99
KI und Multi-Agenten-Systeme .....	99
KI und Semantische Netze .....	103
KI und Neuronale Netze oder wie speichert der Mensch sein Wissen? .....	105
KI-Systeme sind etwas Technisches .....	107
Wir erzeugen neues Wissen .....	108

## **Kapitel 5**

<b>Alles logisch oder was? .....</b>	<b>111</b>
KI umfasst noch sehr viel mehr .....	112
Die Grundlagen der Logik .....	113
Die logische Kettenregel .....	113
Aristoteles' Logik nennen wir Syllogismus .....	114
Aussagenlogik .....	116
Junktoren der Aussagenlogik .....	117
Tautologien .....	121
Das Deduktionstheorem .....	123
Das Erfüllbarkeitsproblem der Aussagenlogik .....	128
Prädikatenlogik 1. Stufe (PL1) .....	129
Schlussfolgern in der Prädikatenlogik .....	133
Der Resolutionskalkül .....	135
Die PL1 ist korrekt und vollständig .....	136
Das Entscheidbarkeitsproblem der Prädikatenlogik .....	136
Prädikatenlogik 2. Stufe (PL2) .....	137
Darum PL2 .....	138

Vollständige Induktion .....	139
Grenzen der PL2 – Das Unvollständigkeitstheorem .....	140
Unabhängig von der KI: Was bedeutet das Ergebnis von Gödel erkenntnistheoretisch? .....	144
Zusammenfassung und Kritikpunkte zur klassischen Logik .....	145

## **TEIL II WIE LERNT UND DENKT EINE MASCHINE HEUTE ..... 147**

### **Kapitel 6 Die Grundlagen des maschinellen Lernens ..... 149**

Die Rohstoffe des maschinellen Lernens .....	150
Die Grundlagen maschinellen Lernens .....	151
Weiße Schwäne – schwarze Schwäne .....	152
Bauen wir Modelle von der Welt .....	152
Analytischer vs. empirischer Ansatz .....	153
Beispiele für die empirische Modellierungsmethode .....	157
Statistik im Überblick .....	159
Schließende Statistik in der KI .....	161
Von Datentypen, Kennzahlen und fiesen Fallstricken .....	161
Welche Daten sagen was - Skalentypen .....	163
Beginnen wir mit einer einfachen Datentabelle .....	164
Univariate Statistik am Beispiel .....	166
Multivariate Statistik am Beispiel .....	168
Auf der Suche nach der Wahrheit .....	172
Die Grenzen der Statistik .....	173
Multivariate Statistik im mathematischen Detail .....	174
Statistische Verfahren zum Auffinden von Zusammenhängen .....	175
Statistische Verfahren zum Auffinden von Strukturen .....	190
Zusammenfassung .....	194

### **Kapitel 7 Kaum zu glauben – Die Maschine lernt richtige Regeln ..... 195**

Entscheidungsbäume .....	196
Entscheidungsbaum basierend auf Maximierung des Informationsgewinns .....	196
Assoziationsregeln .....	205
Wichtige Gütemaße .....	206
Ein interessantes Gütemaß: Die Interessantheit .....	212

### **Kapitel 8 Neuronale Netze – Auf dem Weg zum künstlichen Gehirn ..... 213**

Das Neuronenmodell .....	214
Wie alles begann ... .....	216
... und (fast) voreilig endete .....	219
Die Topologie von neuronalen Netzwerken .....	223

Überblick über neuronale Lernverfahren .....	229
Überwachte Lernverfahren .....	230
Unüberwachte Lernverfahren .....	230
Bestärkende Lernverfahren .....	230
Hebb'sche Lernregel – das einfachste Lernverfahren .....	232
Delta-Lernregel als einfaches überwachtes Lernverfahren .....	233
Backpropagation-Lernregel – der Standard der überwachten Lernverfahren .....	235
LSTM-Netze (als Vertreter von Deep-Learning-Netzen) .....	240
Competitive Networks – ein einfaches unüberwachtes Lernverfahren .....	241
Selbst-Organisierende Merkmalskarten (SOM) – ein unüberwachtes Lernverfahren der Königsklasse .....	243
Probleme der neuronalen Netze beim Einsatz in der Praxis .....	253
Gütemaße neuronaler Netze für numerische Vorhersagen (Modellvorhersagen) .....	254
Gütemaße für Klassifikatoren .....	255
Probleme des Generalisierens .....	255
Zusammenfassung .....	259

## **Kapitel 9**

### **Deep Learning – Der neue Clou der Künstlichen**

<b>Intelligenz .....</b>	<b>261</b>
Ein kleines bisschen Bildverarbeitung .....	262
Bildverarbeitung durch Faltung ... und nicht Filterung .....	263
Ein Faltungskern zur Kantendetektion .....	266
Convolutional Neural Networks (CNN) – Neuronale Faltungsnetzwerke .....	268
Lernphase eines CNN .....	268
Anwendungsphase eines CNN .....	269
Kritische Anmerkungen zum Deep Learning .....	270
So täuscht man eine KI .....	271

## **TEIL III**

### **EINE BUNTE UMSETZUNG DER KÜNSTLICHEN**

<b>INTELLIGENZ, DENN ALLE THEORIE IST GRAU .....</b>	<b>275</b>
--	------------

## **Kapitel 10**

<b>Ist KI nur Mathematik? .....</b>	<b>277</b>
Grenzen von Mathematik und Computern .....	277
Was ist ein Algorithmus? .....	279
Ist auch die menschliche Intelligenz algorithmisch? .....	281
Ist die Natur »mechanisierbar«? .....	283

## **Kapitel 11**

### **Klüger als die alten Meister – Wieso gewinnt die KI im**

<b>Schach und Go? .....</b>	<b>289</b>
Wie konnte es so weit kommen? .....	289
Deep Blue gewinnt im Schach .....	290

AlphaGo gewinnt im Go .....	295
Zugnetzwerk (Policy Network) .....	297
Bewertungsnetzwerk (Value Network) .....	297
AlphaZero gewinnt alles .....	299
Zusammenfassung .....	302

## **Kapitel 12**

### **Mal was Nützliches – KI in Industrie und Gesellschaft ..... 303**

Künstliche Intelligenz in der Industrie .....	303
IBM Watson .....	305
Roboter in der Industrie .....	306
Produktion Industrie 4.0 und Internet der Dinge .....	308
Künstliche Intelligenz in der Gesellschaft .....	312
Das Internet .....	312
Gesichtserkennung .....	313
Spracherkennung und Sprachsteuerung .....	313
Sprach-Übersetzung .....	314
Medizin .....	314
Soziale Netzwerke .....	315
KI in Kunst und Wissenschaft .....	315
Autonome Autos (Selbstfahrende Autos) .....	316
Zusammenfassung und Diskussion .....	322

## **Kapitel 13**

### **Und immer wieder lernen – KI und die Daten**

### **unserer Welt ..... 323**

Was es alles gibt .....	323
Was ist Data Mining? .....	325
Der Data-Mining-Prozess in der Praxis .....	326
KI als die Data-Mining-Technologie der Industrie .....	329
Allgemeine Situationsbewertung .....	329
Praxisbeispiel – Ausschussratensenkung in einer diskreten Fertigung .....	333
Praxisbeispiel – Analyse von Prozesseigenschaften chemischer Prozesse .....	341
Praxisbeispiel – Gleichzeitige Optimierung mehrerer Zielgrößen (Polyoptimierung) .....	346
Praxisbeispiel – Kostenreduktion im Einkauf durch Text Mining .....	349
Und vieles mehr .....	353
Zusammenfassung .....	353
KI & Big Data – Fluch und Segen zugleich .....	356
Schauen wir zuerst zu Facebook .....	356
BUMMER und das Gesetz der großen Zahlen .....	358
Und nun zu Google .....	359
Da ist der Haken .....	361

<b>Kapitel 14</b>	
<b>KI zum Anfassen – Arbeiten mit Tools</b>	<b>363</b>
1. Matlab – MATrix LABoratory	367
2. WEKA – Waikato Environment for Knowledge Analysis	368
3. R und Python	368
4. KNIME – Konstanz Information Miner	369
5. TensorFlow – das KI-Werkzeug von Google	370

<b>TEIL IV</b>	
<b>IST DIE MASCHINE BALD KLÜGER ALS DER MENSCH UND FÜHLT SIE SICH WENIGSTENS GUT DABEI</b>	<b>373</b>

<b>Kapitel 15</b>	
<b>Materie und Geist – Ein notwendiger Ausflug in die Philosophie</b>	<b>375</b>
Wie klug ist die KI heute schon?	375
Generelles Nachdenken über den Geist und das Bewusstsein	382
Dualismus	383
Monismus	384
Emergenztheorie	385
Funktionalismus	385
Schön philosophiert – Und nun?	387
Zusammenfassung	389

<b>Kapitel 16</b>	
<b>Mit der Lupe ins Gehirn geschaut: Bewusstsein – Wo bist du?</b>	<b>391</b>
Von der Philosophie des Geistes zurück zur empirischen Forschung	391
Wo und wie ist denn nun die Qualia abgespeichert?	393
Die Anatomie neuronaler Netze im menschlichen Gehirn	394
Die Physiologie der neuronalen Informationsverarbeitung	396
Eine wichtige Diskussion: Wetware vs. Hardware	401
Der Vorteil der Wetware – Die heutige Hardware besitzt keine Qualia	403
1. Detaillierte Analyse des menschlichen Gehirns	404
2. Mathematische Modellierung von Bewusstsein und Qualia im Gehirn	404
3. Bestimmung der Eigenschaften, die ein System haben müsste, um Bewusstsein auszuprägen	405
4. Zeigen, dass die heutigen KI-Systeme diese Eigenschaften nicht besitzen	405
Eine Hypothese: Zur Erzeugung von Qualia benötigen wir wahrscheinlich die Quantenphysik	406
Ein Beispiel: Der Mensch sieht nicht nur mit seinen Augen	407
Zusammenfassung	410

<b>Kapitel 17</b>	
<b>Zukünftige Entwicklungen und ethische Fragen</b>	<b>413</b>
Quo vadis KI oder Warum die Singularität nochmals ausfällt	414
Auswirkungen bei der Nichterkennung technischer	
Grenzen der heutigen KI-Systeme	416
Die Evolution der Schwachen KI	416
Deduktive KI – Die KI bis gestern	416
Induktive und Kognitive KI – Die KI der Gegenwart	417
Neuromorphe KI – Die KI von morgen	419
Die Evolution der Starken KI	422
Maschinelles Bewusstsein auf Quantencomputern?	422
Wir müssen über Ethik reden	424
Was haben Fake News mit KI zu tun?	425
Und jetzt auch noch Fake Science	426
KI in Social Media	427
Damit kommen wir zur Ethik	428
Fiction 1: Plädoyer gegen die Künstliche Intelligenz –	
Das Risiko vom Ende	431
Fiction 2: Plädoyer für die Künstliche Intelligenz – Die Chance	
zum Anfang	434
Diskussion	438
<b>TEIL V</b>	
<b>DER TOP-TEN-TEIL</b>	<b>439</b>
<b>Kapitel 18</b>	
<b>Fast zehn Begriffe und Einordnungen</b>	<b>441</b>
Damit Sie die KI nicht missverstehen	441
Tipps für Studenten	442
Tipps für Manager	442
Und ein kleiner Tipp für Politiker und interessierte Laien	443
Es gibt auch Big Data	444
Ein Einstieg für Interessierte mithilfe des Internets	444
Werden Sie aktiv – Probieren Sie selbst mal was aus	445
KI ist gut organisiert	446
Führen Sie KI in Ihrem Unternehmen ein oder werden Sie	
dafür verantwortlich	447
<b>Literaturliste</b>	<b>449</b>
<b>Stichwortverzeichnis</b>	<b>453</b>