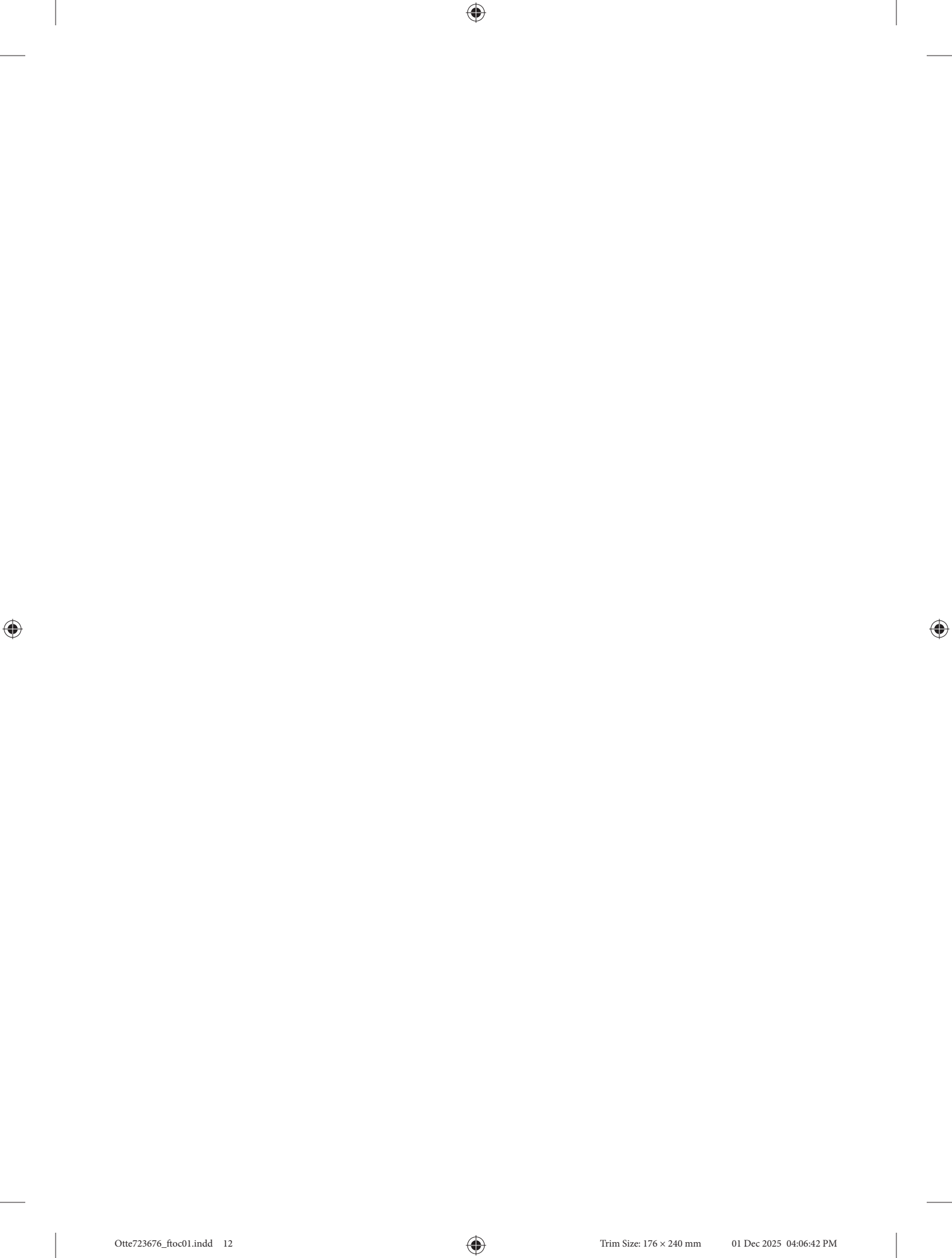


Auf einen Blick

Vorwort zur dritten Auflage	23
Einführung	25
Teil I: Ganz schön clever	33
Kapitel 1: Einführung in die Thematik.	35
Kapitel 2: Eine kurze Geschichte der intelligenten Maschinen	43
Kapitel 3: Wie intelligent ist die Künstliche Intelligenz wirklich?	51
Kapitel 4: Alles, was Sie über das Wissen wissen müssen	81
Kapitel 5: Alles logisch oder was?	121
Teil II: Wie lernt und denkt eine Maschine heute?	161
Kapitel 6: Die Grundlagen des maschinellen Lernens	163
Kapitel 7: Kaum zu glauben – Die Maschine lernt richtige Regeln	211
Kapitel 8: Neuronale Netze – Auf dem Weg zum künstlichen Gehirn	231
Kapitel 9: Deep Learning – Der neue Clou der Künstlichen Intelligenz	281
Kapitel 10: Generative KI und universelle Sprachmaschinen	297
Teil III: Eine bunte Umsetzung der Künstlichen Intelligenz, denn alle Theorie ist grau	367
Kapitel 11: Ist KI nur Mathematik?	369
Kapitel 12: Klüger als die alten Meister – Wieso gewinnt die KI im Schach und Go? ...	383
Kapitel 13: Mal was Nützliches – KI in Industrie und Gesellschaft	399
Kapitel 14: Und immer wieder lernen – KI und die Daten unserer Welt	427
Kapitel 15: KI zum Anfassen – Arbeiten mit Tools	469
Teil IV: Ist die Maschine bald klüger als der Mensch und fühlt sie sich wenigstens gut dabei?	481
Kapitel 16: Materie und Geist – Ein notwendiger Ausflug in die Philosophie	483
Kapitel 17: Mit der Lupe ins Gehirn geschaut: Bewusstsein – Wo bist du?	501
Kapitel 18: Zukünftige Entwicklungen und ethische Fragen	525
Teil V: Der Top-Ten-Teil	565
Kapitel 19: Zehn Begriffe und Einordnungen.	567
Literaturliste	577
Abbildungsverzeichnis	583
Stichwortverzeichnis	589



Inhaltsverzeichnis

Vorwort zur dritten Auflage	23
Einführung	25
Über dieses Buch.	26
Wie dieses Buch aufgebaut ist.	27
Teil I: Ganz schön clever	28
Teil II: Wie lernt und denkt eine Maschine heute?.	28
Teil III: Eine bunte Umsetzung von Künstlicher Intelligenz, denn alle Theorie ist grau.	28
Teil IV: Ist die Maschine bald klüger als der Mensch und fühlt sie sich wenigstens gut dabei?.	29
Teil V: Der Top-Ten-Teil	30
Symbole, die in diesem Buch verwendet werden.	30
Was nun?	31
 TEIL I	
GANZ SCHÖN CLEVER	33
 Kapitel 1	
Einführung in die Thematik	35
Was ist Intelligenz?	36
Intelligenz messen.	36
Gibt es nicht die eine richtige Antwort?	37
Codierte Intelligenz	39
Schwache KI	40
Starke KI	40
Kann eine KI ein Bewusstsein entwickeln?	41
 Kapitel 2	
Eine kurze Geschichte der intelligenten Maschinen	43
Autonom versus intelligent	43
Denken mit Mathematik formalisieren	44
Der Universalcomputer	44
Die Geburtsstunde der Künstlichen Intelligenz.	45
Wichtige Meilensteine der KI	46
 Kapitel 3	
Wie intelligent ist die Künstliche Intelligenz wirklich?	51
Die angemessene Intelligenz – Intelligenzstufe I1	52
Die lernende Intelligenz – Intelligenzstufe I2.	54
Muss Wissen wahr sein?	54
Können Maschinen Wissen erzeugen?	55

14 Inhaltsverzeichnis

Deduktiver Wissenserwerb.	56
Abduktiver Wissenserwerb.	59
Induktiver Wissenserwerb.	61
Die kreative Intelligenz – Intelligenzstufe I3.	65
Die bewusste Intelligenz – Intelligenzstufe I4.	71
Die selbstbewusste Intelligenz – Intelligenzstufe I5.	73
Die Intelligenz der Gefühle und des Willens – Intelligenzstufe I6 und I7.	73
Die selbstreferenzielle Intelligenz des Menschen – Intelligenzstufe I8.	74
Einordnung der KI im Rahmen der verschiedenen Intelligenzstufen und Anmerkungen zu Bots.	75
Der Turing-Test.	76
Das Chinesische Zimmer.	78
Zusammenfassung.	79

Kapitel 4

Alles, was Sie über das Wissen wissen müssen. 81

Von Daten zu Informationen zu Wissen.	81
Reden wir über Daten.	82
Reden wir über Information.	84
Information und ihre Bedeutung.	90
Berechnen wir die quantitative Größe der Bedeutung.	92
Kommen wir zum Wissen.	96
Alles digital oder was ... – Die große Digitalisierungswelle.	98
KI, Datenbanken und Wissensbasierte Systeme.	103
Was ist eine Datenbank?	104
Was ist ein Expertensystem?	105
Was ist ein Wissensbasiertes System?	109
KI und Multi-Agenten-Systeme – der Hype 2025.	109
KI und semantische Netze.	113
KI und neuronale Netze oder: Wie speichert der Mensch sein Wissen?	116
KI-Systeme sind etwas Technisches.	117
Wir erzeugen neues Wissen.	118

Kapitel 5

Alles logisch oder was? 121

KI umfasst noch sehr viel mehr.	122
Die Grundlagen der Logik.	123
Die logische Kettenregel.	124
Aristoteles' Logik nennen wir Syllogistik.	124
Aussagenlogik.	126
Junktoren der Aussagenlogik.	127
Tautologien.	132
Das Deduktionstheorem.	134
Das Erfüllbarkeitsproblem der Aussagenlogik.	140
Prädikatenlogik 1. Stufe (PL1).	140
Schlussfolgern in der Prädikatenlogik.	144
Das Resolutionskalkül.	147

Die PL1 ist korrekt und vollständig	148
Das Entscheidbarkeitsproblem der PL1 (für Fachinteressenten)	148
Prädikatenlogik 2. Stufe (PL2)	149
Darum PL2 – Wir quantifizieren über Prädikate	150
Vollständige Induktion (für Fachinteressenten)	151
Grenzen der PL2 – Das Unvollständigkeitstheorem von Gödel (für Fachinteressenten)	152
Unabhängig von der KI: Was bedeutet das Ergebnis von Gödel erkenntnistheoretisch?	157
Zusammenfassung und Kritikpunkte zur klassischen Logik	158

TEIL II **WIE LERNT UND DENKT EINE MASCHINE HEUTE? 161**

Kapitel 6 **Die Grundlagen des maschinellen Lernens 163**

Die Rohstoffe des maschinellen Lernens	164
Einordnung des maschinellen Lernens	165
Weiße Schwäne – schwarze Schwäne	166
Bauen wir Modelle von der Welt	166
Analytischer versus empirischer Ansatz	168
Beispiele für die empirische Modellierungsmethode	171
Statistik im Überblick	174
Schließende Statistik in der KI	175
Von Datentypen, Kennzahlen und fiesen Fallstricken	176
Welche Daten sagen was – Skalentypen	178
Beginnen wir mit einer einfachen Datentabelle	179
Univariate Statistik am Beispiel	180
Multivariate Statistik am Beispiel	183
Auf der Suche nach der Wahrheit	186
Die Grenzen der Statistik	188
Multivariate Statistik im mathematischen Detail	189
Statistische Verfahren zum Auffinden von Zusammenhängen	190
Statistische Verfahren zum Auffinden von Strukturen	206
Zusammenfassung	210

Kapitel 7 **Kaum zu glauben – Die Maschine lernt richtige Regeln 211**

Entscheidungsbäume	212
Entscheidungsbaum basierend auf Maximierung des Informationsgewinns	212
Erweiterungen dieser Methode zu Regressionsbäumen	223
Assoziationsregeln	223
Wichtige Gütemaße	223
Ein interessantes Gütemaß: Die Interessantheit	229

Kapitel 8**Neuronale Netze – Auf dem Weg zum künstlichen Gehirn... 231**

Das Neuronenmodell	232
Wie alles begann	234
... und (fast) voreilig endete	236
Die Topologie von neuronalen Netzwerken	241
Überblick über neuronale Lernverfahren	247
Überwachte Lernverfahren	247
Unüberwachte Lernverfahren	248
Bestärkende Lernverfahren	248
Hebb'sche Lernregel – Das einfachste Lernverfahren	250
Delta-Lernregel als einfaches überwachtes Lernverfahren	251
Backpropagation-Lernregel – Der Standard der überwachten Lernverfahren	253
Competitive Networks – Ein einfaches unüberwachtes Lernverfahren	260
Selbstorganisierende Merkmalskarten (SOM) – Ein unüberwachtes Lernverfahren der Königsklasse	262
Probleme der neuronalen Netze beim Einsatz in der Praxis	272
Gütemaße neuronaler Netze für numerische Vorhersagen (Modellvorhersagen)	273
Gütemaße für Klassifikatoren	274
Probleme des Generalisierens	276
Zusammenfassung	279

Kapitel 9**Deep Learning – Der neue Clou der Künstlichen****Intelligenz**

Ein kleines bisschen Bildverarbeitung	282
Bildverarbeitung durch Faltung ... und nicht Filterung	283
Ein Faltungskern zur Kantendetektion	286
Convolutional Neural Networks (CNN) – Neuronale Faltungsnetzwerke	288
Lernphase eines CNN	288
Anwendungsphase eines CNN	290
Kritische Anmerkungen zum Deep Learning	291
So täuscht man eine KI	292

Kapitel 10**Generative KI und universelle Sprachmaschinen**

Begriffe über Begriffe: Von Generativer KI, Foundation Models und Transformern	298
Eine kurze Geschichte der Sprachmaschinen	298
Transformer	301

Das Prinzip der Sprachverarbeitung: Von Wörtern zu Vektoren	302
Token statt Wörter	303
Wir erzeugen Wortvektoren	305
Von zweidimensionalen Wortvektoren zu hundert- dimensionalen Wörtern	306
Erste maschinelle Sprachverarbeitung im Vektorraum der Wörter	308
Es wird komplizierter und mächtiger – Sprachverarbeitung mit neuronalen Netzen	312
Das Lernen von Embedding-Vektoren passiert von selbst (Word2Vec). ...	314
Ein 30 Jahre langer Weg zu den Transformern	316
Rekurrente Neuronale Netze (RNN), Hopfield, Rumelhart, Elman (1980er und 1990er)	316
Wie lernen eigentlich neuronale Sprachmaschinen	323
Von RNN zu Long-Short-Term-Memory-Netzen (LSTM), Hofreiter, Schmidhuber 1997.	325
Die Magie der Transformer-Architektur	327
Was ist ein Transformer-Netzwerk	327
Warum die Transformer-Architektur gut gewählt ist	329
Zusammenfassung zu Encoder und Decoder	331
Von semantischer Ähnlichkeit zur Aufmerksamkeit – Der Clou der neuen Sprachmaschinen	332
Der ominöse Begriff der Aufmerksamkeit (Attention)	332
Wir rechnen mit Attention, wie echte Transformer – Nur alles Tausende Male kleiner	333
Vom lebenslangen Lernen	342
Die magischen Drei – Die Matrizen Query, Key, Value	343
Ohne Genialität geht es einfach nicht	346
Ohne Zufall geht es auch nicht – Das neue »Orakel« ist da	348
Und jetzt kommen wir endlich zu ChatGPT	349
Der interne Aufbau von GPT-3	350
Welche inhaltliche Aufgabe hat eine Schicht in ChatGPT?	351
Multi-Heading bei ChatGPT	352
Kommerzielle Sprachmaschinen	353
Verwirrende Vielfalt – Wofür nutze ich was	355
Wie klug sind die Sprachmaschinen eigentlich – Kognition, Stufe 3	358
Moderne Features von Sprachmaschinen	359
Multimodalität	359
Modelle mit adaptiver Rechenzeit (Dynamic Computation)	360
Mischung von Experten (Mixture of Experts).	360
Von Pleiten, Pech und Pannen – Erste Grenzen der Sprachmaschinen	360
Die ultimativen Grenzen aller Sprachmaschinen	364
Die Zukunft der Sprachmaschinen – Chancen und Risiken	365
Was sind die Chancen?	366
Was sind die Risiken?	366

TEIL III EINE BUNTE UMSETZUNG DER KÜNSTLICHEN INTELLIGENZ, DENN ALLE THEORIE IST GRAU 367

Kapitel 11 Ist KI nur Mathematik? 369

Grenzen von Mathematik und Computern	370
Was ist ein Algorithmus?	371
Ist auch die menschliche Intelligenz algorithmisch?	373
Wie aber kommt Penrose überhaupt auf die Idee nicht-algorithmischer Anteile?	374
Ist die Natur »mechanisierbar«? – Eine persönliche Sichtweise	375
Kann die KI irgendwann alles auf der Welt berechnen?	376
Kann die KI irgendwann einmal mehr als der Mensch im Bereich des Denkens leisten?	379

Kapitel 12 Klüger als die alten Meister – Wieso gewinnt die KI im Schach und Go? 383

Wie konnte es so weit kommen?	383
Deep Blue gewinnt im Schach	384
AlphaGo gewinnt im Go	390
Zugnetzwerk (Policy Network)	391
Bewertungsnetzwerk (Value Network)	391
AlphaZero gewinnt alles	394
Zusammenfassung	396

Kapitel 13 Mal was Nützliches – KI in Industrie und Gesellschaft 399

Künstliche Intelligenz in der Industrie	399
IBM Watson – Ein Paradebeispiel für simulierte Kognitive Intelligenz	401
Roboter in der Industrie	403
Produktion, Industrie 4.0 und Internet der Dinge	405
Künstliche Intelligenz in der Gesellschaft	411
Das Internet	411
Gesichtserkennung	411
Spracherkennung und Chatten	412
Sprachübersetzung	413
Medizin	414
Soziale Netzwerke	415
KI in Kunst	415
Autonome Autos (selbstfahrende Autos)	416
Zusammenfassung und Diskussion	424

Kapitel 14	
Und immer wieder lernen – KI und die Daten unserer Welt	427
Was es alles gibt.	428
Wozu diese Verfahren?	428
Was ist Data Mining?	430
Der Data-Mining-Prozess in der Praxis.	431
KI als die Data-Mining-Technologie der Industrie.	434
Allgemeine Situationsbewertung.	434
Praxisbeispiele	435
Praxisbeispiel – Ausschussratensenkung in einer diskreten Fertigung	436
Praxisbeispiel – Analyse von Prozesseigenschaften chemischer Prozesse.	444
Praxisbeispiel – Gleichzeitige Optimierung mehrerer Zielgrößen (Polyoptimierung).	449
Praxisbeispiel – Kostenreduktion im Einkauf durch Text Mining	452
Und vieles mehr	456
Zusammenfassung	457
KI und Big Data – Fluch und Segen zugleich	460
Schauen wir zuerst zu Facebook	460
BUMMER und das Gesetz der großen Zahlen	462
Und nun zu Google	463
Da ist der Haken.	465
Der Gesetzgeber schützt uns vor KI	467

Kapitel 15	
KI zum Anfassen – Arbeiten mit Tools	469
1. R und Python	473
2. Matlab – MATrix LABoratory für Ingenieure	474
3. KNIME – Konstanz Information Miner	476
4. TensorFlow – Das KI-Framework von Google	477
5. LabelMe – Ein Tool zum Annotieren von Bildern	478
Überleitung zu Teil IV	480

TEIL IV IST DIE MASCHINE BALD KLÜGER ALS DER MENSCH UND FÜHLT SIE SICH WENIGSTENS GUT DABEI? 481

Kapitel 16	
Materie und Geist – Ein notwendiger Ausflug in die Philosophie	483
Wie klug ist die KI heute schon?	484
Generelles Nachdenken über den Geist und das Bewusstsein	491
Dualismus	492
Monismus	493
Emergenztheorie	493

Funktionalismus	494
Schön philosophiert – Und nun?	495
Andere Meinungen – Der Geist als Ursprung von allem	497
Zusammenfassung	498

Kapitel 17

Mit der Lupe ins Gehirn geschaut: Bewusstsein –

Wo bist du?	501
Von der Philosophie des Geistes zurück zur empirischen Forschung	501
Wo und wie ist denn nun die Qualia abgespeichert?	503
Die Anatomie neuronaler Netze im menschlichen Gehirn	504
Die Physiologie der neuronalen Informationsverarbeitung	506
Eine wichtige Diskussion: Wetware versus Hardware – und Wetware gewinnt	512
Der große Vorteil der Wetware – Unsere heutige Hardware besitzt keine Qualia	514
1. Detaillierte Analyse des menschlichen Gehirns	514
2. Mathematische Modellierung von Bewusstsein und Qualia im Gehirn	514
3. Bestimmung der Eigenschaften, die ein System haben müsste, um Bewusstsein auszuprägen	516
4. Zeigen, dass die heutigen KI-Systeme diese Eigenschaften nicht besitzen	516
Eine Hypothese: Zur Erzeugung und Nutzung von Bewusstsein benötigen wir quantenphysikalische Systeme	517
Der Mensch sieht nicht nur mit seinen Augen – Das Mysterium der Wahrnehmung	518
Zusammenfassung	522

Kapitel 18

Zukünftige Entwicklungen und ethische Fragen

Quo vadis KI oder warum die Singularität ausfällt	526
Auswirkungen bei der Nichterkennung technischer Grenzen der heutigen KI-Systeme	528
Die Evolution der Schwachen KI	529
Deduktive KI – Die KI bis gestern	529
Induktive und Kognitive KI – Die KI der Gegenwart.	529
Neuromorphe KI – Die KI von morgen (KI der vierten Welle)	532
Die Evolution der Starken KI	536
KI auf Quantencomputern	536
Maschinelles Bewusstsein auf Quantencomputern?	537
Die Manipulation von Qubits als physikalische Synapsen	539
Aktuelle Forschung zu nichtlokalen Korrelationen	542
Die dunkle Seite der KI	543
Wider alle Technik – Wir müssen über Ethik reden	544
Was hat unsere gesellschaftliche Debattenkultur mit KI zu tun?	545
Und jetzt auch noch Fake Science	547
KI in Social Media wird zu großen Verwerfungen in der Gesellschaft führen	548

Damit kommen wir zur Ethik	548
Fiktion 1: Plädoyer gegen die Künstliche Intelligenz – Das Risiko vom Ende	552
Fiktion 2: Plädoyer für die Künstliche Intelligenz – Die Chance zum Anfang	555
Die ultimativen, unüberwindbaren Grenzen jeder algorithmischen KI und Konsequenzen	559
Probleme mit der PL2, die jeder KI-ler kennen muss	560
KI wird Objekt bleiben	561
Grenzen, die nicht überwunden werden	563
Diskussion der Zukunftsszenarien	564

TEIL V DER TOP-TEN-TEIL..... 565

Kapitel 19 Zehn Begriffe und Einordnungen..... 567

Damit Sie die KI nicht missverstehen	567
Tipps für Studenten	568
Tipps für Manager	568
Und ein kleiner Tipp für Politiker und interessierte Laien	569
Es gibt auch Big Data	570
Ein Einstieg für Interessierte mithilfe des Internets	570
Werden Sie aktiv – Probieren Sie selbst mal was aus	572
Haben Sie Freude mit KI-Anwendungen	573
KI ist gut organisiert	573
Führen Sie KI in Ihrem Unternehmen ein oder werden Sie dafür verantwortlich	575

Literaturliste..... 577

Abbildungsverzeichnis..... 583

Stichwortverzeichnis..... 589

