

	<b>Einleitung</b> .....	9
<b>1</b>	<b>Denkende Maschinen</b> .....	11
1.1	Was ist künstliche Intelligenz? .....	11
1.2	Chatbots .....	12
1.3	Vorbereitung: Python installieren .....	13
1.4	Projekt: Mini-Eliza .....	15
1.5	Lernende Programme (Entscheidungsbäume) .....	28
1.6	Trainingscamp: Programmieren mit Listen .....	29
1.7	Projekt: An wen denkst du? .....	33
1.8	Subsymbolische KI – Machine Learning .....	41
1.9	Projekt: k-Means-Clustering .....	47
1.10	Rückblick .....	52
<b>2</b>	<b>Einfache Vorhersagen – lineare Regression</b> .....	53
2.1	Lernen durch Erfahrung: Wie lernt man Murmeln? .....	53
2.2	Projekt: Ein klassischer Währungsrechner .....	55
2.3	Was ist eine lineare Beziehung? .....	56
2.4	Lernen durch Beobachten .....	57
2.5	Projekt: Ein Währungsrechner, der lernen kann .....	62
2.6	Trainingscamp: Daten visualisieren .....	65
2.7	Daten professionell auswerten: Lineare Regression .....	74
2.8	Rückblick .....	78
<b>3</b>	<b>Daten klassifizieren: Wie lernt ein Computer, Objekte zu erkennen?</b> .....	79
3.1	Bilddaten auswerten: Von Menschen und Hunden .....	79
3.2	Etikettierte Daten (Labeled Data) .....	83
3.3	Mit etikettierten Daten lernen .....	83
3.4	Moderation: Gemäßigte Änderungen .....	91
3.5	Projekt: Ein lernfähiges Vorhersageprogramm .....	93
3.6	Hintergrund: Linear separierbare Daten .....	98
3.7	Noch etwas Programmieretechnik: Daten laden und speichern .....	100
3.8	Rückblick .....	106

<b>4</b>	<b>Neuronale Netze</b> .....	107
4.1	Neuronale Netze in der Natur .....	107
4.2	Feuern! Das Alles-oder-nichts-Prinzip .....	109
4.3	Künstliche Gehirne .....	110
4.4	Ein Gehirn ist kein Computer .....	111
4.5	Projekt: Reaktionstest – Ein Blick ins eigene Nervensystem .....	112
4.6	Künstliche neuronale Netze .....	113
4.7	Die Anfänge: Das Perzeptron von Frank Rosenblatt. ....	115
4.8	Logische Operationen .....	116
4.9	Ein Perzeptron für logische Operationen .....	118
4.10	Training .....	119
4.11	Projekt: Ein Rosenblatt-Perzeptron .....	121
4.12	Die Grenzen des einlagigen Perzeptrons: Das XOR-Problem .....	127
4.13	Rückblick .....	129
<b>5</b>	<b>Moderne künstliche neuronale Netze</b> .....	131
5.1	Eine bessere Aktivierungsfunktion: Die Sigmoid-Funktion. ....	132
5.2	Projekt: Eine Wertetabelle für die Sigmoid-Funktion .....	133
5.3	Die Ableitung der Sigmoid-Funktion .....	134
5.4	Projekt: Die Sigmoid-Funktion als Aktivierungsfunktion für das ODER-Perzeptron .....	138
5.5	Verborgene Knoten und die Grundideen der Error Backpropagation. ....	141
5.6	Projekt: Ein neuronales Netz, das das XOR-Problem löst .....	162
5.7	Projekt: Gurke oder Apfel? .....	168
5.8	Rückblick .....	179
<b>6</b>	<b>Bilder auswerten und Ziffern erkennen</b> .....	181
6.1	Was sind Vektoren und Matrizen? .....	181
6.2	Trainingscamp: NumPy .....	182
6.3	Mit Arrays die Programmierung vereinfachen .....	198
6.4	Projekt: Ziffern erkennen .....	205
6.5	Rückblick .....	218
<b>7</b>	<b>Eigene Projekte zur Bilderkennung</b> .....	219
7.1	Fotolabor: Bilder verarbeiten mit der Python Imaging Library (PIL)	219
7.2	Projekt: Ziffern auf eigenen Bildern erkennen .....	228
7.3	Projekt: Mit der Kamera Gesten erkennen .....	233
7.4	Rückblick .....	242

<b>8</b>	<b>Fortgeschrittene Projekte mit künstlicher Intelligenz</b> .....	<b>243</b>
8.1	Computer Vision .....	243
8.2	Neuronale Netze mit PyTorch .....	246
8.3	KI mit Google Colaboratory .....	248
<b>Glossar: Mathematisches Wörterbuch für KI</b> .....		<b>251</b>
<b>Stichwortverzeichnis</b> .....		<b>267</b>