

<b>Einführung</b> .....	<b>IX</b>
<b>1 Wie neuronale Netze arbeiten</b> .....	<b>1</b>
Leicht für mich – schwer für dich .....	1
Eine einfache Vorhersagemaschine .....	3
Klassifizieren unterscheidet sich nicht sehr vom Vorhersagen .....	8
Einen einfachen Klassifizierer trainieren .....	14
Manchmal ist ein Klassifizierer nicht genug .....	24
Neuronen – die Rechenmaschinen der Natur .....	30
Signalen durch ein neuronales Netz folgen .....	39
Matrizenmultiplikation ist nützlich – ehrlich! .....	44
Beispiel: Ein dreischichtiges Netz mit Matrizenmultiplikation .....	51
Gewichte von mehr als einem Knoten lernen .....	59
Fehler von mehreren Ausgabeknoten zurückführen .....	61
Fehler auf mehrere Schichten zurückführen .....	63
Backpropagierung von Fehlern mit Matrizenmultiplikation .....	67
Wie aktualisieren wir eigentlich die Gewichte? .....	70
Gewichtsaktualisierung am konkreten Beispiel .....	88
Die Daten vorbereiten .....	89
Eingaben .....	90
Ausgaben .....	91
Zufällige Anfangswerte .....	92
<b>2 Do it yourself mit Python</b> .....	<b>95</b>
Python .....	95
Interaktives Python = IPython .....	96
Ein sehr sanfter Start mit Python .....	97
Notebooks .....	97
Einfaches Python .....	99

Arbeiten automatisieren .....	101
Kommentare .....	104
Funktionen .....	104
Arrays .....	107
Arrays grafisch darstellen .....	110
Objekte .....	112
Neuronales Netz mit Python .....	118
Der Gerüstcode .....	118
Das Netz initialisieren .....	119
Gewichte – das Herz des Netzes .....	121
Optional: differenzierte Initialisierung der Gewichte .....	123
Das Netz abfragen .....	124
Der aktuelle Stand des Codes .....	126
Das Netz trainieren .....	129
Der vollständige Code für das neuronale Netz .....	132
Die MNIST-Datenbank mit handgeschriebenen Ziffern .....	133
Die MNIST-Trainingsdaten vorbereiten .....	141
Das Netz testen .....	148
Mit sämtlichen Datensätzen trainieren und testen .....	152
Verbesserungen: Optimieren der Lernrate .....	153
Verbesserungen: Mehrere Läufe .....	155
Die Gestalt des Netzes ändern .....	157
Gute Arbeit! .....	159
Der endgültige Code .....	160
<b>3 Just for fun: Das neuronale Netz tunen .....</b>	<b>165</b>
Ihre eigene Handschrift .....	165
Das Gedächtnis eines neuronalen Netzes .....	168
Geheimnisvolle Blackbox .....	168
Rückwärtsabfrage .....	169
Die Kennung »0« .....	170
Weitere Hirnscans .....	171
Neue Trainingsdaten erzeugen: Drehungen .....	173
<b>Epilog .....</b>	<b>177</b>
<b>A Eine leicht verständliche Einführung in die Analysis .....</b>	<b>179</b>
Eine Gerade .....	180
Eine schräg verlaufende Gerade .....	182
Eine gekrümmte Kurve .....	184
Analysis per Hand .....	186
Analysis nicht per Hand .....	188

Analysis, ohne Graphen zu zeichnen .....	191
Muster .....	194
Funktionen von Funktionen .....	196
Sie können Analysis betreiben! .....	199
<b>B Das Ganze mit einem Raspberry Pi .....</b>	<b>201</b>
IPython installieren .....	202
Vergewissern, dass alles funktioniert .....	209
Ein neuronales Netz trainieren und testen .....	210
Erfolg für Raspberry Pi! .....	211
<b>Index .....</b>	<b>213</b>