

# Inhalt

Vorwort .....	XI
---------------	----

---

## Teil I Einführung ins Generative Deep Learning

<b>1 Generative Modellierung .....</b>	<b>3</b>
Was ist generative Modellierung? .....	3
Vergleich der generativen und diskriminativen Modellierung .....	4
Fortschritte im maschinellen Lernen .....	6
Der Vormarsch der generativen Modellierung .....	7
Das generative Modellierungskonzept .....	10
Wahrscheinlichkeitsbasierte generative Modelle .....	12
Hallo Wrodl! .....	15
Ihr erstes wahrscheinlichkeitsbasiertes generatives Modell .....	16
Das naive Bayes-Modell .....	19
Hallo Wrodl! – Fortsetzung .....	22
Die Herausforderungen der generativen Modellierung .....	23
Representation Learning .....	25
Einrichten Ihrer Arbeitsumgebung .....	28
Zusammenfassung .....	31
<b>2 Deep Learning .....</b>	<b>33</b>
Strukturierte und unstrukturierte Daten .....	33
Tiefe neuronale Netzwerke .....	35
Keras und TensorFlow .....	36
Ihr erstes tiefes neuronales Netzwerk .....	37
Einlesen der Daten .....	37
Erstellen des Modells .....	39
Kompilierung des Modells .....	43

Trainieren des Modells. . . . .	45
Bewertung des Modells . . . . .	46
Verbesserung des Modells . . . . .	48
Konvolutionsschichten. . . . .	49
Batch-Normalisierung . . . . .	54
Drop-out-Schichten . . . . .	56
Zusammenführen aller Teilelemente . . . . .	58
Zusammenfassung . . . . .	61
<b>3 Variational Autoencoder . . . . .</b>	<b>63</b>
Die Kunstaussstellung . . . . .	63
Autoencoder . . . . .	66
Ihr erster Autoencoder . . . . .	67
Der Encoder . . . . .	68
Der Decoder . . . . .	69
Verbinden von Encoder und Decoder . . . . .	72
Analyse des Autoencoders . . . . .	73
Die »Variationale« Kunstaussstellung . . . . .	76
Erstellen eines Variational Autoencoders . . . . .	78
Der Encoder . . . . .	78
Die Verlustfunktion . . . . .	84
Analyse des Variational Autoencoders. . . . .	85
Erzeugen von Gesichtern mithilfe von VAEs . . . . .	86
Trainieren des VAE . . . . .	87
Analyse des VAE . . . . .	89
Erzeugen neuer Gesichter . . . . .	90
Arithmetik im latenten Raum . . . . .	91
Verschmelzen von Gesichtern . . . . .	93
Zusammenfassung . . . . .	94
<b>4 Generative Adversarial Networks . . . . .</b>	<b>95</b>
Ganimals. . . . .	95
Einführung in GANs. . . . .	97
Ihr erstes GAN . . . . .	98
Der Diskriminator . . . . .	99
Der Generator . . . . .	101
Trainieren des GAN. . . . .	104
GAN-Herausforderungen . . . . .	109
Oszillierender Verlust . . . . .	109
Mode-Collapse. . . . .	110
Uninformativer Verlust . . . . .	111

Hyperparameter .....	111
Bewältigung der GAN-Herausforderungen .....	111
Wasserstein-GAN .....	111
Wasserstein-Verlust .....	112
Die Lipschitz-Bedingung .....	114
Gewichte beschränken .....	115
Training des WGAN .....	115
Analyse des WGAN .....	116
WGAN-GP .....	117
Der Gradient-Penalty-Verlust .....	118
Analyse des WGAN-GP .....	121
Zusammenfassung .....	122

---

## Teil II   Maschinen das Malen, Schreiben, Komponieren und Spielen beibringen

<b>5 Malen .....</b>	<b>127</b>
Äpfel und Orangen .....	128
CycleGAN .....	130
Ihr erstes CycleGAN .....	132
Überblick .....	132
Die Generatoren (U-Net) .....	133
Die Diskriminatoren .....	137
Kompilieren des CycleGAN .....	138
Trainieren des CycleGAN .....	140
Analyse des CycleGAN .....	141
Erstellen eines CycleGAN, das wie Monet malt .....	143
Die Generatoren (ResNet) .....	144
Analyse des CycleGAN .....	145
Neuronaler Stiltransfer .....	147
Inhaltsverlust .....	148
Stilverlust .....	150
Gesamt-Varianz-Verlust .....	153
Ausführen des neuronalen Stiltransfers .....	154
Analyse des neuronalen Stiltransfer-Modells .....	155
Zusammenfassung .....	156
<b>6 Schreiben .....</b>	<b>157</b>
Die literarische Gesellschaft für lästige Bösewichte e. V. ....	158
Long-Short-Term-Memory-Netzwerk .....	159

Ihr erstes LSTM-Netzwerk	160
Tokenisierung	160
Erstellen des Datensatzes	163
Die Architektur des LSTM-Netzwerks	164
Die Embedding-Schicht	164
Die LSTM-Schicht	166
Die Zelle eines LSTM-Netzwerks	167
Einen neuen Text erzeugen	170
Erweiterungen von RNNs	174
Hintereinandergeschaltete rekurrente Netzwerke	174
Gated Recurrent Units	174
Bidirektionale Zellen	177
Encoder-Decoder-Modelle	178
Ein Frage-Antwort-Generator	180
Ein Frage-Antwort-Datensatz	181
Die Modellarchitektur	182
Inferenz	186
Modellergebnisse	187
Zusammenfassung	189
<b>7 Komponieren</b>	<b>191</b>
Vorabklärungen	192
Musiknotation	192
Ihr erstes Musik erzeugendes RNN	195
Der Aufmerksamkeitsmechanismus	196
Erstellen eines Aufmerksamkeitsmechanismus in Keras	198
Analyse des RNN mit Aufmerksamkeitsmechanismus	203
Aufmerksamkeit in Encoder-Decoder-Netzwerken	207
Erzeugen mehrstimmiger Musiktitel	210
Das »Musikorgan«	211
Ihr erstes MuseGAN	212
Der Generator des MuseGAN	215
Akkorde, Stil, Melodie und Groove	216
Der Taktgenerator	218
Zusammenführen aller Elemente	219
Der Kritiker	221
Analyse des MuseGAN	222
Zusammenfassung	224
<b>8 Spielen</b>	<b>227</b>
Reinforcement Learning	228
OpenAI Gym	229

Architektur von World Models . . . . .	231
Der Variational Autoencoder . . . . .	232
Das MDN-RNN . . . . .	232
Der Controller. . . . .	233
Setup . . . . .	234
Überblick über den Trainingsprozess . . . . .	234
Sammeln zufälliger Roll-out-Daten . . . . .	235
Trainieren des VAE . . . . .	238
Die Architektur des VAE. . . . .	239
Untersuchung des VAE. . . . .	239
Sammeln von Daten zum Trainieren des RNN. . . . .	243
Trainieren des MDN-RNN . . . . .	244
Die Architektur des MDN-RNN. . . . .	245
Ziehen des nächsten $z$ und der Belohnung aus dem MDN-RNN. . .	246
Die MDN-RNN-Verlustfunktion . . . . .	247
Trainieren des Controllers. . . . .	249
Die Architektur des Controllers . . . . .	249
CMA-ES . . . . .	250
Parallelisierung von CMA-ES . . . . .	252
Ausgabe des Controller-Trainings . . . . .	254
In-Traum-Training . . . . .	255
In-Traum-Training des Controllers . . . . .	257
Herausforderungen des In-Traum-Trainings . . . . .	258
Zusammenfassung. . . . .	259
<b>9 Die Zukunft der generativen Modellierung . . . . .</b>	<b>261</b>
Fünf Jahre Fortschritt . . . . .	261
Der Transformer . . . . .	263
Positionscodierung . . . . .	264
Mehrköpfige Aufmerksamkeit . . . . .	266
Der Decoder . . . . .	268
Analyse des Transformers. . . . .	268
BERT. . . . .	270
GPT-2 . . . . .	270
MuseNet . . . . .	272
Fortschritte bei der Bilderzeugung. . . . .	272
ProGAN . . . . .	272
GAN mit Selbstaufmerksamkeitsmechanismus (SAGAN) . . . . .	274
BigGAN. . . . .	275
StyleGAN . . . . .	276

Anwendungen der generativen Modellierung.....	279
Durch KI geschaffene Kunst.....	280
Durch KI geschaffene Musik.....	281
<b>10 Schlussbemerkung.....</b>	<b>283</b>
<b>Index.....</b>	<b>287</b>