

Inhaltsverzeichnis

I	Einführung und Hintergründe	3.2	KI in der Diagnostik	43
		3.2.1	Heuristiken im klinischen Alltag	43
1	Geschichte der künstlichen Intelligenz	3.2.2	Datengetriebene Diagnostik	44
		3.2.3	KI in der Bildgebung.	44
1.1	Algorithmen	3.3	KI in der Therapie	49
1.2	Geburtsstunde der künstlichen Intelligenz	3.3.1	Präzisionsmedizin.	49
		3.3.2	KI im Operationssaal	53
1.3	KI-Winter	3.3.3	KI im Stationsalltag	54
1.4	Revolution der neuronalen Netze . .	3.3.4	KI in der ambulanten Betreuung. . .	56
1.5	Moderne Durchbrüche der KI	3.3.5	Werden Ärzt*innen bald durch KI	
1.6	Hype oder Hope?		ersetzt?	57
2	Was ist künstliche Intelligenz und was kann sie?	4	Politische, juristische und ethische Aspekte des Einsatzes von künstlicher Intelligenz in der Medizin	59
2.1	Künstliche Intelligenz, Machine Learning und Deep Learning.	4.1	Digitalisierung.	59
		4.1.1	Telematikinfrastruktur	59
2.2	Supervised Learning, Unsupervised Learning und Reinforcement Learning	4.1.2	Standardisierung der Datenerfassung, Datenübermittlung und Datenintegration.	62
2.2.1	Supervised Learning	4.2	Datenschutz	76
2.2.2	Unsupervised Learning	4.3	Sicherheit	78
2.2.3	Reinforcement Learning	4.3.1	Medizinprodukteverordnung.	78
2.3	Narrow AI, General AI und Super AI	4.3.2	KI-Verordnung (AI Act)	93
2.4	Klassifizierung, Clustering und Regression	4.4	Haftung.	96
		4.4.1	Allgemeine Produkthaftung	97
2.4.1	Klassifizierung	4.4.2	Haftung bei KI-Systemen	97
2.4.2	Clustering	4.4.3	Haftung bei Anwendung medizini- scher KI-Systeme	98
2.4.3	Regression			
3	Künstliche Intelligenz im Gesundheitswesen	4.5	Ethische Implikationen des Einsatzes von KI	99
		4.5.1	Grundprinzipien der Medizinethik. . .	99
3.1	KI in der Forschung	4.5.2	Beziehungen zwischen Ärzt*innen, KI und Patient*innen	100
3.1.1	KI in der Biomedizin			
3.1.2	KI in der Medikamentenentwicklung	4.6	Zusammenfassung politischer, juristischer und ethischer Aspekte von KI in der Medizin	101
3.1.3	KI zur Optimierung klinischer Studien			

XII Inhaltsverzeichnis

II	Die wichtigsten Algorithmen der künstlichen Intelligenz	7	Lineare Regressionen	155
		7.1	Grundlagen und medizinische Anwendungen	155
		7.1.1	Einfache lineare Regression	156
		7.1.2	Multiple lineare Regression	157
		7.2	Mathematische Grundlagen	158
		7.2.1	Error, Mean Squared Error und Fehlerfunktion	158
		7.2.2	Bestimmtheitsmaß	161
		7.3	Vor- und Nachteile	162
		7.3.1	Vorteile	162
		7.3.2	Nachteile	162
		7.4	Programmierung	164
5	Einführung in die Programmierung mit Python	8	Logistische Regression	171
		8.1	Grundlagen und medizinische Anwendungen	171
5.1	Wie kommuniziert man eigentlich mit einer Maschine?	8.1.1	Klassifizierung	171
		8.1.2	Multiple logistische Regression	172
5.2	Datentypen	8.2	Mathematische Grundlagen	173
5.3	Python	8.2.1	Sigma-Funktion	173
5.3.1	Installation	8.2.2	Logit, Odds und Maximum Likelihood Estimation	174
5.3.2	Befehle	8.3	Vor- und Nachteile	181
5.4	Trouble Shooting	8.3.1	Vorteile	181
5.5	Wichtige Bibliotheken	8.3.2	Nachteile	181
5.6	Lösungen zu den Aufgaben	8.4	Programmierung	182
6	Daten und Modelloptimierung – Teil 1	9	Support Vector Machines (SVMs)	189
		9.1	Grundlagen und medizinische Anwendungen	189
6.1	Dateiformate	9.1.1	Klassifizierung	189
6.2	Trainings-, Test-, Validierungsdaten	9.1.2	Regression	190
6.2.1	Trainingsdaten	9.2	Mathematische Grundlagen	192
6.2.2	Validierungsdaten	9.2.1	Support Vector Classifiers (SVCs)	192
6.2.3	Testdaten	9.2.2	Support Vector Regressions (SVRs)	199
6.2.4	Aufteilung der Daten	9.3	Vor- und Nachteile	201
6.3	Class Imbalance und Strategien dagegen	9.3.1	Vorteile	201
		9.3.2	Nachteile	201
6.3.1	Class Imbalance	9.4	Programmierung	202
6.3.2	Strategien gegen Class Imbalance			
6.4	Overfitting und Strategien dagegen			
6.4.1	Overfitting			
6.4.2	Strategien gegen Overfitting			
6.5	Modellevaluation			
6.5.1	Vier-Felder-Tafel, Sensitivität und Spezifität			
6.5.2	ROC und AUROC			
6.6	Transparenz und Replizierbarkeit			
6.6.1	Terminologie			
6.6.2	Mangelnde Replizierbarkeit			
6.6.3	Initiativen zur Verbesserung			
6.7	Erklärbarkeit (explainable AI)			
6.8	Programmierung			

10	Decision Trees und Random Forests	209	12.2	Mathematische Grundlagen	269
10.1	Grundlagen und medizinische Anwendungen	209	12.2.1	Von vorne nach hinten – der Forward Pass	269
10.1.1	Klassifizierung	210	12.2.2	Von hinten nach vorne – der Backward Pass	276
10.1.2	Clustering	211	12.3	Vor- und Nachteile	285
10.1.3	Regression	211	12.3.1	Vorteile	285
10.1.4	Variablenextraktion	211	12.3.2	Nachteile	285
10.2	Mathematische Grundlagen	213	12.4	Programmierung	286
10.2.1	Entscheidungsregeln	214	13	Convolutional Neural Networks (CNNs)	293
10.2.2	Informationstheorie und Entropie	215	13.1	Grundlagen und medizinische Anwendungen	293
10.2.3	Random Forests	220	13.1.1	Klassifizierung	294
10.3	Vor- und Nachteile	222	13.1.2	Regression	296
10.3.1	Vorteile	222	13.2	Mathematische Grundlagen	298
10.3.2	Nachteile	222	13.2.1	Forward Pass	299
10.4	Programmierung	223	13.2.2	Backward Pass	302
11	Clustering	229	13.2.3	Filter für die Kantenerkennung	303
11.1	Grundlagen und medizinische Anwendungen	229	13.2.4	Segmentierung mit CNNs am Beispiel U-Net	305
11.1.1	Stratifizierung von Patient*innen	230	13.3	Vor- und Nachteile	307
11.1.2	Medikamentenentwicklung	230	13.3.1	Vorteile	307
11.1.3	Bildsegmentierung	231	13.3.2	Nachteile	307
11.2	Mathematische Grundlagen	232	13.4	Programmierung	308
11.2.1	k-Means-Clustering	232	14	Graph Neural Networks (GNNs)	317
11.2.2	Hierarchisches Clustering	239	14.1	Grundlagen und medizinische Anwendungen	317
11.2.3	k-Means-Clustering vs. hierarchisches Clustering	246	14.2	Mathematische Grundlagen	319
11.3	Vor- und Nachteile	247	14.2.1	Matrix- und Vektorrepräsentationen von Graphen	319
11.3.1	Vorteile	247	14.2.2	Optimierung der Vektorrepräsentationen durch GNNs	321
11.3.2	Nachteile	247	14.2.3	GCNs in der Bildverarbeitung	323
11.4	Programmierung	248	14.3	Vor- und Nachteile	325
12	Neuronale Netze	259	14.3.1	Vorteile	325
12.1	Grundlagen und medizinische Anwendungen	259	14.3.2	Nachteile	325
12.1.1	Biologische und künstliche neuronale Netze	259	14.4	Programmierung	326
12.1.2	Klassifizierung	262			
12.1.3	Regression	264			
12.1.4	Clustering mit Autoencodern	267			

XIV Inhaltsverzeichnis

15	Generative künstliche Intelligenz	335	16	Daten und Modelloptimierung –	
15.1	Generative vs. diskriminative		Teil 2		359
	Modelle.	335	16.1	Variablenauswahl und	
15.2	Naive Bayes-Klassifikatoren	336		Dimensionsreduktion	359
15.2.1	Satz von Bayes.	336	16.1.1	Variablenauswahl.	359
15.2.2	Einfacher naiver Bayes-Klassifikator .	337	16.1.2	Dimensionsreduktion mittels Principal	
15.2.3	Multinomialer naiver Bayes-			Component Analysis (PCA).	360
	Klassifikator.	339	16.2	Parameter-Initialisierung.	367
15.2.4	Gauß'scher naiver Bayes-Klassifikator	340	16.3	Hyperparameter-Optimierung.	369
15.3	Gemeinsame Wahrscheinlichkeit		16.4	Regulierung mittels Lasso, Ridge	
	und Wahrscheinlichkeitsverteilung .	341		und ElasticNet.	369
15.4	Generative Adversarial Networks		16.5	Programmierung.	373
	(GANs)	343			
15.5	Modelle für sequenzielle Daten		Literatur		383
	wie Sprache	349	Register		385
15.5.1	Sprache in Zahlen.	349			
15.5.2	Recurrent Neural Networks (RNNs). .	350			
15.5.3	Long-Short-Term-Memory-Modelle . .	352			
15.5.4	Transformer	353			