

Inhaltsverzeichnis

I Grundlagen der Graphentheorie	15
1 Grundbegriffe der Graphentheorie	17
1.1 Grundbegriffe für Graphen	18
1.1.1 Definition eines Graphen	18
1.1.2 Grad eines Knotens	20
1.1.3 Wege und Kreise.....	23
1.2 Typen von Graphen	25
1.2.1 Vollständige Graphen	25
1.2.2 Bipartite Graphen.....	28
1.2.3 Gerichtete Graphen und Multigraphen	30
1.2.4 Bewertete Graphen	30
1.2.5 Bäume und Wälder	35
1.2.6 Gozinto-Graphen	37
2 Das Kürzeste-Wege-Problem in unbewerteten Graphen	41
2.1 Aufspannende Bäume	41
2.2 Breitensuche	43
2.3 Tiefensuche	46
2.4 Anwendungen in der Praxis	49
3 Das Kürzeste-Wege-Problem in bewerteten Graphen	53
3.1 Der Kürzeste-Wege-Baum und die kombinatorische Explosion	53
3.2 Der Algorithmus von Dijkstra	57
II Ausgewählte Probleme der Graphentheorie	65
4 Das Problem minimal aufspannender Bäume	67
4.1 Minimal aufspannender Baum	67
4.2 Algorithmus von Kruskal	69
4.3 Algorithmus von Prim	72

5 Matching-Probleme	75
5.1 Definition von Matchings	75
5.2 Matchings für bipartite Graphen	77
5.3 Maximal-Matching-Algorithmen.....	79
5.3.1 Greedy-Matching-Algorithmus	80
5.3.2 Verbessernde Wege	81
6 Das Problem des chinesischen Postboten	85
6.1 Euler-Kreise und Euler-Wege	85
6.2 Postbotenproblem.....	92
7 Das Problem des Handlungsreisenden	97
7.1 Hamilton-Kreise und Hamilton-Wege	97
7.1.1 Existenz von hamiltonschen Graphen	99
7.1.2 Beschreibung des TSP	100
7.2 Heuristiken	102
7.3 Anwendungen in der Praxis	106
8 Färbungsprobleme	111
8.1 Planarität und Satz von Euler	111
8.2 Knotenfärbung	116
8.3 Kantenfärbung	120
8.4 Dualität zwischen Knoten- und Kantenfärbung	123
III Netzwerktheorien und -modelle	125
9 Netzwerktheorie – Bedeutung und neuere Erkenntnisse.....	127
9.1 Große Netzwerke in der Praxis	127
9.1.1 Interorganisationsnetzwerke	128
9.1.2 Beziehungs-, Freundschafts- und soziale Netzwerke	129
9.1.3 Informations-, Daten- und Wissensnetzwerke.....	130
9.1.4 Technologische Netzwerke	133
9.1.5 Biologische Netzwerke.....	135
9.2 Ausgewählte Erkenntnisse der Netzwerkforschung	136
9.2.1 Forschung im Bereich sozialer Netzwerke	137
9.2.2 Cluster als Kennzeichen sozialer Netzwerke	138
9.2.3 Kurze Wege als Kennzeichen sozialer Netzwerke	140
9.2.4 Skalen-Invarianz als Kennzeichen großer Netzwerke	141
9.2.5 Universalität als Kennzeichen großer Netzwerke	144
9.3 Weiterführende Literatur.....	146

10	Eigenschaften von Netzwerken.....	147
10.1	Charakterisierung von Netzwerken auf Knoten-Ebene	147
10.1.1	Unterscheidung von Hubs und Authorities	147
10.1.2	Lokaler Cluster-Koeffizient	148
10.1.3	Zentralitätsmaße eines Knotens.....	149
10.2	Charakterisierung von Netzwerken auf Teilgraphen-Ebene	152
10.2.1	Verfahren zum Auffinden zusammenhängender Komponenten	153
10.2.2	Algorithmen zum Auffinden von Communities	154
10.2.3	Klassifizierende Verfahren zum Auffinden von Communities	156
10.3	Charakterisierung von Netzwerken mit statistischen Größen	158
10.3.1	Mittlerer Knotengrad und durchschnittliche Netzwerktdichte	158
10.3.2	Häufigkeitsverteilung der Knotengrade	159
10.3.3	Der Durchmesser und die mittlere Pfadlänge des Netzwerks.....	161
10.3.4	Der globale Cluster-Koeffizient eines Netzwerks	162
10.4	Weiterführende Literatur.....	162
11	Entstehung von Netzwerken – Netzwerkmodelle	163
11.1	Erzeugung von Netzwerken mit Gleich- oder Binomialverteilung	164
11.1.1	Erzeugung von Gittergraphen mit deterministischen Regeln	164
11.1.2	Erzeugung eines Erdös-Renyi-Zufallsgraphen	166
11.1.3	Erzeugung des Watts-Strogatz-Modells – zwischen Kreis- und Zufallsgraph.....	171
11.2	Erzeugung von Netzwerken mit skalenfreier Verteilung	175
11.2.1	Erzeugung eines skalenfreien Netzwerks durch das Wachstumsmodell	175
11.2.2	Erzeugung eines skalenfreien Netzwerks mit dem Barabasi-Albert-Modell des „Preferential Attachment“	176
11.2.3	Erweiterungen des Barabasi-Albert-Modells	180
11.3	Weiterführende Literatur.....	182
12	Dynamische Prozesse auf großen Netzwerken.....	183
12.1	Strukturelle und dynamische Komplexität großer Netzwerke	183
12.2	Robustheit von Netzwerken	185
12.2.1	Relevanz und Erscheinungsformen.....	185
12.2.2	Wesentliche Modelle und Lösungsverfahren	187
12.2.3	Zusammenfassung wesentlicher Erkenntnisse	190
12.3	Epidemische Ausbreitung in Netzwerken	191
12.3.1	Relevanz und Erscheinungsformen.....	192
12.3.2	Wesentliche Modelle und Lösungsverfahren	194
12.3.3	Homogene Modelle zur Beschreibung der Ausbreitung	195

12.3.4 Heterogene Netzwerkmodelle zur Beschreibung der Ausbreitung	198
12.3.5 Impfstrategien in heterogenen Netzwerken	200
12.3.6 Zusammenfassung wesentlicher Erkenntnisse	203
12.4 Suche in Netzwerken	203
12.4.1 Relevanz und Erscheinungsformen.....	203
12.4.2 Wesentliche Modelle und Lösungsverfahren	204
12.4.3 Zusammenfassung wesentlicher Erkenntnisse	206
12.5 Transportprozesse in Netzwerken	207
12.5.1 Datenverkehr und Datenstau in Netzwerken.....	208
12.5.2 Kaskaden in Transportnetzwerken	211
12.5.3 Zusammenfassung wesentlicher Erkenntnisse	215
12.6 Kollektives Verhalten in Netzwerken	215
12.6.1 Meinungsbildung in Netzwerken – das Voting-Modell	216
12.6.2 Informationskaskaden in Netzwerken	217
12.6.3 Spieltheorie in Netzwerken	219
12.6.4 Zusammenfassung wesentlicher Erkenntnisse	220
12.7 Weiterführende Literatur.....	221
13 Softwarebasierte Modellierung großer Netzwerke	223
13.1 Die Modellbildung als Forschungsprozess	223
13.1.1 Formulierung der Forschungsfrage	224
13.1.2 Formulierung der Forschungshypothesen	225
13.1.3 Festlegung der Modellstruktur	226
13.1.4 Implementierung und Verifikation des Modells	228
13.1.5 Analysen und Validierung des (Simulations-)Modells	228
13.1.6 Ergebnisdarstellung zur Entscheidungsunterstützung.....	230
13.2 Softwarebasierte Analyse und Visualisierung	232
13.2.1 Vorgehen bei der Datenbeschaffung und Datenimport	233
13.2.2 Softwarebasierte Erzeugung von Netzwerken	235
13.2.3 Grundlagen der Visualisierung und des Graphzeichnens	236
13.2.4 Softwarebasierte Analyse großer Netzwerke	238
13.3 Softwarebasierte Simulation dynamischer Prozesse in Netzwerken	241
13.3.1 Vergleich unterschiedlicher Arten von Simulationsmodellen	242
13.3.2 Simulation von Agenten auf regulären Netzwerken.....	244
13.3.3 Simulation des Wachstums von Netzwerken	248
13.3.4 Simulation dynamischer Prozesse in Netzwerken.....	249

13.3.5 Generierung von Simulationsdaten und Durchsuchen des Lösungsraums	251
13.3.6 Ausblick auf die Anwendung einer professionellen Multi-Methoden-Simulation	255
13.4 Schlussbetrachtung zur softwarebasierten Modellierung	257
13.5 Weiterführende Literatur.....	258
Literaturverzeichnis	259
Bildnachweise	265
Index	267