

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	I
Danksagung	III
Kurzfassung und Thesen	V
Abstract and Theses	IX
Inhaltsverzeichnis	XV
1 Einleitung	
1.1 Hintergrund	1
1.2 Problemstellung	2
1.3 Forschungsstand	4
1.4 Zielsetzung und Forschungsfragen	6
1.5 Thematische Einordnung	7
1.6 Aufbau der Arbeit	9
2 Grundlagen zur Siedlungsstruktur	
2.1 Begriffe und Konzepte	11
2.1.1 Raumbegriffe	11
2.1.2 Strukturbegriffe	12
2.1.3 Raumebenen der Siedlungsstruktur	13
2.1.4 Siedlungsstrukturelle Merkmale	15
2.1.5 Strukturtypen	17
2.1.6 Gebäude als Element des Siedlungsraums	19
2.1.7 Baublock als räumliche Siedlungseinheit	21
2.2 Raumbezogene Modellierung der Siedlungsstruktur	22
2.2.1 Abstraktion der Realität	22
2.2.2 Kartographische Modellbildung	23
2.2.3 Modellbildung in der digitalen Kartographie	25
2.2.4 Geobasisdaten	30
2.2.5 Geofachdaten	33
2.2.6 Geodateninfrastruktur (GDI)	34
2.3 Kartographische Darstellung der Siedlungsstruktur	34
2.3.1 Topographische Karten	34
2.3.2 Thematische Karten	37

2.4	Räumliche Analyse von Siedlungsstrukturen.....	43
2.4.1	Innerstädtische Gliederung.....	43
2.4.2	Stadtmorphologische Analyse	46
2.4.3	Computerbasierte Analyse der Siedlungsstruktur	49
3	Methodische Grundlagen der Mustererkennung	
3.1	Visuelle Wahrnehmung und Bildverstehen	57
3.1.1	Menschliche Wahrnehmung	57
3.1.2	Theorien der visuellen Wahrnehmung.....	58
3.1.3	Bildverstehen	60
3.2	Mustererkennung und maschinelles Lernen	63
3.2.1	Mustererkennung	63
3.2.2	Maschinelles Lernen.....	65
3.3	Aufbau eines Mustererkennungssystems.....	67
3.3.1	Musteraufnahme	68
3.3.2	Vorverarbeitung.....	68
3.3.3	Merkmalsextraktion	68
3.3.4	Merkmalsselektion	69
3.3.5	Klassifizierung	70
3.3.6	Trainieren, Testen, Validieren.....	71
3.4	Klassifikationsverfahren.....	72
3.4.1	Klassifikation via Bayes-Theorem	74
3.4.2	Klassifikation mittels Trennfunktion.....	79
3.4.3	Fuzzy-Systeme	87
3.5	Bewertung von Klassifikatoren	87
3.5.1	Fehlerrate und Genauigkeit.....	87
3.5.2	Bewertung der Generalisierungsfähigkeit	87
3.5.3	Strategien der Aufteilung der Lerndaten	89
3.5.4	Bewertung der thematischen Genauigkeit.....	90
4	Forschungsstand	
4.1	Allgemeine Aspekte	95
4.1.1	Ziele einer automatischen Klassifizierung der Siedlungsstruktur.....	95
4.1.2	Datengrundlagen und Methoden.....	97
4.1.3	Interpretationsebenen	99
4.2	Klassifizierung siedlungsraumbezogener Strukturen	100

4.2.1	Abgrenzung und Typisierung von Siedlungsstrukturen	100
4.2.2	Beschreibung städtischer Strukturen	101
4.2.3	Klassifizierung städtischer Strukturen auf Baublockebene	101
4.2.4	Erkennung von Gebäudemustern für die Generalisierung	102
4.3	Klassifizierung individueller Gebäude	103
4.3.1	Bisherige Ansätze nach Klassifikationsstrategie	103
4.3.2	Wissensbasierte Ansätze	105
4.3.3	Datengetriebene Ansätze.....	107
4.3.4	Kombinierte Ansätze.....	109
4.4	Bewertung der bisherigen Ansätze.....	110
5	Konzeptionelle Vorüberlegungen	
5.1	Ziel der Verfahrensentwicklung.....	113
5.2	Gebäudeklassifizierung im Kontext der Siedlungsstrukturanalyse	113
5.3	Anforderung an das Verfahren	116
5.3.1	Adaptive Gebäudetypologie	116
5.3.2	Interoperabilität	116
5.3.3	GIS-Kopplung und Nutzerfreundlichkeit	117
5.3.4	Robustheit	117
5.3.5	Genauigkeitsabschätzung	117
5.3.6	Laufzeit.....	118
5.3.7	Flexibilität	118
5.4	Anforderungen an die Eingangsdaten	119
5.4.1	Gebäuderepräsentation	119
5.4.2	Anforderung an den Abstraktionsgrad	120
5.4.3	Homogenität	121
5.4.4	Metainformationen.....	121
5.5	Methodische Vorüberlegungen.....	122
5.5.1	Interpretationsebene.....	122
5.5.2	Klassifikationsstrategie	122
5.5.3	Merkmalsberechnung	123
5.5.4	Lernverfahren	124
5.6	Konzepte der Modellierung	124
5.6.1	Gebäudegrundrisse im Siedlungsraum	124
5.6.2	Objektbeziehung	126

6	Mögliche Datenquellen zum Gebäudegrundriss	
6.1	Gebäudegrundrisse aus objektstrukturierten Datenmodellen.....	127
6.1.1	Gebäudegrundrisse aus der ALK	127
6.1.2	Gebäudegrundrisse aus dem ALKIS®	128
6.1.3	Gebäudegrundrisse aus ATKIS® Basis-DLM	129
6.1.4	Amtliche Hausumringe.....	130
6.1.5	3D-Gebäudemodelle (3D-Gebäudestrukturen)	130
6.1.6	Gebäudegrundrisse aus OpenStreetMap.....	131
6.2	Gebäudegrundrisse aus topographischen Karten.....	132
6.2.1	Gebäuderepräsentation in topographischen Karten.....	132
6.2.2	Gebäudeextraktion aus gescannten topographischen Karten	134
6.2.3	Maßstabsanforderungen an topographische Karten.....	134
6.2.4	Scandichte topographischer Karten	135
6.2.5	Topographische Karten der amtlichen Vermessung.....	136
6.3	Gebäudegrundrisse aus Fernerkundungsdaten.....	139
6.3.1	Anforderung an die geometrische Auflösung	139
6.3.2	Gebäudeextraktion aus Fernerkundungsdaten	140
7	Entwicklung des Verfahrens	
7.1	Methodisches Design	143
7.2	Definition einer Gebäudetypologie.....	145
7.2.1	Kriterien und Gebäudetypologien	145
7.2.2	Gebäudetypologie für siedlungsstrukturelle Analysen	147
7.3	Eingangsdaten	149
7.3.1	Eingangsdaten zum Gebäudegrundriss.....	149
7.3.2	Definition von Eingangsdatentypen	152
7.3.3	Unterstützende Geometriedaten	153
7.4	Datenaufbereitung.....	155
7.4.1	Aufbereitung der Eingangsdaten.....	155
7.4.2	Erfassung von Klassenlabels	158
7.5	Merkmalsberechnung	160
7.5.1	Charakterisierung der Gebäudetypen.....	160
7.5.2	Merkmalstypen	164
7.5.3	Ebenen der Merkmalsberechnung.....	169
7.5.4	Methoden der Merkmalsgewinnung	170
7.5.5	Workflow der Merkmalsberechnung.....	171

7.5.6	Merkmale in Abhängigkeit der Eingangsdaten	173
7.5.7	Erkennung kleiner Nebengebäude	174
7.6	Vorverarbeitung der Merkmalsdaten	176
7.6.1	Konsistenzprüfung und Datenbereinigung	177
7.6.2	Skalierung der Merkmale	177
7.6.3	Transformation kategorialer Merkmale	177
7.6.4	Ersetzen fehlender Werte	178
7.7	Merkmalsselektion	178
7.7.1	Filterbasierte Merkmalsreduktion	179
7.7.2	Merkmalsselektion während des Trainings	182
7.8	Entwicklung des Klassifikators	183
7.8.1	Wahl der Klassifikationsverfahren	183
7.8.2	Vorstellung der getesteten Klassifikationsverfahren	185
7.8.3	Tuning	192
7.8.4	Modellselektion	194
7.9	Genauigkeitsanalyse	196
7.10	Programmtechnische Umsetzung	196
7.10.1	Verwendete Software	197
7.10.2	Programme und deren Kopplung	198
8	Ergebnisse und Diskussion	
8.1	Untersuchungsgebiete und verwendete Daten	201
8.1.1	Vorstellung der Untersuchungsgebiete	202
8.1.2	Datengrundlagen der Untersuchungsgebiete	204
8.2	Ergebnisse der Datenaufbereitung	206
8.2.1	Datenintegration	206
8.2.2	Erfassung der Klassenlabels	208
8.2.3	Diskussion der Datenaufbereitung	215
8.3	Ergebnisse der Merkmalsberechnung und Merkmalsreduktion	215
8.3.1	Schwellwertermittlung zur Detektion kleiner Nebengebäude	216
8.3.2	Klassenbedingte Verteilungsdichten der Merkmale	219
8.3.3	Vorverarbeitung und Merkmalsreduktion	221
8.3.4	Diskussion der Merkmalsberechnung und Merkmalsreduktion	224
8.4	Ergebnisse der Modellselektion	225
8.4.1	Datensätze	225
8.4.2	Ergebnisse des Modelltunings	225

8.4.3	Genauigkeit der getesteten Klassifikatoren.....	227
8.4.4	Evaluierung der Laufzeit.....	233
8.4.5	Wahl des besten Klassifikators	235
8.4.6	Diskussion der Modellsektion	235
8.5	Ergebnisse der Modellvalidierung.....	236
8.5.1	Besonderheiten von Random Forest.....	237
8.5.2	Klassengenauigkeit nach Untersuchungsgebieten	238
8.5.3	Bewertung der Untersuchungsgebiete	241
8.5.4	Einfluss des Eingangsdatentyps auf die Klassengenauigkeit.....	244
8.5.5	Einfluss der Anzahl der Trainingsobjekte nach Eingangsdatentyp	248
8.5.6	Kreuzweises Trainieren und Testen	249
8.5.7	Diskussion der Modellvalidierung.....	251
8.6	Ergebnisse der Merkmalswichtigkeit.....	253
8.6.1	Merkmalswichtigkeit nach Eingangsdaten.....	253
8.6.2	Merkmalssektion über Merkmalswichtigkeit.....	255
8.6.3	Diskussion der Merkmalswichtigkeit.....	257
9	Schlussfolgerungen und Ausblick	
9.1	Beantwortung der Forschungsfragen	259
9.2	Praktische Bedeutung.....	266
9.2.1	Bedeutung der Ergebnisse für die Praxis.....	266
9.2.2	Werkzeug für die Wissenschaft und Praxis.....	266
9.2.3	Potenzielle Anwendungen.....	267
9.3	Ausblick	272
	Literatur	275
	Abkürzungsverzeichnis	311
	Abbildungsverzeichnis.....	320
	Tabellenverzeichnis	323
	Anhang	
A	Datengrundlagen zur Siedlungsstruktur	
A.1.	Daten der amtlichen Statistik.....	327
A.2.	Daten zur Flächenbedeckung und Flächennutzung	334
A.2.1	Amtliche Geobasisdaten.....	335

A.2.2	Fernerkundungsbasierte Erhebungen	340
A.2.3	Fazit.....	341
B	Gebäudetypologie	
B.1.	Klassenbeschreibung der Gebäudetypologie	343
B.2.	Kenngößen und Baualtersklassen der Gebäudetypen.....	346
C	Merkmale	
C.1.	Übersicht zu den Merkmalen	349
C.2.	Verteilungsdichte der Merkmale	353
C.3.	Merkmalsreduktion.....	358
C.4.	Merkmalswichtigkeit mit Random Forest	360
C.5.	Merkmalsselektion mit Random Forest	363
D	Entwicklung des Klassifikators	
D.1.	Tuning der SVM	365
D.2.	Klassifikationsgenauigkeit der getesteten Klassifikationsverfahren	366
D.2.1	Overall Accuracy und Kappa in tabellarischer Darstellung.....	366
D.2.2	Overall Accuracy und Kappa in Diagramm	367
D.2.3	Mittelwert und Streuung der Overall Accuracy	369
D.2.4	Variation der Trainingsdatenmenge	370
D.3.	Laufzeitmessung der besten Klassifikationsverfahren	372
E	Genauigkeitsuntersuchung	
E.1.	Konfusionsmatrizen der Genauigkeitsuntersuchung.....	375
E.2.	Produzenten- und Nutzergenauigkeit nach Eingangsdatentyp.....	384
E.3.	Ergebnisse der automatischen Klassifizierung am Beispiel von Halle.....	385
F	Exemplarische Anwendung von BFClassTool	
F.1.	Gebäudebasierte Analyse der Siedlungsstruktur.....	395
F.1.1	Grundlagen der Berechnung	395
F.1.2	Beispielrechnung Krefeld.....	398
F.2.	Ableitung von Bebauungsstrukturtypen	404