

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der Abbildungen	XVII
Verzeichnis der Tabellen	XX
Abkürzungen und Symbole	XXII
Allgemein verwendete Abkürzungen.....	XXII
Allgemein verwendete Symbole	XXII
1 Einleitung	1
1.1 Allgemeine Einführung.....	1
1.2 Ziel der Arbeit	1
1.3 Eigenschaften der neu entwickelten Methode	2
1.4 Gliederung der Arbeit	2
2 Geographische Informationssysteme (GIS) und Kartographie	3
2.1 Computergestützte Kartographie - Geographische Informationssysteme.....	3
2.2 Aspekte der Kartographie	4
2.2.1 Überblick über einige Standard-Kartenwerke.....	5
2.2.1.1 Die topographische Karte TK25.....	5
2.2.1.2 Die Deutsche Grundkarte DGK5	6
2.2.1.3 Katasterkarten	7
2.2.2 Verwendung von Farbe in kartographischen Darstellungen	8
2.3 Die Notwendigkeit der computergestützten Digitalisierung von Kartenwerken	9
3 Zum aktuellen Stand der computergestützten Kartendigitalisierung	11
3.1 Kommerzielle Systeme.....	11
3.2 Nichtkommerzielle Systeme - Stand der Forschung	12
4 Automatische Digitalisierung topographischer Karten	14
4.1 Methode zur Extraktion attributierter Strukturprimitiven.....	14
4.2 Vorteile der entwickelten Extraktionsmethode	17
5 Die Qualität des digitalen Rasterbilds der Vorlage	18
5.1 Geometrische Qualität der Scanner-Daten.....	19
5.1.1 Bestimmung der geometrischen Genauigkeit des justierten Scanners	19
5.1.2 Ungenauigkeiten durch nicht exakte Justierung des Scanners	21
5.2 Radiometrische Qualität der Scanner-Daten	21
5.2.1 Photo Response Non-Uniformity.....	21
5.2.2 Rauschen und Schwarzpegel.....	22
5.2.3 Nichtlinearität der Scanner-Daten bezüglich der Beleuchtungsstärke.....	23
5.2.4 Farbfehler.....	25
5.2.5 Weitere fehlererzeugende Eigenschaften und Einflüsse.....	26

6	Korrektur der Scanner-Daten für die Segmentierung	30
6.1	Korrektur der Scanner-Rohdaten	30
6.1.1	Photo Response Non-Uniformity und unterschiedliche Empfindlichkeit der Farbkanäle	30
6.1.1.1	Verfahren mit einem Referenzpunkt	30
6.1.1.2	Verfahren mit zwei Referenzpunkten	32
6.1.2	Gamma-Korrektur der Scanner-Daten mittels NCS-Farb-Testmustern	32
6.2	Berechnung der Primärvalenzen des Scanners	34
6.2.1	Die spektrale Strahlungsverteilung der Scanner-Beleuchtungseinheit und deren Normfarbwerte	34
6.2.2	Der Transmissionsgrad der Scanner-Farbfiler	36
6.2.3	Der Transmissionsgrad des Scanner-Sensors	37
6.2.4	Betrachtung des Zusammenwirkens der Einzelkomponenten	37
6.3	Umrechnung der RGB-Daten in das XYZ-System	39
6.4	Verwendung von NCS-Farb-Testmustern als Referenz für den Farbabgleich	39
6.5	Korrektur des Scanner-Farbfehlers - Abgleich auf das Normvalenzsystem	40
6.5.1	Abbildungen mittels Polynomen 1. Grades	41
6.5.2	Abbildungen mittels Polynomen 1. Grades mit gemischten Koeffizienten	42
6.5.3	Abbildungen mittels Polynomen 2. und höheren Grades	43
6.5.4	Bewertung und Gültigkeitsbereich der Korrekturen	43
6.6	Integration der Korrektur und der Umrechnung in das Koordinatensystem u^*v^*	47
6.7	Optimierung des Laufzeitverhaltens durch den Einsatz von Tabellen (Look-Up-Tables)	48
7	Segmentierung - Separierung der Farbschichten der Rasterkarte	49
7.1	Auswahl eines geeigneten Farbsystems für die Segmentierung	49
7.1.1	Bewertung der nicht empfindungsgemäßen Farbsysteme	50
7.1.2	Bewertung der empfindungsgemäßen Farbsysteme	51
7.1.3	Abschließende Auswahl	52
7.2	Aktueller Stand der Forschung auf dem Gebiet der Segmentierung	52
7.3	Überlegungen zur notwendigen Dimensionalität des Merkmalsraumes $L^*u^*v^*$	55
7.4	Abbildungen von Vollfarbdokumenten in der xy -Normfarbtafel	56
7.4.1	Abbildungen bunter und unbunter Farben	56
7.4.2	Additive Mischung an Farbkanten - scannerbedingte Farbverläufe	57
7.4.3	Subtraktive Farbmischung - transparent übereinandergedruckte Vollfarben	60
7.5	Methode der Segmentierung	60
7.5.1	Detektion von Maxima und Graten im Merkmalsraum	61
7.5.1.1	Detektion von Maxima in eindimensionalen Histogrammen	62
7.5.1.2	Erweiterung der Maxima-Detektion für zweidimensionale Histogramme	62
7.5.1.3	Modifizierung der Maxima-Detektion zur Bestimmung von Graten	63
7.5.1.4	Bestimmung weiterer Merkmalszentren in Bereichen mit großer Streuung	64
7.5.2	Segmentierung der Rasterkarte auf der Basis der additiven Farbmischgesetze	66
7.5.2.1	Segmentierung der Bildpunkte nach ihrem Farbort in der u^*v^* -Farbtafel	66
7.5.2.2	Segmentierung der Elemente des unbunten Clusters nach ihrer Helligkeit	68
7.5.3	Korrektur der extrahierten Farbschichten	68
7.5.3.1	Beseitigung der fehlklassifizierten Bildpunkte	68
7.5.3.2	Korrektur fehlender Flächenelemente	69
7.6	Vergleich der Ergebnisse der Segmentierung mit zwei anderen Verfahren	70
7.6.1	Unüberwachtes Minimum-Distance-Verfahren	72
7.6.2	Fest dimensionierter Klassifizierer	74
8	Extraktion von Texturen	76
8.1	Form- und topologiegesteuerte Texturerkennung	76
8.1.1	Verfahrens-Überblick	76

8.1.2	Die Korrelation von Maske und Rasterbild	77
8.1.3	Extraktion der Maxima	78
8.1.4	Berechnung der Homogenität	79
8.1.5	Klassifizierung der Textur	79
8.1.6	Automatische Maskengenerierung aus der Textur	80
8.1.7	Verknüpfung von Texturfläche und Farbschicht	82
9	Symbolerkennung	84
9.1	Auflösungsinvariantes Template-Matching	85
9.1.1	Definition der Templates mit Hilfe der Kartenlegende	86
9.1.2	Matching-Verfahren und Bewertungsvorschrift	88
9.1.3	Erweiterung des Template-Matching zur Erkennung zusammengesetzter Symbole	91
10	Vektorisierung	93
10.1	Datenstruktur für die Speicherung der Vektordaten	93
10.2	Erkennung von linien- und flächenhaften Farbschichten der Rasterkarte	94
10.3	Vorverarbeitung der flächenhaften Farbschichten - Konturextraktion	95
10.4	Vorverarbeitung der linienhaften Farbschichten	95
10.4.1	Extraktion kompakter und kleiner Objekte	95
10.4.2	Aushöhlung von Restflächen	95
10.4.3	Verdünnung	96
10.5	Knotenextraktion und Linienverfolgung	98
10.5.1	Extraktion von Knoten und Liniensegmenten	98
10.5.2	Überführung der Liniensegmente in Freeman-Richtungscode	99
10.5.3	Teilung von Liniensegmenten durch Bewertung der Richtungsänderung	99
10.5.4	Teilung von Liniensegmenten mittels Split-Verfahren	100
10.5.4.1	Krümmungsadaptive Vektorisierung mit dem Split-Verfahren	101
10.5.5	Integration benachbarter Knoten	102
10.5.6	Ermittlung der Vektorattribute	103
10.5.7	Korrektur der Vektordaten	103
10.5.8	Dokumentation der Vektorisierungsergebnisse	104
	Zusammenfassung und Ausblick	106
Anhang A	Grundlagen der Farbmatrik	108
A.1	Farbreiz und Farbvalenz	108
A.2	Farbmischung	108
A.2.1	Additive Farbmischung	108
A.2.2	Subtraktive Farbmischung	108
A.2.3	Autotypische Farbmischung	109
A.3	Primärvalenzen	109
A.4	Das CIE-Normvalenzsystem XYZ	111
A.4.1	MacAdam-Ellipsen	112
A.5	Weitere Farbsysteme	113
A.5.1	Nicht empfindungsgemäße Farbsysteme	113
A.5.1.1	Das RGB-Farbsystem	113
A.5.1.2	Das IHS-Farbsystem	114
A.5.2	Annähernd empfindungsgemäße Farbsysteme	115
A.5.2.1	Das CIELAB-Farbsystem	115
A.5.2.2	Das CIELUV-Farbsystem	116
A.6	Das NCS-Farbordnungssystem	116

Anhang B	Scanner-Technologien	119
B.1	Bildgebende Elemente in Scannern	119
B.2	Flachbett-Scanner	121
B.3	Trommel-Scanner	122
B.4	Overhead-Repro-Scanner	122
Anhang C	Daten des verwendeten Scanners	124
Anhang D	Scan-Protokolle	126
D.1	Scan-Protokoll "Test der radiometrischen Qualität"	126
D.2	Scan-Protokoll "Test der additiven Farbmischung bei NCS-Testmustern"	127
D.3	Scan-Protokoll "Erstellen der Karten-Testausschnitte"	127
Anhang E	Tabellen	128
E.1	Verwendete NCS-Farb-Testmuster	128
E.2	Grauwerte der Farbkanäle der NCS-Farb-Testmuster	129
E.3	Normfarbwerte der abgetasteten NCS-Farb-Testmuster und deren Fehler	130
Anhang F	Mathematische Herleitungen	136
F.1	Zusammenfassung der Berechnungsvorschriften RGB-XYZ, Korrektur XYZ und XYZ-u'v' zur direkten Berechnung von u' und v' aus R, G und B	136
Anhang G	Dokumentation der Ergebnisse	138
G.1	Karten-Testausschnitte	138
G.2	Extraktionsergebnisse für den Karten-Testausschnitt 2	140
G.3	Ergebnisse der Farbkorrektur	145
Literaturverzeichnis		146