

Inhaltsverzeichnis	Seite
1 Einleitung	5
1.1 Problematik	6
1.2 Zielsetzung	7
1.3 Vorgehensweise	7
2 Problemanalyse	9
2.1 Begriffsdefinitionen und Einordnung der Arbeit	9
2.2 Entwicklung fortgeschrittener Fahrerassistenzsysteme	10
2.2.1 Mechatronische Systeme	11
2.2.2 Fortgeschrittene Fahrerassistenzsysteme	13
2.2.3 Entwicklungsvorgehen bei Fahrerassistenzsystemen	16
2.2.3.1 Virtual Prototyping	18
2.2.3.2 Validierungsmethoden und -technologien für Fahrerassistenzsysteme	20
2.3 Interaktive Fahrsimulation	22
2.3.1 Systemkomponenten interaktiver Fahrsimulationen	23
2.3.2 Umgebungsmodelle für interaktive Fahrsimulationen	27
2.3.2.1 Logikmodell	29
2.3.2.2 Graphikmodell	32
2.3.2.3 Abhängigkeiten des Logik- und Graphikmodells zur Laufzeit	34
2.3.3 Umgebungsmodelle für die Entwicklung fortgeschrittener Fahrerassistenzsysteme	34
2.4 Geo-Informationssysteme	36
2.4.1 GIS-Komponenten und -Architekturen	37
2.4.2 Geodaten	40
2.4.2.1 Raumbezug und Koordinatenreferenzsysteme	41
2.4.2.2 Datentypen und -modelle	43
2.4.2.3 Ebenenprinzip und Harmonisierung	45
2.4.2.4 Geobasis- und Geofachdaten	45
2.4.2.5 Quantität, Qualität und Verfügbarkeit	47
2.4.3 Identifikation von Geodaten zur Bildung von Umgebungs- modellen	48
2.5 Problemabgrenzung	51

2.6	Anforderungen an eine Systematik zur effizienten Bildung geospezifischer Umgebungsmodelle.....	53
2.6.1	Anforderungen an das Vorgehensmodell	53
2.6.2	Spezifische Anforderungen an das zu bildende Umgebungsmodell.....	54
2.6.3	Funktionale Anforderungen an ein Software-Werkzeug	55
3	Stand der Technik.....	57
3.1	Methoden zur Bildung von Umgebungsmodellen für Fahrsimulationen	57
3.1.1	Prozeduraler Ansatz zur Definition von Verkehrsszenarien nach ALLEN et al.....	57
3.1.2	Bildung von Umgebungsmodellen mit vorgefertigten Kacheln...	59
3.1.3	Automatisierte Bildung von Umgebungsmodellen für Fahrsimulationen nach CARLES.....	61
3.1.4	Dynamische Szenerien in der Fahrsimulation nach KAUBNER....	64
3.2	Ansätze zur Bildung geospezifischer Umgebungsmodelle auf Basis von Geodaten	66
3.2.1	Transformierung von Geodaten in großflächige Umgebungsmodelle für Verkehrssimulationen nach WILKIE et al.....	67
3.2.2	Framework zur bildbasierten Generierung von Straßennetzen nach GUO	70
3.2.3	Einsatz eines Geo-Informationssystems zur Bildung von Umgebungsmodellen nach HAUNERT et al.	75
3.2.4	Bildung von Umgebungsmodellen nach DRESIA, BILDSTEIN und RANDT	78
3.2.5	SimWorld – Automatische Landschaftsgenerierung für Fahrsimulationen.....	79
3.2.6	Geodaten basierte Modellierung realer Straßen nach DESPINE und BAILLARD	81
3.3	Software-Werkzeuge zur Bildung von Umgebungsmodellen.....	83
3.3.1	Anwendungsschwerpunkt: Interaktive visuelle Simulationen....	84
3.3.2	Anwendungsschwerpunkt: Interaktive Fahrsimulation	86
3.3.3	Anwendungsschwerpunkt: Simulation von Fahrzeugsystemen	88
3.4	Handlungsbedarf	90
4	Systematik zur effizienten Bildung geospezifischer Umgebungsmodelle für Fahrsimulationen.....	95
4.1	Vorgehensmodell.....	96
4.2	Festlegung der Achsverläufe einzelner Strecken	99
4.2.1	Identifikation einzelner Strecken und Knotenpunkte.....	99

4.2.2	Definition des Lageplans	101
4.2.3	Ermittlung des Höhenplans.....	104
4.2.4	Registrierung zwischen Referenzlinien und Navigationsdaten	105
4.3	Definition einzelner Fahrbahnen.....	106
4.3.1	Generierung von Fahrstreifen.....	107
4.3.2	Festlegung des Querschnittsprofils	108
4.3.3	Spezifikation der Oberflächeneigenschaften	109
4.4	Integration logischer Eigenschaften.....	110
4.4.1	Definition von Abbiegerelationen und Abbiegepfaden	110
4.4.2	Zuweisung verkehrsrelevanter Attribute	112
4.4.3	Integration sonstiger Objekte.....	113
4.5	Bildung von 3D-Modellen des Verkehrsnetzes	114
4.5.1	Generierung von 3D-Modellen einzelner Strecken	115
4.5.2	Bildung von 3D-Modellen einzelner Knotenpunkte	117
4.6	Generierung von 3D-Modellen der Umgebung	118
4.6.1	Generierung von 3D-Modellen des Geländes.....	119
4.6.2	Zusammenführung von Gelände und Verkehrsnetz	122
4.6.3	Integration von Verkehrsmobiliar	123
4.6.4	Integration von Gebäuden und Baumformationen.....	124
4.7	Fertigstellung des Graphikmodells	126
4.7.1	Detaillierung einzelner 3D-Modelle.....	127
4.7.2	Reduzierung der Komplexität einzelner 3D-Facettenmodelle..	128
4.8	Anwendungsspezifische Adaptierung des Vorgehensmodells	129
4.9	Software-Werkzeug.....	131
4.9.1	Aufgaben und Konzept des Software-Werkzeugs	132
4.9.2	Architektur des Gesamtsystems	133
4.9.3	Prototypische Implementierung	136
5	Validierung der Systematik	141
5.1	Validierungsumgebungen: Simmerath und Rütten	141
5.2	Validierungsbeispiel Simmerath	142
5.2.1	Phase 1: Festlegung der Achsverläufe einzelner Strecken	143
5.2.2	Phase 2: Definition einzelner Fahrbahnen.....	147
5.2.3	Phase 3: Integration logischer Eigenschaften.....	149
5.2.4	Phase 4: Bildung von 3D-Modellen des Verkehrsnetzes.....	151
5.2.5	Phase 5: Generierung von 3D-Modellen der Umgebung.....	152
5.2.6	Phase 6: Fertigstellung des Graphikmodells	155
5.3	Kritische Bewertung: Erfahrungen aus Modellierungsprojekten	158
5.4	Bewertung der Systematik hinsichtlich der Anforderungen	159
6	Resümee und Ausblick	163

7	Abkürzungsverzeichnis	167
8	Formelzeichenverzeichnis.....	169
9	Literaturverzeichnis.....	171

Anhang

Inhaltsverzeichnis		Seite
A1	Ergänzungen zur Problemanalyse (Kapitel 2)	A-3
	A1.1 Eingesetzte geodätische Koordinatenreferenzsysteme.....	A-3
	A1.2 Eingesetzte Transformationsverfahren.....	A-3
A2	Ergänzungen zum Stand der Technik (Kapitel 3)	A-5
A3	Ergänzungen zur Systematik (Kapitel 4)	A-7
	A3.1 Eingesetzte Geodaten	A-7
	A3.2 Eingesetzte Regelquerschnitte	A-7
	A3.3 Betrachtete verkehrsrelevante Attribute	A-8
	A3.4 Ergänzungen zur prototypischen Implementierung des Software- Werkzeugs.....	A-9
A4	Ergänzungen zur Validierung (Kapitel 5)	A-11