

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	vi
Abbildungsverzeichnis	xiii
Tabellenverzeichnis	xxiv
Kurzfassung.....	xxvi
Abstract	xxviii
1 Einleitung.....	1
1.1 Aufgabenstellung und Zielsetzung.....	3
1.2 Forschungsumfang und Aufbau der Arbeit.....	5
2 Ausgangslage und Stand der Forschung.....	9
2.1 BIM im Infrastrukturbau	9
2.2 Digitale Abbildung von Vorschriftenfestlegungen	13
2.3 Klassifizierungssysteme im Infrastrukturbau	23
2.4 Digitale Wissensintegration	29
2.5 Aktuelle Anwendungsfälle von Graphendatenbanken in der Praxis	30
2.6 Schlussfolgerungen und Forschungslücken	35
3 Strukturierte Beschreibung der Infrastruktur nach dem (E)DCC-Modell ...	39
3.1 Vision DCC-Modell	39
3.1.1 DCC- bzw. (E)DCC-Modellansatz.....	40
3.2 DCC-Ebenen	44
3.2.1 Diskretisierungsebene und Diskretisierungsgraph.....	44
3.2.2 Kategorisierungsebene des DCC-Modells	47
3.2.3 Charakterisierungsebene des DCC-Modells	48
3.3 Modifizierung des DCC-Modells um weitere Ebenen zwecks besserer Strukturierung der Datensätze.....	51
3.3.1 Erweiterung der Diskretisierungsebene um die Unterdiskretisierungsebene	51
3.3.2 Erweiterung der Kategorisierungsebene um die Ebenen Kategorisierungsgruppe und Kategorisierungsuntergruppe.....	52
3.4 Erweiterung des DCC-Modells auf das (E)DCC-Modell zwecks verkehrsträgerübergreifender Strukturierung der Datensätze	52

3.4.1	Einfügen der Umgebungsebene in das DCC-Modell	52
3.4.2	Erweiterung der Umgebungsebene um die Unter- und Unterunterumgebungsebene	54
3.5	Übertragbarkeit des Modells auf die verkehrsträgerübergreifende Planung von Verkehrswegen.....	56
3.6	Geplante Infrastrukturdatensätze und -bereiche in der (E)DCC-Datenbank	57
3.7	Planung und Entwurf von Verkehrswegen mittels (E)DCC-Modellansatzes	60
3.7.1	Entwurfsvorgänge.....	60
3.7.2	Planungsarten.....	62
4	Grundlagenermittlung zum Planen und Instandhalten von Verkehrswegen	68
4.1	Planungsstufen.....	69
4.2	Infrastrukturgestaltung und Verkehrswegekategorien	71
4.3	Linienführung des Verkehrsweges	75
4.3.1	Linienführung im Grundriss.....	76
4.3.2	Linienführung im Aufriss	78
4.4	Gestaltung der Strecken- und Regelquerschnitte	79
4.5	Bestandteile des Bahn- und Straßenkörpers und deren Dimensionierung	80
4.5.1	Bahnkörper und die Dimensionierung.....	80
4.5.2	Straßenkörper und die Dimensionierung	81
4.6	Instandhaltung	81
4.7	Stufenweise Kostenermittlung	82
5	Grundlagenermittlung zur softwaretechnischen Implementierung des (E)DCC-Modellansatzes.....	85
5.1	Use-Cases für PULTrack.....	85
5.2	Requirements an die zu entwickelte Software PULTrack nach dem (E)DCC-Modellansatz	92
5.2.1	Festgelegte Randbedingungen.....	93

5.2.2	Funktionale Anforderungen an die Datenbank sowie an die Planungs- und Analysetools	93
5.2.3	Nichtfunktionale Anforderungen an die Datenbank sowie Planungs- und Analysetools	97
5.3	Architektur der Software PULTrack	98
5.3.1	Statische Softwarearchitektur des PULTracks nach dem 3-Schichten-Modell	98
5.4	Datenbanken und deren Anwendungen	101
5.4.1	Bestandteile eines Datenbanksystems	101
5.4.2	Datenbankanwendung	101
5.4.3	Datenbankmodelle	102
6	Modellierungstechniken und softwaretechnische Implementierung der Konzepte zum (E)DCC-Modellansatz	105
6.1	Datenbankstruktur nach dem (E)DCC-Modell in der graphenbasierten Datenbank von OrientDB.....	105
6.2	Klassen- und Vererbungshierarchie der Kanten.....	111
6.3	Überlegungen zur Implementierung der Anforderungen an das grundsätzliche Modellierungswerkzeug sowie Modellierung der Vorschriften und Vorschriftenfestlegungen.....	113
6.3.1	Modellierungsgrundsätze.....	113
6.3.2	Generika	114
6.3.3	Quasi-Dynamische Softwareentwicklung.....	115
6.3.4	Schwierigkeiten und Herausforderungen bei der digitalen Abbildung von Vorschriften und deren Inhalte	116
6.3.5	Überlegungen zur Abbildung der Vorschriften	121
6.3.6	Überlegungen zur Abbildung der Vorschriftenfestlegungen.....	121
6.4	Implementierung der digitalen Abbildung von Vorschriften und Vorschriftenfestlegungen.....	124
6.4.1	Modell der Vorschriften	125
6.4.2	Modell der Vorschriftenfestlegungen	130
6.4.3	Modellierungslogik der Abhängigkeitskanten.....	138

7	Dynamische Modellierung der Objekte in der Datenbank nach den definierten Konzepten	147
7.1	Dynamische Modellierung der Objekte nach den Ebenen des (E)DCC-Modells	147
7.1.1	Modellierung der Umgebungsebenen	147
7.1.2	Modellierung der Diskretisierungs- und Unterdiskretisierungsebene	147
7.1.3	Modellierung der Kategorisierungs- und Charakterisierungsebene	148
7.2	Dynamische Modellierung der Entwurfsvorgänge, Planungsarten und der Verkehrsträger.....	151
7.2.1	Entwurfsvorgänge.....	151
7.2.2	Planungsarten.....	153
7.2.3	Modellierung der Verkehrsträger und des Verkehrsträgervorauswahlmenüs als GUI-Element	154
7.3	Dynamische Modellierung der kodifizierten und nicht kodifizierten Vorschriften	156
7.3.1	Länderspezifik.....	156
7.3.2	Vorschriften.....	157
7.3.3	Prinzip des verkehrsträgerspezifischen Vorschriftenfilters.....	161
7.3.4	Verbindung der modellierten Vorschriften mit den Vorschriften der Bibliothek im Textformat	163
7.3.5	Modellierung von „Ausschluss- und Vorschriftenassoziationskanten“ und des Attributes „Pflicht“	165
7.4	Dynamische Modellierung der Vorschriftenfestlegungen und deren Abhängigkeiten.....	166
7.4.1	Modellierung der Manipulation der Wertebereiche von Vorschriftenfestlegungen	169
7.5	Dynamische Modellierung des Trassierungstools	173
7.5.1	Datenbankbasierte Modellierung von Trassierungsformeln	173
7.5.2	Modellierung von trassierungstechnischen Sachverhalten über Vorschriftenfestlegungen	177

7.5.3	Modellierung von Trassierungsformeln in Abhängigkeit von Planungswerten	179
7.5.4	Modellierung von Trassierungsformeln mit unterschiedlichen Wertebereichen	182
7.6	Dynamische Modellierung des Dimensionierungstools	182
7.6.1	Modellierung der Infrastrukturobjekte für das Dimensionierungstool	182
7.6.2	Modellierung der Interaktion Vorschriften-Vorschriftenfestlegungen-Infrastrukturobjekte	186
7.7	Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse zum entwickelten Modellansatz und Diskussion	189
8	Mögliche Anwendung des (E)DCC-Modellansatzes in den Planungsprozessen von Verkehrswegen nach der BIM-Methodik	201
9	Zusammenfassung und Ausblick	212
9.1	Neue Erkenntnisse und Schlussfolgerungen	212
9.2	Forschungsbedarf	215
Glossar	.....	221
Literaturverzeichnis	.....	234
Abkürzungsverzeichnis	.....	265
Akronymverzeichnis	.....	273
Formelverzeichnis	.....	275
Anhang I : Definition Vorschriften	.....	276
Anhang II : Definition Vorschriftenfestlegungen	.....	278
Anhang III : Begriff BIM	.....	279
Anhang IV : Gemeinsame Datenumgebung	.....	281
Anhang V : BIM-Anwendungsfälle	.....	283
Anhang VI : Automatische Vorschriftenkonformitätsprüfung im Hochbau	.....	286
Anhang VII : Klassifizierung der Vorschriftenregel nach Häußler, Esser und Borrmann (2021)	.....	289

Anhang VIII :	Modell zur maschinenlesbaren Abbildung von Regeln einer Vorschrift nach Häußler, Esser und Bormann
(2021)	..... 290
Anhang IX :	Klassifizierungssysteme
	292
Anhang X :	Querschnittsparameter Infrastruktur
	295
Anhang XI :	Anwendungsfälle Graphendatenbank
	300
Anhang XII :	Graphendatenbanken im BIM Hochbau
	302
Anhang XIII :	Verkehrsträger
	309
Anhang XIV :	Entwurfsvorgänge bei einem innerörtlichen Straßenentwurf
	315
Anhang XV :	Planungsstufen und Projektphasen
	320
Anhang XVI :	Infrastrukturgestaltung gemäß DB Netz AG, Ril 413 (2013) der DB AG
	322
Anhang XVII :	Use-Cases „Trassierung“ und „Dimensionierung“
	327
Anhang XVIII :	Benutzeroberfläche der Intelligenten Suche
	343
Anhang XIX :	Requirements
	344
Anhang XX :	Schlüsselwörter (Hilfsverben) nach RFC 2119
	356
Anhang XXI :	Schematische Darstellung der 3-Schichten-Architektur und statische Softwarearchitektur von PULTrack
	357
Anhang XXII :	Ontologie und Taxonomie
	363
Anhang XXIII :	Begrifflichkeiten der Graphentheorie
	364
Anhang XXIV :	OrientDB-Graphendatenbank
	370
Anhang XXV :	Klassen- und Vererbungshierarchie der Knoten
	372
Anhang XXVI :	Modellierungskanten und deren Bedeutung
	379
Anhang XXVII :	Modellierungsattribute
	382
Anhang XXVIII :	Kantenklassen
	386
Anhang XXIX :	Manipulation der Vorschriftenfestlegungen über Modellierungsattribute
	392
Anhang XXX :	Anforderungen an die digitale Übersetzung der Vorschriften
	393
Anhang XXXI :	Technikstandards nach der „3-Stufen-Theorie“
	401
Anhang XXXII :	Aufbau der Vorschriften im Eisenbahnwesen
	403

Anhang XXXIII :	Klassenstruktur der Vorschriftenfestlegungen	404
Anhang XXXIV :	Abhängigkeitslogik der Vorschriftenfestlegungen.....	406
Anhang XXXV :	Kategorisierungs- und Charakterisierungsebene.....	411
Anhang XXXVI :	Ausschluss- und Vorschriftenassoziationskanten.....	412
Anhang XXXVII :	Visualisierung der Trassierungsformel.....	414
Anhang XXXVIII :	Trassierungsregel	416
Anhang XXXIX :	(Teil-)Modelle des (E)DCC-Modells	417
Anhang XL :	Modellierungsbeispiel der Vorschriftenfestlegungen und der Vergleich des entwickelten Modells mit der nach Häußler, Esser und Borrmann (2021) vorgestellten Methode	430