

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 Arbeit5

2 Ausgangslage und Stand der Forschung9

2.1 BIM im Infrastrukturbau9

2.2 Digitale Abbildung von Vorschriftenfestlegungen13

2.3 Klassifizierungssysteme im Infrastrukturbau23

2.4 Digitale Wissensintegration29

2.5 Aktuelle Anwendungsfälle von Graphendatenbanken in der Praxis30

2.6 Schlussfolgerungen und Forschungslücken35

3 Strukturierte Beschreibung der Infrastruktur nach dem (E)DCC-Modell ... 39

3.1 Vision DCC-Modell39

3.1.1 DCC- bzw. (E)DCC-Modellansatz.....40

3.2 DCC-Ebenen44

3.2.1 Diskretisierungsebene und Diskretisierungsgraph.....44

3.2.2 Kategorisierungsebene des DCC-Modells47

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
Unterdiskretisierungsebene51

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 Datensätze52

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