

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	VII
1 Einführung in die Thematik	1
1.1 Ausgangspunkt und Motivation	1
1.2 Zielsetzung	2
1.3 Aufbau der Arbeit	3
2 Konventioneller und modellgestützter Planungsprozess im Infrastrukturbau	5
2.1 Status quo in der Infrastrukturplanung	5
2.1.1 Prozess zur Planung einer Infrastrukturmaßnahme im Straßen- und Schienenbau	6
2.1.1.1 Prozess der Vermessung	7
2.1.1.2 Prozess der Trassenplanung	8
2.1.1.3 Prozesse der Baugrunduntersuchung	11
2.1.1.4 Prozess der Ingenieurbauwerksplanung	12
2.1.2 Beurteilung des Planungsprozesses	14
2.2 Verwandte Arbeiten - BIM im Hochbau	17
2.2.1 Beurteilung der Einsatzfähigkeit von BIM im Infrastruktursektor	18
2.3 Planungsgrundlagen zur Modellierung eines parametrisch-assoziativen Infrastrukturinformationsmodells	21
2.3.1 Datenschnittstellen im Infrastrukturbereich	21
2.3.2 Erforderliche Anpassungen im Planungsprozess der Baugrunderkundung, der Trassenplanung und der geomechanischen Analyse	23
2.3.2.1 Modellierung eines 3D-Baugrundinformationsmodells – Ansätze, Methoden und digitale Werkzeuge	24
2.3.2.2 Baugrund-spezifische Erweiterung des Trassenplanungsprozesses	32
2.3.2.3 Trassen-baugrund-spezifischer Integrationsansatz zur Umsetzung eines geomechanischen Analyseprozesses	34
2.4 Zusammenfassung	37
3 Grundlagen der geometrischen Modellierung	39
3.1 Definition verschiedener geometrischer 2D-/3D-Grundprimitive	40
3.1.1 Grundprimitive in \mathbb{R}^2	40
3.1.1.1 Punkt	40
3.1.1.2 Kurve	40

3.1.1.3	Eignung von B-Spline-Kurven zur Konstruktion eines 3D-Trassenverlaufs	47
3.1.2	Grundprimitive in \mathbb{R}^3	48
3.2	Geometrische Modellrepräsentationen	49
3.2.1	Kantenmodell	49
3.2.2	Flächenmodell	50
3.2.3	Volumenmodell	51
3.2.3.1	Definition eines Boundary-Representation-Modells (BRep) . . .	51
3.2.3.2	Definition eines Constructiv-Solid-Geometry-Modells (CSG) . .	54
3.2.3.3	Definition eines Sweep-Modells	55
3.2.4	Vor- und Nachteile der verschiedenen Repräsentationsformen	56
3.3	Zusammenfassung	56
4	Parametrisch-assoziative Modellierungsansätze	59
4.1	Grundlagen zur assoziativen Modellkopplung	60
4.1.1	Historien-freie Modellierung	60
4.1.2	Historienbasierte Modellierung	60
4.1.3	Ansätze zur Umsetzung einer assoziativen Kopplung	62
4.2	Parameterdefinition	65
4.3	Constraints	67
4.3.1	Constraints in \mathbb{R}^2	71
4.3.1.1	Logische Constraints	72
4.3.1.2	Dimensionale Constraints	76
4.3.1.3	Algebraische Constraints	78
4.3.2	Constraints in \mathbb{R}^3	79
4.3.2.1	Indirekte 3D-Constraints	80
4.3.2.2	Direkte 3D-Constraints	80
4.3.3	Parametrisierungszustand eines Modells	82
4.3.3.1	Beispiel eines parametrisch voll-bestimmten Modells in \mathbb{R}^2 . . .	84
4.4	Methode der direkten Freiheitsgradanalyse	86
4.4.1	Freiheitsgrade der geometrischen Primitive in \mathbb{R}^2	86
4.4.2	Analyse der reduzierten Freiheitsgrade in \mathbb{R}^2	89
4.4.3	Direkte Freiheitsgradanalyse	92
4.4.4	Beispiele der direkten Freiheitsgradanalyse	93
4.5	Methoden der constraint-basierten Modellierung	96
4.5.1	Prozedural-parametrischer Modellierungsansatz	97
4.5.2	Variationaler Modellierungsansatz	99
4.5.3	Hybrides Model	103
4.6	Constraint-Solver	105
4.6.1	Algebraischer Ansatz	107
4.6.2	Regel-basierter Ansatz	109
4.6.3	Theorem-proving Ansatz	112
4.6.4	Grafen-basierter Ansatz	114
4.6.4.1	Analyse der Freiheitsgrad	117
4.6.4.2	Ansatz der Constraint-Propagation	122
4.6.4.3	Konstruktiver Ansatz	124

4.6.5	Analyse der bestehenden Verfahren	133
4.7	Zusammenfassung	134
5	Grundlagen zur Definition eines infrastruktur-spezifischen Modellierungs- leitfadens	135
5.1	Allgemeine Modellierungsstrategien	136
5.1.1	Produkt-spezifische Modellierungsstrategien	136
5.1.2	Produkt-neutrale Modellierungsstrategien	137
5.2	Aufbau einer infrastruktur-spezifischen Modellstruktur	141
5.2.1	Steuerungsebene	142
5.2.2	Baugruppenebene	143
5.2.3	Bauteilebene	143
5.2.4	Teileebene	143
5.3	Automatisierung von Konstruktionsprozessen	144
5.3.1	Komplexität von Konstruktionsprozessen	144
5.3.2	Automatisierungsansätze	145
5.3.3	Softwaretechnische Konzepte	147
5.3.3.1	Systemunabhängige Konstruktionssystem	147
5.3.3.2	Systemgebundene Konstruktionssystem	148
5.3.4	Beurteilung der Automatisierungsansätze	151
5.4	Zusammenfassung	151
6	Konzepte zur Umsetzung des parametrisch-assoziativen Infrastrukturinfor- mationsmodells	153
6.1	Komponenten des PIM-Modells	153
6.2	Konzepte zur Modellierung eines Infrastrukturmodells	156
6.2.1	Allgemeingültige Modellierungskomponenten	156
6.2.2	Konzept zur Modellierung des 3D-Trassen-Baugrund-Modells	160
6.2.2.1	Ausführliche Beschreibung des automatisierten 3D-Trassen-	
	Baugrund Modellierungskonzeptes	162
6.2.2.2	Fazit des Automatisierungsansatzes	173
6.2.3	Konzept zur Modellierung erdstabilisierender 3D-Bauwerks- und Baugru-	
	benmodelle	173
6.2.4	Konzept zur Modellierung des 3D-Brückenmodells	176
6.2.4.1	Ausführliche Beschreibung des brücken-spezifischen Modellie-	
	runskonzeptes	177
6.3	Zusammenfassung	190
7	Anwendungsbeispiele aus der Praxis	193
7.1	Validierung des infrastruktur-spezifischen Modellierungsleitfadens am Beispiel ei-	
	ner Straßentrasse	193
7.1.1	Konzept zur automatisierten 3D-Trassen-Baugrundmodellierung	194
7.1.2	Konzept zur geomechanischen Profilanalyse	198
7.1.3	Konzept zur 3D-Brückenbauwerksmodellierung	199
7.2	Validierung der Methode zur direkten Analyse der Freiheitsgrade am Beispiel	
	eines Rettungsschachtes	208

7.2.1	Konzept der direkten Freiheitsgradanalyse	208
7.3	Zusammenfassung	213
8	Zusammenfassung und Ausblick	215
8.1	Zusammenfassung der Arbeit	215
8.2	Ausblick	217
	Literaturverzeichnis	219
A	Anhang	241