

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einführung</b>	<b>1</b>
1.1. Aufgabenstellung und Ziele . . . . .	6
1.2. Vorgehensweise und Gliederung . . . . .	7
<b>2. Zustandsüberwachung für Infrastrukturnetze</b>	<b>9</b>
2.1. Schienennetze . . . . .	9
2.1.1. Eigenschaften . . . . .	9
2.1.2. Herausforderungen für die Zustandsüberwachung . . . . .	12
2.1.3. Stand der Technik . . . . .	13
2.2. Stromnetze . . . . .	16
2.2.1. Eigenschaften . . . . .	16
2.2.2. Herausforderungen für die Zustandsüberwachung . . . . .	19
2.2.3. Stand der Technik . . . . .	20
2.3. Generische Anforderungen . . . . .	20
2.4. Zusammenfassung . . . . .	22
<b>3. Formale Wissensrepräsentation und Reasoning</b>	<b>23</b>
3.1. Wissensbasierte Systeme . . . . .	23
3.2. Logikbasierte Wissensrepräsentation . . . . .	26
3.2.1. Syntax und Semantik . . . . .	27
3.2.2. Inferenz . . . . .	28
3.3. Ontologien und Beschreibungslogiken . . . . .	31
3.3.1. Definition . . . . .	31
3.3.2. Beschreibungslogiken als Ontologiesprachen . . . . .	32
3.3.3. Reasoning-Probleme für Beschreibungslogiken . . . . .	37
3.4. Beschreibungslogik <i>SHIN</i> als eine Grundlage der Web Ontology Language	41
3.4.1. Web Ontology Language OWL . . . . .	41
3.4.2. Syntax und Semantik von <i>SHIN</i> . . . . .	42
3.4.3. Tableaux-Algorithmus zur Konsistenz-Prüfung . . . . .	44
3.5. Zusammenfassung . . . . .	48
<b>4. Semantische Modellierung von Kontextinformationen und Infrastruktur-</b>	<b>49</b>
<b>zuständen</b>	
4.1. Anforderungen an die Domänenontologien . . . . .	49
4.2. Verwandte Arbeiten . . . . .	50
4.2.1. Sensor Web . . . . .	51
4.2.2. Ambient Intelligence und Ubiquitous Computing . . . . .	52
4.2.3. Infrastrukturüberwachung . . . . .	53

4.2.4.	Zusammenfassende Bewertung . . . . .	55
4.3.	Erstellung qualitativ hochwertiger Ontologien . . . . .	56
4.3.1.	Vergleich unterschiedlicher Ansätze . . . . .	56
4.3.2.	Modellierungsmuster für Ontologien . . . . .	57
4.4.	Entwurfsmuster-basierte Modellierung von Infrastrukturzuständen . . . . .	59
4.4.1.	Zustandsüberwachung und -diagnostik . . . . .	59
4.4.2.	Ontologie-Entwurfsmuster für Infrastrukturzustände . . . . .	62
4.4.3.	Anwendung des Entwurfsmusters zur Laufzeit . . . . .	67
4.4.4.	Systematische Dokumentation des Entwurfsmusters . . . . .	69
4.5.	Ontologie-Architekturmuster zur verteilten Entwicklung . . . . .	70
4.6.	Bewertung des gewählten Modellierungsansatzes . . . . .	72
4.7.	Zusammenfassung . . . . .	73
<b>5.</b>	<b>Reasoning über verteilte Kontextinformationen</b>	<b>75</b>
5.1.	Anforderungen an Reasoning über verteilte Kontextinformationen . . . . .	75
5.1.1.	Allgemeine Anforderungen . . . . .	76
5.1.2.	Formalisierung der Anforderungen . . . . .	77
5.2.	Verwandte Arbeiten . . . . .	79
5.2.1.	Zentrales Reasoning . . . . .	79
5.2.2.	Verteiltes Reasoning . . . . .	81
5.2.3.	Zusammenfassende Bewertung . . . . .	83
5.3.	Anfragebeantwortung in einem verteilten Reasoning-System . . . . .	85
5.3.1.	Beliebig verteilte Wissensbasis . . . . .	87
5.3.2.	Partitioniert verteilte Wissensbasis . . . . .	89
5.3.3.	Eingeschränkt verteilte Wissensbasis . . . . .	91
5.3.4.	Beantwortung konjunktiver Anfragen . . . . .	101
5.3.5.	Bewertung der Konzepte zum verteilten Reasoning . . . . .	106
5.4.	Implementierung der Verfahren als Framework . . . . .	108
5.4.1.	Auswahl der Ontologiesprache . . . . .	108
5.4.2.	Auswahl der Anfragesprache . . . . .	108
5.4.3.	Komponenten und Schnittstellen des Frameworks . . . . .	110
5.4.4.	Implementierung der Framework-Komponenten . . . . .	112
5.5.	Experimentelle Evaluierung . . . . .	117
5.5.1.	Ziele der Evaluierung . . . . .	117
5.5.2.	Test-Wissensbasen und -Anfragen . . . . .	118
5.5.3.	Evaluierungsergebnisse . . . . .	121
5.6.	Zusammenfassung . . . . .	140
<b>6.</b>	<b>Reasoning mit Topologiebezug</b>	<b>141</b>
6.1.	Anforderungen an Reasoning mit Topologiebezug . . . . .	142
6.1.1.	Begriffe . . . . .	142
6.1.2.	Anforderungen . . . . .	143
6.2.	Verwandte Arbeiten . . . . .	144
6.2.1.	Sensornetze und Sensor Webs . . . . .	144
6.2.2.	Netzinformationssysteme . . . . .	145
6.2.3.	Verkehrstelematik . . . . .	146

6.2.4.	Zusammenfassende Bewertung . . . . .	147
6.3.	Modellierung des Infrastrukturnetzes . . . . .	148
6.4.	Netzbasierte Integration ortsbezogener Kontextinformationen . . . . .	150
6.4.1.	Wirkfunktionen zur räumlichen Relevanzbestimmung . . . . .	153
6.4.2.	Zuordnung einer Kontextinformation zu Infrastrukturelementen . . . . .	154
6.5.	Beantwortung topologiebezogener Anfragen . . . . .	155
6.5.1.	Atomare Teil-Netzwerk-Identifikation . . . . .	157
6.5.2.	Atomare Kontext-Abfrage . . . . .	158
6.5.3.	Kontext-Filter-Anfragen . . . . .	158
6.5.4.	Optimale-Pfade-Anfragen . . . . .	159
6.5.5.	Nächste-Nachbarn-Anfragen . . . . .	166
6.5.6.	Bereichsanfragen . . . . .	167
6.5.7.	Zusammenfassung . . . . .	168
6.6.	Framework zur Umsetzung der Verfahren . . . . .	168
6.6.1.	Repräsentation des Infrastrukturnetz-Modells . . . . .	168
6.6.2.	Auswahl der Anfragesprache . . . . .	169
6.6.3.	Komponenten und Schnittstellen des Frameworks . . . . .	172
6.6.4.	Umsetzung der Verfahren zum topologiebezogenen Reasoning . . . . .	175
6.7.	Bewertung der Konzepte zum Reasoning mit Topologiebezug . . . . .	179
6.8.	Zusammenfassung . . . . .	180
<b>7.</b>	<b>Integrierende Systemarchitektur und Anwendung</b>	<b>181</b>
7.1.	Anforderungen an die Systemarchitektur . . . . .	181
7.2.	Funktionale Schichten und Schnittstellen . . . . .	182
7.2.1.	Schicht 1: Bereitstellung von Kontextinformationen . . . . .	184
7.2.2.	Schicht 2: Management der Kontextinformationen . . . . .	184
7.2.3.	Schicht 3: Reasoning zur Zustandsüberwachung . . . . .	186
7.2.4.	Schicht 4: Zustandsbasierte Entscheidungsunterstützung . . . . .	187
7.3.	Fallstudie im europäischen Schienennetz . . . . .	188
7.3.1.	Systemontologie für Schienennetze . . . . .	188
7.3.2.	Überwachungssysteme für Kontextinformationen . . . . .	190
7.3.3.	Management der Kontextinformationen . . . . .	192
7.3.4.	Reasoning über verteilte Kontextinformationen . . . . .	192
7.3.5.	Zustandsorientierte Instandhaltung . . . . .	193
7.4.	Bewertung der vorgestellten Systemarchitektur . . . . .	194
7.5.	Zusammenfassung . . . . .	196
<b>8.</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>197</b>
8.1.	Ergebnisse . . . . .	197
8.1.1.	Beantwortung der Forschungsfragestellungen . . . . .	197
8.1.2.	Bewertung bezüglich der Ausgangsanforderungen . . . . .	199
8.2.	Ausblick . . . . .	201
<b>A.</b>	<b>LeHigh University Benchmark</b>	<b>203</b>
A.1.	Test-Anfragen des Benchmarks . . . . .	203
A.2.	Ergänzende Evaluierungsergebnisse . . . . .	206