

# Inhaltsverzeichnis

<b>INHALTSVERZEICHNIS.....</b>	<b>I</b>
<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....</b>	<b>VI</b>
<b>TABELLENVERZEICHNIS .....</b>	<b>IX</b>
<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>X</b>
<b>1      <b>EINLEITUNG.....</b></b>	<b>1</b>
1.1      RELEVANZ UND PROBLEMSTELLUNG .....	1
1.2      ZIELSETZUNG DER ARBEIT .....	4
1.2.1    Abgrenzung und Begründung des Untersuchungsgegenstandes.....	5
1.2.2    Ziele und Forschungsfragen .....	7
1.3      VORGEHEN UND AUFBAU DER ARBEIT.....	8
1.4      VORSTELLUNG DER ZUGRUNDELIEGENDEN FORSCHUNGSPROJEKTE.....	11
1.5      FORSCHUNGSDESIGN .....	11
1.5.1    Wissenschaftstheoretische Einordnung .....	12
1.5.2    Design Science Research.....	13
1.5.3    Forschungsmethoden .....	18
1.5.4    Forschungsleitende Theorien .....	20
<b>2      <b>ANALYSE DER MARITIMEN TRANSPORTKETTE .....</b></b>	<b>23</b>
2.1      BEGRIFFLICHE GRUNDLAGEN .....	23
2.1.1    Logistik .....	23
2.1.2    Transport .....	24
2.1.3    Transportkette .....	25
2.2      PROZESSE UND BETEILIGTE AKTEURE IM MARITIMEN TRANSPORT.....	26
2.2.1    Prozessgestaltung .....	27
2.2.2    Beteiligte Akteure.....	29
2.3      INFORMATIONSTRANSPARENZ IM MARITIMEN TRANSPORT .....	31

<b>3</b>	<b>NUTZEN VON ETA-PROGNOSEN IM MARITIMEN TRANSPORT .....</b>	<b>41</b>
3.1	DEFINITION DES BEGRIFFES „ESTIMATED TIME OF ARRIVAL“ .....	41
3.2	EINORDNUNG IN DEN KONTEXT VON INDUSTRIE 4.0 .....	42
3.3	ANALYSE VON POTENTIALEN UND ANWENDUNGSFÄLLEN EINER ETA.....	44
3.3.1	Analyse bestehender Literatur .....	44
3.3.2	Analyse im Rahmen der Expertenbefragung.....	46
3.4	ABLEITUNG VON ZIELEN UND ANFORDERUNGEN FÜR DIE ENTWICKLUNG .....	51
<b>4</b>	<b>GRUNDLAGEN DES MASCHINELLEN LERNENS.....</b>	<b>53</b>
4.1	EINORDNUNG IN DAS FELD DER KÜNSTLICHEN INTELLIGENZ .....	53
4.1.1	Definitionsansätze für KI .....	53
4.1.2	Teilgebiete der KI.....	55
4.2	DEFINITION UND ARTEN VON MASCHINELLEM LERNEN .....	57
4.2.1	Überwachtes Lernen.....	59
4.2.2	Unüberwachtes Lernen.....	63
4.3	VERFAHREN DES MASCHINELLEN LERNENS.....	65
4.3.1	Systematisierung verfügbarer Lernverfahren .....	65
4.3.2	Beschreibung ausgewählter Verfahren .....	68
4.4	ML-BEZOGENE VORGEHENSMODELLE UND NORMEN .....	79
<b>5</b>	<b>TECHNISCHER FORSCHUNGSSTAND ZUR ETA-PROGNOSE.....</b>	<b>83</b>
5.1	TYOLOGISIERUNG VON ANSÄTZEN ZUR ETA-PROGNOSE.....	83
5.2	STAND DER FORSCHUNG ZUR TECHNISCHEN UMSETZUNG .....	84
5.2.1	Ansätze für Verkehrsträger Schiene .....	87
5.2.2	Ansätze für Verkehrsträger Wasser .....	91
5.2.3	Ansätze für Verkehrsträger Straße .....	94
5.3	IMPLIKATIONEN FÜR DIE WEITERE FORSCHUNG.....	97
<b>6</b>	<b>KONZEPTENTWICKLUNG.....</b>	<b>99</b>
6.1	TECHNISCHER LÖSUNGSANSATZ .....	100
6.1.1	Reales System .....	101
6.1.2	Allgemeine Eigenschaften einer ETA-Prognose .....	104
6.1.3	Prognoseansatz für Prozessketten .....	108

6.1.4	Prognoseansätze für Transportprozesse .....	114
6.1.5	Prognoseansätze für Knotenprozesse .....	119
6.1.6	Prinzipien zur Aktualisierung der ETA-Information .....	124
6.1.7	Bestimmung der Datengrundlage .....	127
6.1.8	Auswahl geeigneter ML-Verfahren.....	134
6.1.9	Architektur des Prognosesystems.....	137
6.2	METHODISCHER LÖSUNGSANSATZ.....	140
6.2.1	Vorgehensmodell.....	140
6.2.2	Umsetzung und Betrieb der Lösung.....	146
<b>7</b>	<b>UMSETZUNG FÜR DEN STRAÙE-SCHIENE-KV (PRAXISFALL 1).....</b>	<b>149</b>
7.1	METHODIK DER PROTOTYPISCHEN UMSETZUNG .....	149
7.1.1	Vorgehen zur Umsetzung und Bewertung von Prognoseansätzen .....	149
7.1.2	GütemaÙe zur Evaluation der Modelle.....	154
7.1.3	Verwendete Programmiersprachen und Softwarebibliotheken .....	158
7.2	SYSTEMANALYSE.....	158
7.2.1	Prozessanalyse .....	158
7.2.2	Analyse von Einflussfaktoren und Störungen.....	162
7.3	ANFORDERUNGSANALYSE .....	164
7.4	DATENBESCHAFFUNG UND -EXPLORATION.....	169
7.5	KONZEPTION DES PROGNOSEANSATZES FÜR GESAMTKETTE.....	172
7.6	PROTOTYPISCHE UMSETZUNG DES TEILPROBLEMS STRAÙENTRANSPORT .....	174
7.6.1	Konzeption von Prognoseansätzen .....	175
7.6.2	Datenaufbereitung und -analyse .....	177
7.6.3	Modellumsetzung.....	185
7.6.4	Modellevaluierung.....	187
7.6.5	Diskussion der Teilergebnisse .....	190
7.7	PROTOTYPISCHE UMSETZUNG DES TEILPROBLEMS SCHIENENTRANSPORT.....	192
7.7.1	Konzeption von Prognoseansätzen .....	193
7.7.2	Datenaufbereitung und -analyse .....	196
7.7.3	Modellumsetzung.....	208
7.7.4	Modellevaluierung.....	209
7.7.5	Diskussion der Teilergebnisse .....	214

7.8	PROTOTYPISCHE UMSETZUNG DES TEILPROBLEMS RANGIERBAHNHOF .....	217
7.8.1	Konzeption von Prognoseansätzen .....	217
7.8.2	Datenaufbereitung und -analyse .....	220
7.8.3	Modellumsetzung.....	226
7.8.4	Modellevaluierung.....	229
7.8.5	Diskussion der Teilergebnisse .....	232
<b>8</b>	<b>UMSETZUNG FÜR DIE BINNENSCHIFFFAHRT (PRAXISFALL 2) .....</b>	<b>235</b>
8.1	SYSTEMANALYSE.....	235
8.1.1	Prozessanalyse .....	235
8.1.2	Analyse von Einflussfaktoren und Störungen.....	239
8.2	ANFORDERUNGSANALYSE .....	242
8.3	DATENBESCHAFFUNG UND -EXPLORATION.....	245
8.4	KONZEPTION .....	250
8.4.1	Identifizierung der Teilprobleme für die Gesamtkette .....	250
8.4.2	Ansatz für die Prognose der Transportdauer (Hafen-zu-Hafen) .....	251
8.5	DATENAUFBEREITUNG UND -ANALYSE .....	253
8.5.1	Ermittlung relevanter Schiffsfahrten .....	254
8.5.2	Feature Engineering .....	257
8.6	MODELLUMSETZUNG.....	262
8.6.1	Auswahl geeigneter Lernverfahren .....	262
8.6.2	Modelltraining .....	262
8.7	MODELLEVALUIERUNG .....	263
8.8	DISKUSSION DER TEILERGEBNISSE .....	267
<b>9</b>	<b>ABLEITUNG UND DISKUSSION ZENTRALER ERKENNTNISSE .....</b>	<b>269</b>
9.1	KONZEPTBEWERTUNG .....	269
9.2	MACHBARKEIT UND PRAKTISCHE UMSETZUNG .....	271
9.2.1	Umsetzbarkeit in Abhängigkeit des Teilprozesses .....	271
9.2.2	Datengrundlage .....	274
9.2.3	Einfluss des Lernverfahrens .....	276
9.3	HERAUSFORDERUNGEN UND GRENZEN DER UMSETZUNG .....	279

<b>10</b>	<b>FAZIT UND AUSBLICK .....</b>	<b>285</b>
10.1	BEANTWORTUNG DER FORSCHUNGSFRAGEN .....	285
10.2	KRITISCHE WÜRDIGUNG UND LIMITATIONEN .....	291
10.2.1	Wissenschaftlicher und praxisbezogener Beitrag der Arbeit .....	291
10.2.2	Limitationen der Methodik und Erkenntnisse.....	292
10.3	AUSBLICK AUF ZUKÜNFTIGEN FORSCHUNGSBEDARF .....	295
	<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>299</b>
	<b>ANHANG .....</b>	<b>315</b>