

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Betonfahrbahnherstellung	2
1.1.1	Mischprozess und -analyse	4
1.1.2	Betonverhalten während des Hydrierens	5
1.1.3	Digitalisierung im Bauwesen	7
1.2	Zielsetzung und Gliederung der Arbeit	9
2	Betonfahrbahnherstellung in der Baupraxis	11
2.1	Betonherstellung	12
2.2	Materiallogistik	15
2.3	Einbau	16
2.4	Nachbearbeitung	19
2.4.1	Sprühen	19
2.4.2	Auskehren	20
2.4.3	Fugenschneiden	22
2.5	Kenngößen der Fahrbahn	23
2.6	Baustellenmesskampagne	25
2.6.1	Betonherstellung	27
2.6.1.1	Qualitätssicherung des Betonlabors	27
2.6.1.2	Digitalen Lieferscheine der Mischanlage	30
2.6.1.3	Analyse der Mischleistung	39
2.6.2	Materiallogistik	45
2.6.3	Einbau	48
2.6.4	Nachbearbeitung	52
2.7	Herausforderungen an die Digitalisierung der Baustelle	54
3	Prozessinformationssystem und Tools zur Prozessüberwachung	59
3.1	Ereignisdiskretes Prozessmodell	59
3.2	Aufbereitung der georeferenzierten Information	61
3.2.1	Ereignisdiskrete Datenverarbeitung der Fahrzeugpositionen in der Materiallogistik	61
3.2.2	Transformation der GPS Koordinaten in das lokale Baustellenkoordinatensystem	65
3.2.3	Aufbau eines linearen Koordinatensystems mit GPS Daten	68
3.3	Datenmodellierung des zentralen Prozessinformationssystem	70
3.3.1	Datenquellen auf der Baustelle	70

3.3.2	Buchungssystem der Maschinenschnittstellen	75
3.3.3	Datenstruktur der Baustelle	76
3.4	Realisierung des Prozessinformationssystems	78
3.4.1	Konzept und Anforderungen zur Digitalisierung	79
3.4.2	Aufbau der Digitalisierungsinfrastruktur	80
3.4.3	BF4.0 WebApp	82
3.4.4	Manuelle Datenerfassung	83
3.4.5	Buchungssystem der Maschinenschnittstellen	86
3.4.6	Echtzeitübersichten	88
	3.4.6.1 Betonherstellung	89
	3.4.6.2 Einbau	92
	3.4.6.3 Nachbearbeitung	94
3.5	Validierung im baupraktischen Einsatz	96
3.5.1	Nutzerakzeptanz	97
3.5.2	Rückverfolgbarkeit	98
3.6	Cyber-physikalische Modelle	105
3.6.1	Störgrößenbeobachter im Mischprozess	106
	3.6.1.1 Einleitung	106
	3.6.1.2 Der Doppelwellenmischer	107
	3.6.1.3 Beobachterentwurf	111
	3.6.1.4 Experimentelle Ergebnisse	116
	3.6.1.5 Zusammenfassung	118
3.6.2	Aushärteverhalten von Beton	120
	3.6.2.1 Einleitung	120
	3.6.2.2 Materialmodell	121
	3.6.2.3 Experimentelles Setup	123
	3.6.2.4 Parameteridentifikation und Validierung	127
	3.6.2.5 Zusammenfassung	131
3.6.3	Beurteilung der Fahrbahnoberfläche und der Schichtdicke an- hand von Hochgeschwindigkeits-LiDAR Technologie	133
	3.6.3.1 Einleitung	134
	3.6.3.2 Messmethode und -analyse	137
	3.6.3.3 Ergebnisse	143
	3.6.3.4 Zusammenfassung	149
4	Zusammenfassung	151
A	Zusätzliche Informationen	155
A.1	Streudiagramm-Matrix der Qualitätssicherung des Betons	155
A.2	Manuelle Eingriffe in die Wasserdosierung	157
A.3	Feuchte Korrektur im Sand 0/4 der BS4	159
A.4	Histogramm des Sandes 0/4 und des Splitts 2/5 der Baustelle BS4 im Unterbeton	161

A.5 Beschreibung der Herstellung einer LKW Ladung	163
A.6 Streudiagramm-Matrix der chargenbezogenen Kennwerte	165
A.7 Beispielanfrage zur Mischanlagen API	168
A.8 Beispielanfrage zur Fertiger API	171
A.9 Datenklassen der Baustelle	174
Abkürzungsverzeichnis	177
Abbildungsverzeichnis	179
Literatur	185