

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	iii
Abkürzungsverzeichnis	ix
Bildverzeichnis	xiii
Tabellenverzeichnis	xix
1 Simulationsbasierte Regelung von Fertigungsabläufen	1
2 Identifikation von Handlungsbedarfen in der betriebsbegleitenden simulationsgestützten Optimierung.....	7
2.1 Herstellung von Kalksandsteinen.....	7
2.1.1 Fertigungsprozesse und Materialflüsse bei der Kalksandsteinherstellung.....	8
2.1.2 Informationsflüsse zur Steuerung der Materialströme.....	17
2.1.3 Klassifizierung des Prozesses.....	21
2.1.4 Zukunftsfähigkeit und Handlungsbedarf	26
2.2 Optimierungsverfahren für die Steuerung von Produktionsabläufen.....	27
2.2.1 Evolution der Produktionsplanung und -steuerung	28
2.2.2 Verfahren zur Absatzplanung als Basis für die Planung des Produktionsprogramms	34
2.2.3 Scheduling-Probleme zur simultanen Mengen-, Termin-, Kapazitäts- und Reihenfolgeplanung.....	37
2.2.4 Exakte Algorithmen und heuristische Optimierungsmethoden.....	41
2.2.5 Simulationsgestützte Optimierung.....	43
2.3 Simulation zur effizienten Steuerung von Produktionsabläufen.....	44
2.3.1 Simulationsmethoden in der Wertstromoptimierung.....	45
2.3.2 Modellerstellung für ereignisdiskrete Materialflusssimulationen.....	47
2.3.3 Einsatzvarianten für Materialflusssimulationen.....	49
2.3.4 Betriebsbegleitende Simulation.....	50
2.3.5 Ansätze zum Einbezug von Energieverbräuchen in Materialflusssimulationen.....	53
2.4 Unternehmensweite Datenintegration	55
2.4.1 Wandel der Automatisierung im Kontext von Industrie 4.0....	55
2.4.2 Standards und Hürden der Betriebs- und Maschinendatenerfassung	58
2.4.3 OPC UA als Kommunikationsstandard in der Produktion	60

2.4.4	Überwachung von Fertigungsprozessen durch Data Analytics	62
2.5	Ableitung des Forschungsbedarfs unter Abgrenzung bestehender Forschungsansätze.....	66
3	Effiziente Simulationsmodelle als operatives Werkzeug zur Identifikation und Bewertung von Verbesserungspotenzialen	75
3.1	Modellierung der Materialflüsse in Kalksandsteinwerken zur ereignisdiskreten Simulation	75
3.1.1	Einsatzmöglichkeiten der Materialflusssimulation im Kalksandsteinwerk	76
3.1.2	Abbildung des Produktionsprozesses in einem generischen Baukasten-Modell	79
3.1.3	Integrierte Modellierung von Schüttgut und Stückgut in einer ereignisdiskreten Simulation	84
3.1.4	Anforderungsdefinition für die Härteprozessmodellierung	88
3.2	Energieflüsse im Herstellungsprozess für Kalksandsteine	91
3.2.1	Integration elektrischer Energieverbräuche anhand von Lastprofilen	91
3.2.2	Modellierung des thermischen Verhaltens der Werkstoffe vor dem Härteprozess	97
3.3	Physikalische Modellierung der thermodynamischen Wechselwirkungen beim Härteprozess.....	101
3.3.1	Grundlegende thermodynamische Zusammenhänge im Härteprozess	102
3.3.2	Temperatur- und Druckanstieg während der Aufheizphase ..	105
3.3.3	Druckregelung während der Halte- und Restdampfphase	109
3.3.4	Dampfabgabe während der Abkühlungsphase.....	113
4	Verfahren zur automatisierten Generierung optimierter Fertigungsabläufe mittels Kopplung von Algorithmen und Simulationsmodellen	119
4.1	Ganzheitliche simulationsgestützte Optimierung der Auftragssteuerung in der Kalksandsteinherstellung	119
4.1.1	Ziele und Komplexitätstreiber im Zusammenwirken der Prozessschritte	120
4.1.2	Dekompositionsverfahren zur Lösung des ganzheitlichen Problems	121
4.1.3	Ganzheitliches Lösungskonzept auf Basis der Dekomposition	125

4.2	Verfahren zur Ermittlung optimaler Losgrößen und zur Reihenfolgeplanung	128
4.2.1	Methodik zur Absatzplanung in KS-Werken	129
4.2.2	Optimierungsmodell zur Losgrößenoptimierung und Reihenfolgeplanung	133
4.2.3	Zugeschnittene Lösungsheuristik	137
4.3	Simulationsgestützte Optimierung der Autoklavenbeladung	138
4.3.1	Optimierungsansätze und Ziele	139
4.3.2	Lösungsverfahren	141
4.4	Zielgerechte Anpassung der initialen und abschließenden Produktionsstufen an die optimierten Hauptprozesse	145
4.4.1	Kapazitätsprüfung für den Verpackungsbereich	145
4.4.2	Rückwärtsterminierung der Mischaufträge	146
5	Methodik zur ressourceneffizienten Regelung der Produktionsprozesse durch betriebsbegleitende simulationsgestützte Optimierung.....	149
5.1	Regelungsmethodik zur vorausschauenden Reaktion auf Planabweichungen	150
5.1.1	Ablauf der Fertigungsregelung auf Basis betriebsbegleitender simulationsgestützter Optimierung	150
5.1.2	Identifizierung kritischer Planabweichungen.....	153
5.1.3	Voraussimulation zur Initialisierung des Optimierungsmodells mit künftig vorliegenden Produktionszuständen	154
5.1.4	Optimierung, Bewertung und regelnder Eingriff auf die Fertigungsabläufe.....	156
5.2	Echtzeitnahe digitale Abbildung der Produktion durch Integration relevanter Betriebs- und Maschinendaten	158
5.2.1	Konzipierung der Erfassung und Bereitstellung relevanter Daten	159
5.2.2	Technische Anbindung des KS-Cockpit an Automatisierungssysteme	161
5.2.3	Implementierung des betriebsbegleitenden Simulationsmodells	163
5.3	Implementierung der Methodik zur simulationsgestützten Fertigungsregelung	169
5.3.1	Aufbaustruktur des KS-Cockpit aus einzelnen Komponenten.....	169
5.3.2	Kommunikation zwischen den Komponenten des KS-Cockpit	171

6	Validierung und Umsetzung des Gesamtsystems	175
6.1	Evaluierung der Simulationsmodellierung.....	175
6.2	Bewertung der Eignung der Optimierungsverfahren.....	179
6.3	Validierung der Methodik zur simulationsbasierten Fertigungsregelung	180
6.4	Übertragbarkeit der Forschungsergebnisse auf andere Anwendungen	184
7	Zusammenfassung und Ausblick	187
8	Summary and Outlook	191
	Literaturverzeichnis	195