

Inhaltsverzeichnis

Nomenklatur	VII
1 Einleitung	1
1.1 Stand der Forschung und Technik - Maschinelles Lernen in der Produktion	4
1.2 Motivation und Zielsetzung	8
1.3 Strukturierung der Arbeit	10
2 Problemformulierung	11
2.1 Systembeschreibung	11
2.1.1 Anforderungen an die industrielle Produktion	13
2.1.2 Das Optimierungsproblem	14
3 Verteiltes Maschinelles Lernen	15
3.1 Reinforcement Learning	15
3.1.1 Q-Learning	17
3.1.2 Actor-Critic Reinforcement Learning	18
3.1.3 Künstliche Neuronale Netze als Funktionsapproximatoren	21
3.2 Die Spieltheorie als rationales Werkzeug der Künstlichen Intelligenz	23
3.2.1 Übersicht der wichtigsten Spielformen	25
3.2.2 Optimale Lösungsstrategien	26
3.2.3 Potentialspiele	28
3.2.4 Zustandsbasierte Potentialspiele	29
3.3 Relation zwischen Spieltheorie und Reinforcement Learning	31
3.4 Zusammenfassung	31
4 Verteilte Produktionssysteme als Potentialspiele	33
4.1 Modellierung von modularen Produktionssystemen	33
4.2 Definition der globalen und lokalen Nutzenfunktionen	34
4.3 Lernszenarien	35
4.3.1 Lernen mit zufälliger Initialisierung	36
4.3.2 SPS-informiertes Lernen	38
4.3.3 Meta-Lernen	43
4.4 Zusammenfassung	45
5 Lernverfahren für Potentialspiele	47
5.1 Verteiltes Reinforcement Learning	47
5.2 Spieltheoretische Lernalgorithmen	49
5.2.1 Synchrones und asynchrones Lernen	49
5.2.2 1-Recall Reinforcement Learning	51
5.2.3 Log-Lineares Lernen	52

5.2.4	Interpolierende zustandsbasierte Potentialspiele	53
5.2.5	Kommunikationsbasiertes Lernen	57
5.2.6	Lernen mit Gedächtnis	58
5.3	Zusammenfassung	60
6	Applikationen und Ergebnisse	61
6.1	Modulare Prozess- und Produktionsanlagen: Beispiel Schüttgutanlage . . .	61
6.1.1	Modellierung des Systems	62
6.1.2	Produktionsszenarien	63
6.1.3	Grundsätzlicher Spielaufbau für die Lernszenarien	64
6.2	Lernen mit zufälliger Initialisierung	68
6.2.1	Ergebnisse für die globale Interpolation	68
6.2.2	Vergleich der Algorithmen	75
6.2.3	Vergleich von globaler mit lokaler Interpolation	78
6.2.4	Vergleich von synchronem mit asynchronem Lernen	80
6.2.5	Vergleich der Kommunikationsformen	80
6.2.6	Lernen mit Gedächtnis	85
6.2.7	Generalisierung	86
6.2.8	Diskussion	88
6.3	SPS-informiertes Lernen	89
6.3.1	Umsetzung	89
6.3.2	Ergebnisse	89
6.4	Meta-Lernen	92
6.4.1	Umsetzung	92
6.4.2	Ergebnisse	94
6.5	Zusammenfassung	97
7	SPS-Implementierung maschineller Lernalgorithmen	99
7.1	Hardware	99
7.2	Software	100
7.3	Implementierung	101
7.4	Ergebnisse	103
7.5	Zusammenfassung	105
8	Zusammenfassung und Ausblick	107
A	Anhang	109
A.1	SPS-Programm	109
A.2	Daten zur Schüttgutanlage	111
A.3	Hyperparameterwerte der Lernalgorithmen	114
	Literaturverzeichnis	117