

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen- und Abkürzungsverzeichnis	ix
1 Einleitung	1
1.1 Problemstellung	2
1.2 Aufgabenstellung und Aufbau der Arbeit	4
2 Wissenschaftliche Grundlagen und Stand der Forschung	7
2.1 Definitionen	7
2.2 Die Anpassungskonstruktion	9
2.2.1 Der Konstruktionsprozess	9
2.2.2 Die Einordnung nach Konstruktionsarten	12
2.2.3 Die Abgrenzung der Anpassungskonstruktion	18
2.2.4 Zusammenfassung der Anpassungskonstruktion	18
2.3 Die Automatisierung des Konstruktionsprozesses	19
2.3.1 Die Charakterisierungsmöglichkeiten der Automatisierung	20
2.3.2 Inhärente Limitationen der Automatisierung	23
2.3.3 Die Forschungslandschaft der Automatisierten Anpassungskonstruktion	27
2.3.4 Die Rechnerunterstützten Systeme	29
2.3.5 Die Strukturoptimierung	34
2.3.6 Die Wissensbasierte Produktentwicklung	39
2.3.7 Das Maschinelle Lernen	44
2.3.8 Zusammenfassung Automatisierung	49
2.4 Das Selbstverstärkende Maschinelle Lernen	49
2.4.1 Die Entscheidungsprobleme nach Markov	50
2.4.2 Das Q-Learning	54
2.4.3 Das Künstliche Neuronale Netz	55
2.4.4 Das Deep Q-Learning	57
2.4.5 Das Selbstverstärkende Lernen in der Produktentwicklung	58
2.4.6 Zusammenfassung Selbstverstärkendes Lernen	59
3 Ableitung des Handlungsbedarfs und der Forschungsfragen	61
3.1 Fazit aus den wissenschaftlichen Grundlagen	61
3.2 Ableitung des Forschungsbedarfs	63
3.3 Ableitung der Forschungsfragen	64

4 Aufbau der Arbeit	65
5 Das Konzept des Selbstverstärkenden Lernens zur Automatisierung der Anpassungskonstruktion	69
5.1 Das Computer-verarbeitbare Modell der Anpassungskonstruktion	69
5.1.1 Das Modell der Anpassungskonstruktion	70
5.1.2 Die Wissensrepräsentation der Anpassungskonstruktion	74
5.1.3 Zusammenfassung des computer-verarbeitbaren Modells der Anpassungskonstruktion	76
5.2 Der Aufbau des Selbstverstärkenden Lernprozesses für die Anpassungskonstruktion	77
5.2.1 Die Komponenten und ihr Zusammenspiel	77
5.2.2 Die Relevanz der Nutzerinteraktion	83
5.2.3 Zusammenfassung des Zusammenspiels der Komponenten	87
5.3 Die Überführung von Konstruktionsaufgaben in Lernumgebungen	87
5.3.1 Die Darstellung der Merkmale als Parameter Grid	88
5.3.2 Die Darstellung der Anforderungen als Belohnungsfunktionen	88
5.3.3 Zusammenfassung der Überführung der Konstruktionsaufgaben	89
5.4 Die Stellschrauben für Produktentwickelnde	89
5.4.1 Die Stellschrauben der zeitlichen Abfolge	91
5.4.2 Die Stellschrauben der Explorations-Strategie	92
5.4.3 Die Stellschrauben der Netzarchitektur	93
5.4.4 Die Stellschrauben der Netzanpassung	93
5.4.5 Zusammenfassung der Stellschrauben	94
5.5 Indikatoren für das Lernverhalten und den Trainingsaufwand	96
5.5.1 Der Loss	97
5.5.2 Der Reward	98
5.5.3 Der Regret	99
5.5.4 Der Trainingsaufwand	100
5.5.5 Zusammenfassung der Indikatoren	100
5.6 Das Konzept für Übertragung auf nachfolgende Produktgenerationen	101
5.7 Zusammenfassung der vorgestellten Konzepte	103

6 Die Umsetzung des Modells und des Automatisierungswerkzeugs	105
6.1 Die Modellerstellung	106
6.1.1 Die Applikation für die Modellerstellung	107
6.1.2 Die Anwenderinteraktion bei der Modellerstellung	110
6.1.3 Zusammenfassung zur Modellerstellung	113
6.2 Die Steuerung des Selbstverstärkenden Lernprozesses	114
6.2.1 Die Architektur des Automatisierungswerkzeugs . .	114
6.2.2 Die Anwenderschnittstelle zur Übergabe von Konstruktionsaufgaben	116
6.2.3 Die Anwenderschnittstelle zur Einstellung der Hyperparameter	118
6.2.4 Die Anwenderschnittstelle zur Evaluation der Indikatoren	120
6.2.5 Zusammenfassung zur Steuerung des Selbstverstärkenden Lernprozesses	120
7 Anwendungsbeispiele für automatisierte Anpassungskonstruktionen	123
7.1 Das Modell des Anpassungsprozesses für individualisierte Produkte	124
7.2 Machbarkeitsstudie	127
7.2.1 Die Ergebnisse des Kurbelarms	128
7.2.2 Die Ergebnisse der Umlenkkippe	131
7.2.3 Die Ergebnisse des Bremshebels	134
7.2.4 Zwischenfazit zur Machbarkeitsstudie	137
7.3 Hyperparameterstudie	137
7.3.1 Effekte der Hyperparameter der Explorations-Strategie	138
7.3.2 Effekte der Hyperparameter der Netzanpassung . .	139
7.3.3 Effekte der Hyperparameter der Netzarchitektur . .	141
7.3.4 Zwischenfazit zur Hyperparameterstudie	141
7.4 Transferstudie	142
8 Diskussion der Erkenntnisse hinsichtlich der Forschungsfragen	145
9 Zusammenfassung und Ausblick	153
10 Summary and Outlook	157
Anhang	161
Appendix: Exemplarische Umsetzung in Python	161

Appendix: Zusätzliche Auswertungen der Anwendungsbeispiele	181
Literaturverzeichnis	182