

# Inhaltsverzeichnis

<b>Formelzeichen- und Abkürzungsverzeichnis . . . . .</b>	<b>ix</b>
<b>1 Einleitung . . . . .</b>	<b>1</b>
1.1 Problemstellung . . . . .	2
1.2 Aufgabenstellung und Aufbau der Arbeit . . . . .	4
<b>2 Wissenschaftliche Grundlagen und Stand der Forschung . .</b>	<b>7</b>
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
<b>3 Ableitung des Handlungsbedarfs und der Forschungsfragen</b>	<b>61</b>
3.1 Fazit aus den wissenschaftlichen Grundlagen . . . . .	61
3.2 Ableitung des Forschungsbedarfs . . . . .	63
3.3 Ableitung der Forschungsfragen . . . . .	64

<b>4</b>	<b>Aufbau der Arbeit</b>	<b>65</b>
<b>5</b>	<b>Das Konzept des Selbstverstärkenden Lernens zur Automatisierung der Anpassungskonstruktion</b>	<b>69</b>
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 Umlenkwinde . . . . . 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
<b>Literaturverzeichnis . . . . .</b>	<b>182</b>