

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>xi</b>
<b>Formelzeichen</b>	<b>xiii</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>xv</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>xvii</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Zielsetzung . . . . .	2
1.2 Aufbau der Arbeit . . . . .	4
<b>2 Grundlagen</b>	<b>7</b>
2.1 Künstliche Neuronale Netzwerke . . . . .	7
2.1.1 Erlernbare Schichten . . . . .	10
2.1.2 2-D Pooling . . . . .	13
2.1.3 Aktivierungsfunktionen . . . . .	15
2.1.4 Fehlerfunktionen . . . . .	16
2.1.5 Optimierung der Modelle . . . . .	19
2.2 Angelernte bildgenerierende Verfahren . . . . .	22
2.2.1 Generative Adversarial Networks . . . . .	22
2.2.2 Adversarial Autoencoder . . . . .	24
<b>3 Datengenerierung und Entwicklung von Algorithmen zur Vorverarbeitung von perspektivisch verzerrten Bilddaten</b>	<b>27</b>
3.1 Versuchsträger und Messmethodik . . . . .	28

3.1.1	Eingesetzte Bildsensorik . . . . .	28
3.1.2	Versuchsaufbau . . . . .	29
3.1.3	Messmethodik . . . . .	31
3.2	Entwicklung von Algorithmen zur Vorverarbeitung von perspektivisch verzerrten Bilddaten . . . . .	36
3.2.1	Kalibrierung des Bildsensors . . . . .	37
3.2.2	Bestimmung des relevanten Bildbereichs . . . . .	37
3.2.3	Berechnung einer künstlichen Bildperspektive . . . . .	43
3.2.4	Detektion der einzelnen Kavitäten . . . . .	45
3.3	Zusammenfassung und Ausblick . . . . .	50
<b>4</b>	<b>Innovative Verfahren zur industriellen Qualitätssicherung mithilfe von faltenden neuronalen Netzwerken</b>	<b>53</b>
4.1	Datenbasis . . . . .	54
4.2	Faltende neuronale Netzwerkfamilie als Klassifikatoren . . . . .	60
4.3	Evaluierung der Klassifikatoren . . . . .	64
4.3.1	Trainings- und Evaluationsmethodik . . . . .	64
4.3.2	Struktur der Ergebnistabellen der Evaluierung . . . . .	67
4.3.3	Zweiklassenklassifikationsproblem . . . . .	68
4.3.4	Dreiklassenklassifikationsproblem . . . . .	69
4.3.4.1	Zum Raspberry Pi korrespondierende Netzwerke	69
4.3.4.2	Zur Spiegelreflexkamera entsprechende Modelle	72
4.4	Untersuchung von Modellen mit monochromen Bildeingabedaten	75
4.4.1	Zum Raspberry Pi korrespondierende Netzwerke . . . . .	75
4.4.2	Zur Spiegelreflexkamera entsprechende Modelle . . . . .	77
4.5	Blindspot-Problematik . . . . .	78
4.6	Zusammenfassung und Bewertung . . . . .	81
<b>5</b>	<b>Entwicklung einer neuartigen Methode zur Klassifikation von Bildpaaren mittels Fusion innerhalb faltender neuronaler Netzwerke und Vergleich mit anderen Fusionsstrategien</b>	<b>85</b>
5.1	Verbesserter Versuchsaufbau mit zwei Kameras . . . . .	87
5.2	Datenbasis . . . . .	90
5.3	Referenzmodelle . . . . .	94
5.4	Neuartige Fusion verschiedener Merkmalsebenen des CNNs . . . . .	99

5.4.1	Evaluierung . . . . .	103
5.5	Fusion mittels Expertenwissen . . . . .	105
5.5.1	Evaluierung . . . . .	109
5.6	Fusion mithilfe des Satzes von Bayes . . . . .	110
5.6.1	Evaluierung . . . . .	112
5.7	Konkatenation der Eingangsbilder als naive Fusionsstrategie . .	113
5.7.1	Evaluierung . . . . .	115
5.8	Späte Fusion mittels Fusionsnetzwerk . . . . .	116
5.8.1	Evaluierung . . . . .	119
5.9	Vergleich der fünf untersuchten Fusionsstrategien . . . . .	121
5.10	Zusammenfassung und Bewertung . . . . .	123
<b>6</b>	<b>Untersuchung von kostengünstigen eingebetteten Systemen zur Implementierung von Fusionsnetzwerken</b>	<b>125</b>
6.1	Performanz von auf Desktop-Systemen implementierten Fusionsnetzwerken als Referenz . . . . .	126
6.2	Performanz eingebetteter Systeme im Kontext von Fusionsnetzwerken . . . . .	128
6.3	Zusammenfassung und Bewertung . . . . .	130
<b>7</b>	<b>Innovative Methoden zur Analyse von angelernten Fusionsnetzwerken</b>	<b>133</b>
7.1	Adaption von Grad-CAM an die vorgestellten Fusionsnetzwerke	138
7.2	Neuartige Quantifizierung des Einflusses der Eingangsbilder von Fusionsnetzwerken . . . . .	141
7.3	Beispiele . . . . .	145
7.3.1	Innenschale verkippt . . . . .	145
7.3.2	Korrekt belegte Kavität . . . . .	149
7.3.3	Mittlere Schale fehlt . . . . .	151
7.4	Zusammenfassung und Bewertung . . . . .	151
<b>8</b>	<b>Neuartige bedingte Generierung von Bildpaaren mittels Adversarial Autoencoders</b>	<b>155</b>
8.1	Encoder-Modell . . . . .	156
8.2	Diskriminator-Modell . . . . .	158

8.3	Decoder- bzw. Generator-Modell . . . . .	159
8.3.1	Frühe Integration . . . . .	159
8.3.2	Konkatenation der Kanäle . . . . .	161
8.3.3	Bedingte Instanz-Normalisierung . . . . .	164
8.4	Evaluierung der drei verschiedenen Integrationsmethoden . . . . .	166
8.4.1	Fréchet Inception Distance als Qualitätsmaß zur Bewertung synthetisch erzeugter Bildpaare . . . . .	168
8.4.2	Trainingsmethodik . . . . .	170
8.4.3	Ergebnisse . . . . .	172
8.5	Untersuchung synthetisch erzeugter Bildpaare als zusätzliche Trainingsdaten für Fusionsnetzwerke . . . . .	182
8.6	Zusammenfassung und Bewertung . . . . .	184
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>187</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>		<b>191</b>
<b>A</b>	<b>Anhang</b>	<b>203</b>
A.1	Verschiedene Definitionen der Kreuzkorrelationsfunktion . . . . .	203
A.2	Konfusionsmatrizen der Referenzmodelle bzgl. der Validierungsdaten . . . . .	204
A.3	Quantifizierung des Einflusses für MVFNNs mit mehr als zwei Eingaben . . . . .	205
A.4	Bildpaare aus dem Trainingsdatensatz . . . . .	206