

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1. Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1. Motivation	2
1.2. Problemstellung	3
1.3. Zielsetzung	4
1.4. Aufbau	5
<b>2. Wissenschaftliche Grundlagen und Stand der Technik</b>	<b>6</b>
2.1. Grundlagen des Qualitätsmanagements	7
2.1.1. Qualitätsbegriff	7
2.1.2. Qualitätsmanagementsysteme	8
2.1.3. Qualitätskosten	9
2.2. Prädiktives Qualitätsmanagement	13
2.2.1. Eingrenzung und Definition des Betrachtungsbereichs	13
2.2.2. Prädiktive Analyseverfahren	15
2.2.3. Reifegrade von Analytics-Verfahren und Qualitätsmaßnahmen	17
2.2.4. Potenzial von Predictive Testing in der Automobilindustrie	18
2.3. Qualitätsvorhersagen in der Produktion mit Fokus Automobilindustrie	20
2.3.1. Identifikation relevanter Arbeiten	20
2.3.2. Schema zur Analyse und Bewertung der Arbeiten	21
2.3.3. Analyse relevanter Arbeiten aus der Automobilindustrie	22
2.3.4. Ergebnis der Bewertung der Arbeiten zur Qualitätsvorhersage	26
2.4. Grundlagen des Machine Learning	29
2.4.1. Einführung in die Künstliche Intelligenz	29
2.4.2. Drei Arten des Machine Learning	31
2.4.3. Algorithmen des überwachten Lernens	33
2.4.4. Möglichkeiten zur Leistungsevaluierung	39
2.5. Machine Learning Vorgehensmodelle	44
2.5.1. Identifikation relevanter Machine Learning Vorgehensmodelle	44
2.5.2. Schema zur Analyse und Bewertung von Machine Learning Vorgehensmodellen	45
2.5.3. Analyse relevanter Machine Learning Vorgehensmodelle	46
2.5.4. Ergebnis der Bewertung von Machine Learning Vorgehensmodellen	53
2.6. Forschungsbedarf und Forschungsfrage	54

<b>3. Entwicklung des neuen Vorgehensmodells DZKI-PQ</b>	<b>56</b>
3.1. Zielsetzung, Aufbau und Inhalt des Vorgehensmodells DZKI-PQ . . . .	57
3.1.1. Zielsetzung des Vorgehensmodells DZKI-PQ . . . . .	57
3.1.2. Aufbau des Vorgehensmodells DZKI-PQ . . . . .	58
3.2. Anwendungsfall . . . . .	59
3.2.1. Definition des Geschäftsziels . . . . .	59
3.2.2. Definition des Projektziels . . . . .	59
3.2.3. Transfer des Projektziels in einen Machine Learning Ansatz . . .	60
3.2.4. Bewertung der Eignung einer Machine Learning Anwendung . .	60
3.2.5. Definition der Machine Learning Aufgabenstellung . . . . .	61
3.2.6. Festlegung des IT- und ML-Setups . . . . .	61
3.3. Datengrundlage . . . . .	62
3.3.1. Identifikation und Bewertung der Zieldatenquelle . . . . .	62
3.3.2. Anforderungsanalyse zur Definition von Zielgrößen . . . . .	63
3.3.3. Identifikation und Bewertung der Eingangsdatenquellen . . . .	64
3.3.4. Anforderungsanalyse zur Selektion von Merkmalen . . . . .	64
3.3.5. Synthese der Eingangs- und Zieldaten . . . . .	65
3.4. Datenverständnis . . . . .	65
3.4.1. Ermittlung der Eigenschaften der Merkmale . . . . .	65
3.4.2. Analyse der Konsistenz der Merkmale . . . . .	66
3.4.3. Analyse der Validität der Merkmale . . . . .	68
3.4.4. Analyse der Qualität der Zielgröße . . . . .	69
3.5. Datenentwicklung . . . . .	69
3.5.1. Identifikation von Ursachen mit Fachexperten . . . . .	69
3.5.2. Ableitung von Merkmalen auf Basis von Hypothesen . . . . .	70
3.6. Datenanalyse . . . . .	71
3.6.1. Ermittlung der individuellen Verteilung der Merkmale . . . . .	72
3.6.2. Klärung der Abhängigkeiten unter Merkmalen . . . . .	72
3.6.3. Klärung der Abhängigkeit zw. Merkmalen und der Zielgröße . .	72
3.6.4. Selektion von Merkmalen als Prädiktoren . . . . .	73
3.7. Datenaufbereitung . . . . .	73
3.7.1. Analyse der Eigenschaften des Datensatzes . . . . .	74
3.7.2. Vektorisierung des Datensatzes . . . . .	74
3.7.3. Einteilung in Trainings- und Testdatensatz . . . . .	76
3.8. Modellierung . . . . .	77
3.8.1. Selektion geeigneter Algorithmen . . . . .	77
3.8.2. Initialisierung und Optimierung von Hyperparametern . . . .	77
3.9. Evaluierung . . . . .	78
3.9.1. Festlegung von Evaluierungsmetriken . . . . .	78
3.9.2. Beurteilung der Leistungsfähigkeit . . . . .	79
3.9.3. Darstellung und Interpretation der Ergebnisse . . . . .	79
<b>4. Anwendung und Bewertung des neuen Vorgehensmodells DZKI-PQ</b>	<b>81</b>
4.1. Machine Learning zur Qualitätssteigerung in der Fahrzeugmontage . .	82
4.1.1. Anwendung des Vorgehensmodells DZKI-PQ . . . . .	82
4.1.2. Versuchsaufbau . . . . .	83
4.1.3. Predictive Testing zur Optimierung der Produktqualität . . . .	83

4.2.	Qualitätsoptimierung in der Fahrzeugmontage . . . . .	85
4.2.1.	Optimierung der Produktqualität . . . . .	85
4.2.2.	Optimierung der Effizienz von Qualitätsprüfungen . . . . .	86
4.2.3.	Konzeption Fahrzeug-individueller Qualitätsprüfungen . . . . .	86
4.2.4.	Machine Learning zur Dynamisierung der Prüfstrategie . . . . .	87
4.2.5.	Binäre Klassifikation zur Vorhersage von Prüfergebnissen . . . . .	88
4.2.6.	Python als Projektsetup . . . . .	88
4.3.	Integration der Produkt-, Prozess- und Qualitätsdaten . . . . .	89
4.3.1.	Identifikation von Datenquellen der Geräuschprüfung . . . . .	89
4.3.2.	Selektion relevanter Ergebnisse der Geräuschprüfung . . . . .	90
4.3.3.	Identifikation von Datenquellen der Produkt- und Prozessdaten . . . . .	91
4.3.4.	Selektion potenzieller Produkt- und Prozessmerkmale . . . . .	91
4.3.5.	Erstellung eines finalen Datensatzes . . . . .	92
4.4.	Analyse der Charakteristika der Produkt- und Prozessmerkmale . . . . .	93
4.4.1.	Analyse der Eigenschaften der Produkt- und Prozessmerkmale . . . . .	93
4.4.2.	Analyse der Konsistenz der Produkt- und Prozessmerkmale . . . . .	94
4.4.3.	Analyse der Validität der Produkt- und Prozessmerkmale . . . . .	95
4.4.4.	Analyse der Qualität der Ergebnisse der Geräuschprüfung . . . . .	95
4.5.	Entwicklung neuer Merkmale durch Integration von Domänenwissen . . . . .	96
4.5.1.	Ishikawa-Diagramm zur Identifikation von Ursachen . . . . .	96
4.5.2.	Einsatz von Experten zur Entwicklung neuer Merkmale . . . . .	98
4.6.	Identifikation und Selektion relevanter Prädiktoren . . . . .	99
4.6.1.	Statistische Verteilungen der Produkt- und Prozessdaten . . . . .	100
4.6.2.	Erstellung einer Abhängigkeits- und Korrelationsmatrix . . . . .	101
4.6.3.	Verwendung von statistischen Hypothesentests . . . . .	104
4.6.4.	Finale Selektion der Merkmale . . . . .	109
4.7.	Entwicklung und Aufbereitung der Datensätze . . . . .	109
4.7.1.	Entwicklung der Datensätze . . . . .	109
4.7.2.	Binning und One-Hot-Encoding . . . . .	111
4.7.3.	Stratifizierte k-fache Kreuzvalidierung . . . . .	113
4.8.	Modellbildung zur Prädiktion von Prüfergebnissen . . . . .	113
4.8.1.	Logistische Regression und Random Forest . . . . .	113
4.8.2.	Verwendung standardisierter Machine Learning Modelle . . . . .	114
4.9.	Modellbewertung zur Qualitätssteigerung in der Fahrzeugmontage . . . . .	114
4.9.1.	Anwendung der Schwellenwert-Methode . . . . .	114
4.9.2.	Precision-Recall-Kurve und Konfusionmatrix . . . . .	116
4.9.3.	Potenzial zur Qualitätssteigerung . . . . .	120
<b>5.</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>122</b>
5.1.	Zusammenfassung . . . . .	123
5.2.	Ausblick . . . . .	125
	<b>Literatur</b>	<b>126</b>
<b>A.</b>	<b>Anhang</b>	<b>137</b>
A.1.	Literaturreview . . . . .	138
A.2.	Vorgehensmodell DZKI-PQ . . . . .	140
A.3.	Datenqualität . . . . .	142
A.4.	Datensatz . . . . .	143

A.5. Python Code . . . . . 144