

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abkürzungsverzeichnis	III
Formelzeichen	IV
Projektsteckbrief.....	VIII
1 Einleitung.....	1
1.1 Anlass für Forschungsvorhaben.....	1
1.2 Problemstellung	2
1.3 Zielsetzung.....	4
2 Stand der Technik.....	5
2.1 Heizelementstumpfschweißen von Kunststoffen.....	5
2.1.1 Verfahrensvarianten	5
2.1.2 Theoretische Modellierung.....	11
2.2 Prüfen von Kunststoffschweißnähten	15
2.3 Wärmestromsensoren.....	16
2.4 Maschinelles Lernen	18
2.4.1 Verfahren	19
2.4.2 Feature Selection	22
3 Lösungsweg zur Erreichung des Forschungsziels	23
4 Durchgeführte Arbeiten	25
4.1 Integration der Wärmestromsensorik in den Schweißprozess	25
4.2 Definition von Grundmaterialien und Probekörpern	29
4.3 Heizelementstumpfschweißen	32
4.4 Prüfungen der Schweißverbindungen	39
4.4.1 3-Punkt-Biegeprüfungen	39
4.4.2 Mikroskopie.....	41
4.5 Theoretische Modellierung des Wärmestromsignals.....	42
4.5.1 Analytische Betrachtung	42
4.5.2 Numerische Betrachtung	45

4.6	Anwendung von maschinellem Lernen auf die Projektdaten.....	49
4.6.1	Datenvorverarbeitung	49
4.6.2	Bewertung der Features	52
4.6.3	Modellierung.....	53
4.7	Anwendung des Projektansatzes auf industrielle Bauteile.....	54
5	Diskussion der Ergebnisse	55
5.1	Charakterisierung der Grundmaterialien	55
5.1.1	Thermische Eigenschaften	55
5.1.2	Mechanische Eigenschaften.....	59
5.2	Schweißversuche mit Wärmestrommessung.....	60
5.2.1	Auswertung des Wärmestrommesssignals.....	61
5.2.2	Vergleich von Messdaten und Modellen	65
5.3	Korrelationsanalysen	75
5.3.1	Einfluss der Prozessparameter auf den Wärmestrom	75
5.3.2	Einfluss der Prozessparameter auf die Nahtqualität	81
5.3.3	Einfluss des Wärmestroms auf die Nahtqualität.....	86
5.3.4	Korrelationen der aus Zeitreihen extrahierten Features.....	89
5.4	Prognosen der Nahtqualität durch Machine-Learning-Algorithmen	91
5.4.1	Auswahl des ML-Verfahrens.....	91
5.4.2	Feature Variationen.....	93
6	Zusammenfassung.....	99
Anhang	101
A.1	Herleitung Wärmestromdichte	101
A.2	Abhängigkeit des Fitparameters γ von der Anwärmzeit	106
A.3	Korrelationsmatrizen.....	107
Literaturverzeichnis	111