

**Beitrag zur Verarbeitung hochmanganhaltiger TWIP-Stähle in  
Stahlmischverbindung mittels Laserstrahlschweißen**

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades der Ingenieurwissenschaften

vorgelegt von

Dipl.-Ing. Friederike Graß

geboren am 09.02.1988 in Wernigerode

genehmigt von der Fakultät für Mathematik/Informatik und Maschinenbau der  
Technischen Universität Clausthal

Tag der mündlichen Prüfung

25.01.2019

**Inhaltsverzeichnis**

Vorwort.....	I
Kurzfassung .....	II
Abstract.....	II
Inhaltsverzeichnis.....	III
Abkürzungen und Formelzeichen .....	VI
1 Einleitung .....	1
2 Stand der Technik und Forschung.....	3
2.1 Laserstrahlschweißen .....	3
2.1.1 Wechselwirkung von Laserstrahlung und Materie.....	3
2.1.2 Schweißen mit Laserstrahlung .....	5
2.2 Hochmanganhaltige Stähle.....	6
2.2.1 Legierungskonzepte von FeMn-Stählen .....	6
2.2.2 Wirkweisen der Legierungselemente.....	7
2.2.3 Verformungsmechanismen.....	8
2.2.4 Physikalische und mechanische Eigenschaften von FeMn-Stählen.....	11
2.2.5 Herstellungsverfahren von hochmanganhaltigen Stählen.....	12
2.2.6 Schweißtechnische Verarbeitung der hochmanganhaltigen TWIP-Stähle.....	13
2.3 Stahlmischverbindungen.....	15
2.3.1 Schweißen von Schwarz-Weiß-Verbindungen.....	16
2.3.2 Schweißzusatzwerkstoffe für Schwarz-Weiß-Verbindungen.....	17
3 Ausgangssituation und Forschungsziel.....	20
4 Lösungsansatz .....	22
5 Versuchsgrundwerkstoffe .....	24
6 Anlagen- und Prüftechnik .....	26
6.1 Laserstrahlschweißanlage.....	26

6.2 Prüftechnik .....	27
6.2.1 Metallographische Untersuchungen und Ermittlung der Härteverteilung .....	27
6.2.2 WDX – Elektronenstrahlmikrosondenanalyse (ESMA) .....	28
6.2.3 Tiefungsversuch nach Erichsen .....	28
6.2.4 Quasistatische Zugversuche .....	29
6.2.5 Dynamische Schwingungsprüfung .....	29
6.2.6 Schadensanalyse mittels Rasterelektronenmikroskop .....	30
7 Versuchsaufbau und –durchführung .....	31
8 Einsatz von Schweißzusatzwerkstoffen .....	32
8.1 Auswahl der verwendeten Schweißzusatzwerkstoffe .....	32
8.2 Einfluss von Schweißzusatzwerkstoffen auf die Nahtausbildung und Oberflächenqualität .....	33
8.3 Einfluss von Schweißzusatzwerkstoffen auf die Gefügeausbildung und Gefügeigenschaften .....	35
8.4 Einfluss auf die Härteverteilung im Schweißgut .....	39
8.5 Einfluss auf die Elementverteilung im Schweißgut .....	40
8.6 Mechanisch-technologische Eigenschaften von Mischverbindungen unter Verwendung von Schweißzusatzwerkstoffen .....	42
9 Einsatz und Optimierung eines hochmanganhaltigen Zusatzwerkstoffes .....	47
9.1 Einfluss von Schweißschutzgasen .....	52
9.2 Einfluss Drahtbeschichtung .....	61
9.3 Einfluss Ultraschallanregung .....	71
10 Mechanisch-Technologische Schweißnahteigenschaften .....	80
10.1 Quasistatische Längszugversuche .....	80
10.2 Dynamisch schwingende Längszugversuche .....	85
11 Übertragung der Ergebnisse auf eine bauteilähnliche Geometrie .....	89
12 Zusammenfassung .....	94

Inhaltsverzeichnis	V
13 Ausblick.....	96
Literaturverzeichnis .....	i
Abbildungsverzeichnis .....	xiii
Tabellenverzeichnis.....	xvii
Anhang.....	xviii
Lebenslauf.....	xxix