

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	10
Abbildungsverzeichnis	11
Tabellenverzeichnis	16
Abkürzungsverzeichnis und Formelzeichen	18
1 Einleitung	27
1.1 Problemstellung	28
1.2 Motivation und Forschungsziel	28
1.3 Aufbau des Berichts	29
2 Stand der Technik und Normung	31
2.1 Metrische Schraubenverbindungen	31
2.1.1 Normung und festgelegte Festigkeitsklassen	31
2.1.2 Schrauben- und Mutternwerkstoffe	32
2.1.3 Gewindeherstellung	32
2.1.4 Schraube-Mutter-Verbindung nach DIN EN ISO 4014/4032	32
2.1.5 HV-Schrauben für den Metallbau nach DIN EN 14399-4	33
2.2 Schließringbolzensysteme	33
2.2.1 Aufbau einer Schließringbolzenverbindung	33
2.2.2 Montageablauf für SRB ohne Abrissteil	34
2.3 Bemessung von Verbindungen im Stahlbau nach EN 1993	35
2.3.1 Nachweis für zügige Beanspruchung	35
2.3.2 Nachweis für zyklische Beanspruchungen	38
2.4 Bemessung von Verbindungen im Maschinenbau nach VDI 2230 – Blatt 1	40
2.4.1 Rechenschritte für Montage- und Betriebsbeanspruchung	43
2.4.2 Einschränkungen bei der Bemessung von Lockstud-Systemen	47
3 Theoretische Grundlagen	49
3.1 Grundlagen der Kraftübertragung	49
3.1.1 Scherbelastete Verbindungen	49
3.1.2 Kraft-Verformungsverhältnisse bei zentrischer Beanspruchung	52
3.2 Grundlagen der Schwingfestigkeit	58
3.2.1 Der Wöhlerversuch	60
3.2.2 Einflussgrößen auf die Schwingfestigkeit	63
3.2.3 Schwingversuche nach DIN 969	68
3.2.4 Statistische Auswertung	69

3.3	Numerische Simulation mittels FEM.....	69
4	Versuchsprogramm	72
4.1	Bearbeitungskonzept.....	72
4.2	Versuchsmatrix.....	76
5	Charakterisierung der mechanisch-technologischen Eigenschaften	78
5.1	Geometrische Eigenschaften	78
5.2	Chemische Zusammensetzung	79
5.3	Härte80	
5.3.1	Kernhärte	80
5.3.2	Mikrohärteverlauf	82
5.3.3	Härtemapping	83
5.4	Umgewertete Zugfestigkeit.....	84
5.5	Kerbschlagarbeit	86
5.6	Schutzschichtzustand.....	87
5.7	Metallographischer Gefügezustand	88
6	Montage- und Vorspannkraftverhalten	90
6.1	Montageverhalten.....	90
6.2	Vorspannkkräfte	92
6.3	Vorspannkraft-Zeit-Verhalten	94
7	Traglastuntersuchungen bei zügiger Beanspruchung	97
8	Traglastuntersuchungen bei zyklischer Beanspruchung	102
8.1	Schwingfestigkeitsversuche i.A. an DIN 989	102
8.1.1	Statistische Auswertung nach Eurocode 3.....	104
8.1.2	Statistische Auswertung nach DIN 50100 und VDI 2230 - Blatt 1	112
8.2	Vorspannkraft-Zeit-Verhalten	117
8.2.1	Axialbeanspruchung	118
8.2.2	Querbeanspruchung	119
8.3	Fraktographische Untersuchungen	127
8.3.1	Bruchbildbewertung	127
8.3.2	Rasterelektronenmikroskopie.....	128
9	Numerische Untersuchungen.....	131
9.1	Simulation des Montageablaufes	131
9.1.1	2D – Modellaufbau	131
9.1.2	Ergebnisse	133
9.1.3	Validierung	133
9.2	Simulation des Tragverhaltens	135

9.2.1	Modellklasse IV	135
9.2.2	Ergebnisse	136
9.2.3	Modellklasse III	137
9.2.4	Ergebnisse und Validierung	138
10	Bemessungsvorschlag zur Erweiterung des EFB-DVS-Merkblattes 3435-2	140
10.1	Stahlbau nach Eurocode 3	140
10.2	Maschinenbau nach VDI 2230 – Blatt 1	141
11	Ergebnisse und Ausblick	143
11.1	Wissenschaftlich-technischer und wirtschaftlicher Nutzen der Ergebnisse für KMU ..	145
12	Literaturverzeichnis	147
13	Anlagen	155