

# Inhaltsverzeichnis

<b>Verwendete Formelzeichen und Abkürzungen</b>	<b>VIII</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2 Stand der Forschung</b>	<b>3</b>
2.1 Historische Entwicklung . . . . .	3
2.2 Vor- und Nachteile gegenüber anderen Welle-Nabe-Verbindungen . . .	4
2.3 Herkömmliche Berechnungsmethoden . . . . .	6
2.3.1 Auslegung nach MANURHIN . . . . .	6
2.3.2 Auslegung nach MUSYL . . . . .	7
2.3.3 Auslegung nach LEROY und VISEUR . . . . .	7
2.3.4 Bewertung der herkömmlichen Berechnungsmethoden . . . . .	8
2.3.5 Auslegung mit Hilfe der Finite-Elemente-Methode nach MECHNIK	8
2.4 Motivation der vorliegenden Arbeit . . . . .	9
<b>3 FE-Modell der Polygon-Welle-Nabe-Verbindung</b>	<b>11</b>
3.1 Das P3G-Profil . . . . .	11
3.1.1 Das im Versuch verwendete Modell . . . . .	13
3.1.2 Einführung bezogener Größen . . . . .	15
3.1.3 Kinematik der Polygon-Welle-Nabe-Verbindung . . . . .	15
3.2 FE-Modell . . . . .	17
3.2.1 Ablaufplan und verwendete Programme . . . . .	18
3.2.2 Ebene und räumliche Torsion . . . . .	18
3.2.3 Statische Torsion mit Umlaufbiegung . . . . .	21
3.3 Behandlung von Randbedingungen im FE-Programm MARC . . . . .	22
3.3.1 TIES und deren Anwendung auf zyklische Randbedingungen .	23
3.3.2 TIES und deren Anwendung auf das Kontakt-Problem . . . . .	26
3.3.3 Hertzsche Pressung als Anwendung des Kontakt-Algorithmus .	30
3.4 Darstellung der Spannungen . . . . .	31
<b>4 Beanspruchung der P3G-Nabe unter Torsion - ebenes Modell</b>	<b>33</b>
4.1 Zusammenstellung der Parametervariation . . . . .	33
4.2 Eigenspannungszustand nach dem Fügen mit Übermaß . . . . .	34
4.2.1 Isothermes Fügen . . . . .	35
4.2.2 Thermisches Fügen . . . . .	39
4.3 Variation der Passung . . . . .	43
4.3.1 Lastspannungen bei Übermaß Null . . . . .	43
4.3.2 Überlagerung der Eigen- und Lastspannungen . . . . .	49
4.4 Variation des Reibbeiwertes in der Trennfuge . . . . .	55
4.5 Variation der Nabenwandstärke . . . . .	59
4.6 Zusammenfassung und Bewertung der Ergebnisse . . . . .	63

<b>5</b>	<b>Schadensanalyse Dauerbruch</b>	<b>65</b>
5.1	Torsion . . . . .	66
5.1.1	Schadensbild unter Torsion . . . . .	66
5.1.2	Metallografische Bewertung . . . . .	67
5.1.3	Randbedingungen für das FE-Modell . . . . .	72
5.2	Überlagerte Biegung und Torsion . . . . .	73
5.2.1	Metallografische Bewertung und Folgerungen für die FE-Rechnung . . . . .	75
<b>6</b>	<b>Belastung durch schwellende Torsion</b>	<b>77</b>
6.1	Spannungs- und Verschiebungszustand infolge Torsion . . . . .	78
6.1.1	Verwölbung und Querkontraktion der Welle durch Torsions-Belastung . . . . .	81
6.1.2	Bestimmung des Rißverlaufes aus der FE-Rechnung und Vergleich mit dem Experiment . . . . .	82
6.1.3	Beanspruchung der Welle bei Variation von Exzentrizität und Last . . . . .	84
6.2	Identifizierung des Anrißortes mit dem RUIZ-Kriterium . . . . .	85
6.3	Auslegungs-Konzept bei Torsion . . . . .	86
6.3.1	Bestimmung der in der Wellenoberfläche wirkenden Spannungen	88
6.3.2	Ort des Anlagebereiches . . . . .	90
6.3.3	Bestimmung des Schlupfs am Ort der Schädigung . . . . .	92
6.3.4	Einfluß der Reibung auf das RUIZ-Kriterium . . . . .	93
6.4	Anpassung des Auslegungs-Konzeptes an die experimentell gewonnen Ergebnisse und Ablaufplan zur Auslegung der Polygon-Verbindung .	94
6.5	Diskussion der variierten Parameter für die Torsions-Belastung . . . .	95
6.6	Minderung der Reibkorrosion durch Überlagerung einer Preßpassung .	98
<b>7</b>	<b>Spannungsanalyse bei Torsions- und Biegebelastung</b>	<b>101</b>
7.1	Zusammenfassung der experimentellen Ergebnisse . . . . .	101
7.2	Simulation der umlaufenden Biegung . . . . .	101
7.3	Beanspruchung der Welle . . . . .	104
7.3.1	Zeitliche und axiale Spannungsverläufe . . . . .	104
7.3.2	Analyse des Spannungszustandes auf der Oberfläche im Ort der Schädigung . . . . .	106
7.3.3	Diskussion der Beanspruchung bei variiertem Geometrie und Reibbeiwert . . . . .	108
7.3.4	Gestaltfestigkeitsnachweis für die ermittelten Spannungen . . .	109
7.4	Diskussion der Ergebnisse . . . . .	109
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>112</b>
<b>A</b>	<b>Anhang: Zusammenstellung der Hardware-Anforderung</b>	<b>114</b>

<b>B Anhang: Experimentelle Untersuchungen</b>	<b>116</b>
B.1 Torsion . . . . .	116
B.2 Biegung . . . . .	118
<b>Literatur</b>	<b>120</b>