

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	III
Kurzfassung	IV
Abstract	V
Inhaltsverzeichnis	VI
Nomenklatur	IX
1 Einleitung	1
2 Grundlagen: Korrosion und Korrosionssimulation	3
2.1 Elektrochemische Beschreibung der Korrosion	3
2.1.1 Thermodynamik	4
2.1.2 Kinetik	7
2.2 Korrosive Schwachstellen	10
2.2.1 Korrosionsarten	11
2.2.2 Korrosion an Bauteilkanten	11
2.2.3 Korrosion in Flanschen und Falzen	18
2.2.4 Korrosion beim galvanischen Kontakt	23
2.3 Korrosionsschutzsysteme	25
2.4 Methode der finiten Elemente	27
2.4.1 Grundprinzip und Einsatzgebiete	28
2.4.2 Modellbildung und Preprocessing	28
2.4.3 Lösungsverfahren	30
2.4.4 Auswertung	33
2.5 Simulation von Korrosionsprozessen	33
2.5.1 Grundlegendes Vorgehen	33
2.5.2 Materialmodelle	36
3 Material und Methoden	39
3.1 Simulation	39
3.1.1 Software	39
3.1.2 Hardware	39
3.2 Probenherstellung für experimentelle Untersuchungen	39
3.2.1 Prüfbleche	39
3.2.2 Herstellung von Kantengeometrien	41
3.2.3 Herstellung von Punktschweißflanschen	41
3.2.4 Herstellung von Glasflanschen	42
3.2.5 Lackaufbau	43
3.3 Korrosionsprüfungen	46

3.4	Auswertungsmethoden für experimentelle Untersuchungen	47
3.4.1	Topologische Charakterisierung der Kante	47
3.4.2	Elektrochemische Impedanzspektroskopie	48
3.4.3	Schichtdickenmessung	54
3.4.4	Querschliffuntersuchung	54
3.4.5	Entlacken des Kantenbereiches	54
3.4.6	Dampfstaßen des Kantenbereiches.....	55
3.4.7	Bildauswertung	55
3.4.8	Lichtmikroskopie und Rasterelektronenmikroskopie.....	58
4	Experimentelle Korrosionsuntersuchungen	59
4.1	Charakterisierung des Kantenbereiches	59
4.1.1	Kantenform	59
4.1.2	Phosphatierung.....	60
4.1.3	Beschichtung	61
4.2	Elektrochemische Impedanzen an Kanten	69
4.2.1	Plausibilität der Messmethode EIS.....	70
4.2.2	Bestimmung der Messbedingungen der EIS	71
4.2.3	Abhängigkeit der Geometrie	75
4.2.4	Abhängigkeit des KTL-Materials	76
4.2.5	Abhängigkeit der KTL-Schichtdicke	80
4.2.6	Abhängigkeit des Grundsubstrat-Werkstoffes	82
4.2.7	Abhängigkeit des Elektrolyten	85
4.2.8	Abhängigkeit der Temperatur.....	89
4.2.9	Abhängigkeit des Herstellungsprozesses.....	90
4.2.10	Fehlerbetrachtung.....	91
4.3	Korrosionstests an Kanten	92
4.3.1	Korrosionsstart auf der KTL	92
4.3.2	Korrosionsstart unter der KTL	95
4.3.3	Zählung von Korrosionspunkten.....	97
4.3.4	Unterwanderung der KTL-Schicht	99
4.3.5	Form der Kantenkorrosion	100
4.4	Zusammenfassung der Versuche an Kanten	101
4.5	Charakterisierung von Flanschgeometrien	102
4.5.1	Geometrie	102
4.5.2	Medieneintritt	105
4.6	Bestimmung des Korrosionsstarts in Flanschen.....	109

4.7	Zusammenfassung der Versuche an Flanschen	113
4.8	Verwendete Eingangswerte für die Simulationen konstruktiver Schwachstellen.....	114
4.8.1	Eingangswerte für Simulationen an Kanten.....	114
4.8.2	Eingangswerte für Simulationen an Flanschen	115
5	Korrosionssimulation von konstruktiven Schwachstellen	117
5.1	Notwendigkeit der Modellerweiterung	117
5.2	Dimension der Simulation konstruktiver Schwachstellen.....	119
5.3	Modellbeschreibung Kante.....	120
5.3.1	Grundidee.....	120
5.3.2	Übertrag auf Kantenmodell	123
5.3.3	Zeitabhängigkeit	125
5.3.4	Ortsabhängigkeit.....	132
5.3.5	Umsetzung.....	133
5.4	Simulation von Kanten	134
5.4.1	Konvergenzanalyse	134
5.4.2	Simulationsergebnis.....	136
5.4.3	Analyse der Laufzeit	141
5.5	Validierung der Simulation der Kantenkorrosion.....	141
5.6	Modellbeschreibung Flansch.....	145
5.6.1	Simulation von Oberflächen	146
5.6.2	Simulation der Sauerstoff-Diffusion im Flansch.....	152
5.6.3	Umsetzung.....	155
5.7	Simulation von Flanschen	161
5.7.1	Konvergenzanalyse	162
5.7.2	Simulationsergebnis.....	165
5.7.3	Analyse der Laufzeit	171
5.8	Validierung der Simulation der Flanschkorrosion	174
5.9	Bewertung der erweiterten Simulationsansätze.....	176
6	Zusammenfassung	179
	Literaturverzeichnis	XVI
	Anhang	XXIX