

Inhaltsverzeichnis

Vorwort und Danksagung.....	1
Kurzzusammenfassung	3
Abstract	6
1. Motivation der Arbeit	9
2. Theoretische Grundlagen	13
2.1 Definition der Anforderungen an Magnesiumlegierungen.....	13
2.2 Allgemeine Grundlagen der Magnesiumkorrosion.....	14
2.2.1 Thermodynamik der Magnesiumkorrosion.....	15
2.2.2 Kinetik der Magnesiumkorrosion.....	19
2.2.3 Korrosionsratenbestimmung mit kombinierten Messmethoden	22
2.3 Korrosionsverhalten von Mg-Al-Legierungen.....	31
2.3.1 Einfluss der Mikrostruktur, des Gefüges und der Legierungselemente..	32
2.3.2 Einfluss edlerer Verunreinigungselemente.....	37
2.3.3 Einfluss von Chloriden auf die Korrosion von Magnesium.....	39
2.3.4 Einfluss von Kationen aus dem Streusalz	41
2.3.5 Einflussfaktoren in der atmosphärischen Korrosion	44
2.3.6 Einfluss des pH-Werts auf die Magnesiumkorrosion	47
2.3.7 Chemie und Einfluss der gebildeten Korrosionsprodukte	49
2.3.8 Niederschlagsbildung durch korrosionsinduzierte Alkalisierung	52
2.4 Korrosionsschutz von Magnesiumlegierungen.....	55
2.4.1 Haftvermittler- und Diffusionssperrschichten aus der Literatur	57
2.4.2 Kommerzielle Haftvermittler- und Diffusionssperrschichten.....	59
2.4.3 Folgebeschichtung mit KTL und Pulverbeschichtung	62
2.5 Innovativer Beschichtungsansatz aus der Medizintechnik.....	64
2.6 Struktur und Ziele im Kontext der theoretischen Grundlagen..	65
3. Experimentelle Methoden	67
3.1 Einfluss von Calcium auf das Korrosionsverhalten von AM50....	67
3.1.1 Materialien und Probenpräparation	67
3.1.2 Verwendete Testlösungen	67

3.1.3 Elektrochemische Charakterisierungsmethoden.....	68
3.1.4 H ₂ -Entwicklungsmessung.....	71
3.1.5 pH-Wert-Messung.....	71
3.1.6 Massezunahme- und Masseverlustmessung.....	71
3.1.7 Einfluss des pH-Werts auf die Korrosionsgeschwindigkeit	73
3.1.8 Oberflächenanalytische Charakterisierungsmethoden.....	74
3.1.9 Thermodynamische Kalkulationen	74
3.2 Korrosionsschutz mit kommerziellen Beschichtungssystemen	75
3.2.1 Material, Probenpräparation und Probengeometrie	75
3.2.2 Charakterisierung der Schutzwirkung.....	83
3.2.3 Oberflächenanalyse und Schichtdickenauswertung.....	86
3.2.4 INKA-Test-Erprobung	86
3.3 Passivierender Korrosionsschutzprimer für Mg-Legierungen..	87
4. Ergebnisse und Diskussion	89
4.1 Einfluss von Calcium auf das Korrosionsverhalten von AM50...	89
4.1.1 Charakterisierung des Gefüges der verwendeten AM50-Legierung	89
4.1.2 Polarisation in Streusalzlösungen	91
4.1.2.1 Potentiostatische Polarisation	91
4.1.2.2 Potentiodynamische Polarisation	98
4.1.3 Kurzzeittimmersionsverhalten in Streusalzlösungen.....	104
4.1.3.1 Elektrochemische Impedanzspektroskopie	104
4.1.3.2 Oberflächenanalyse	108
4.1.4 Langzeittimmersionsverhalten in Streusalzlösungen	118
4.1.4.1 Elektrochemische Impedanzspektroskopie	118
4.1.4.2 Wasserstoffentwicklungsmessung.....	122
4.1.4.3 Massezunahme- und Masseverlustmessung	124
4.1.4.4 Oberflächenanalyse	127
4.1.5 Kombinierte Messmethoden zum Vergleich der Korrosionsraten.....	139
4.1.6 Einfluss des pH-Werts auf die Korrosion von AM50-Legierungen.....	143
4.1.7 Kathodische Polarisierung von AM50-Legierungen.....	145
4.1.7.1 Potentiostatische Polarisation bei $E = -2 V_{Ag/AgCl}$	146
4.1.7.2 Potentiostatische Polarisation bei $E = -3 V_{Ag/AgCl}$	158
4.1.7.3 Korrosionsmechanismus unter kathodischer Polarisierung	161
4.1.8 Atmosphärische Korrosion von AM50 im INKA-Test.....	167
4.1.8.1 Massezunahme- und Masseverlustmessung.....	167
4.1.8.2 Elektrochemische Charakterisierung	171
4.1.8.3 Oberflächenanalytische Charakterisierung.....	174

4.1.9 Einflussfaktoren der Niederschlagsproduktebildung.....	185
4.1.9.1 Löslichkeitsgrenzen	185
4.1.9.2 Variable Einflussgrößen während des Korrosionsfortschritts	189
4.1.10 Korrosionsmechanismen	195
4.2 Korrosionsschutz mit kommerziellen Beschichtungssystemen	203
4.2.1 Gefügecharakterisierung der verwendeten Mg-Legierungen.....	203
4.2.2 Elektrochemische Charakterisierung kommerzieller Schichtsysteme.	205
4.2.2.1 Charakterisierung der Prozesskette am Beispiel Keronite	205
4.2.2.2 Haftvermittler- und Diffusionssperrschichten.....	208
4.2.2.3 Charakterisierung der KTL und Pulverbeschichtung	218
4.2.3 H ₂ -Entwicklungsmessungen an kommerziellen Schichtsystemen.....	221
4.2.4 pH-Wert-Messungen an kommerziellen Schichtsystemen	224
4.2.5 Oberflächenanalyse der Haftvermittler- und Diffusionssperrschichten	226
4.2.5.1 Ausgangszustände nach Entfetten und Beizen.....	226
4.2.5.2 Bonderite M-NT 160/161.....	229
4.2.5.3 Bonderite MGC	231
4.2.5.4 Ceranod	233
4.2.5.5 Gardobond X4729	235
4.2.5.6 Keronite.....	238
4.2.5.7 MagOxid	241
4.2.5.8 MagPass.....	243
4.2.5.9 Oxsilan 9802	245
4.2.5.10 SurTec ST650	246
4.2.6 Eigenkorrosionserprobung im INKA-Test.....	249
4.2.6.1 INKA-Test-Ergebnisse und Oberflächenanalyse	249
4.2.6.2 Korrelation von Elektrochemie und INKA-Test	278
4.2.7 Kontaktkorrosionserprobung im INKA-Test	280
4.2.7.1 Strukturintegrierte Anwendungen	280
4.2.7.2 Anwendungen als Anbauteil	292
4.2.7.3 Abschätzung der Kontaktkorrosion mithilfe der Elektrochemie ...	301
4.3 Passivierender Korrosionsschutzprimer für Mg-Legierungen	303
4.3.1 Elektrochemische Charakterisierung.....	305
4.3.2 Oberflächenanalytische Charakterisierung	307
4.3.3 Effektive Reduktion der Kontaktkorrosionsgefahr.....	317
5. Zusammenfassung und Ausblick	319
6. Literaturverzeichnis.....	327

7. Anhang	349
7.1 Kathodische Polarisierung von AM50-Legierungen.....	349
7.1.1 Polarisation bei $E = -3$ V vs. Ag/AgCl in Solution 1.....	349
7.1.2 Polarisation bei $E = -2$ V vs. Ag/AgCl in 0,5 M Na_2SO_4	353
7.2 Atmosphärische Korrosion von AM50 im INKA-Test.....	356
7.3 Prozessschritte kommerzieller Beschichtungssysteme.....	357
7.4 Dokumentation der INKA-Test-Ergebnisse.....	360
7.4.1 Eigenkorrosionserprobungskörper	360
7.4.2 Erprobungskörper für strukturintegrierte Anwendungen	373
7.4.3 Erprobungskörper für Anwendungen als Anbauteil.....	378