

# Inhaltsverzeichnis

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

## Inhaltsverzeichnis

---

3.1.3 Elektrochemische Charakterisierungsmethoden.....	68
3.1.4 H <sub>2</sub> -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
<b>3.2 Korrosionsschutz mit kommerziellen Beschichtungssystemen</b> .....	<b>75</b>
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
<b>3.3 Passivierender Korrosionsschutzprimer für Mg-Legierungen..</b>	<b>87</b>
<b>4. Ergebnisse und Diskussion .....</b>	<b>89</b>
<b>4.1 Einfluss von Calcium auf das Korrosionsverhalten von AM50...</b>	<b>89</b>
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 Kurzzeitimmersionsverhalten in Streusalzlösungen.....	104
4.1.3.1 Elektrochemische Impedanzspektroskopie .....	104
4.1.3.2 Oberflächenanalyse .....	108
4.1.4 Langzeitimmersionsverhalten 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 <sub>Ag/AgCl</sub> .....	146
4.1.7.2 Potentiostatische Polarisation bei E = -3 V <sub>Ag/AgCl</sub> .....	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
<b>4.2 Korrosionsschutz mit kommerziellen Beschichtungssystemen</b>	<b>203</b>
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 Diffusionssperrsichten.....	208
4.2.2.3 Charakterisierung der KTL und Pulverbeschichtung .....	218
4.2.3 H <sub>2</sub> -Entwicklungsmessungen an kommerziellen Schichtsystemen.....	221
4.2.4 pH-Wert-Messungen an kommerziellen Schichtsystemen .....	224
4.2.5 Oberflächenanalyse der Haftvermittler- und Diffusionssperrsichten	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
<b>4.3 Passivierender Korrosionsschutzprimer für Mg-Legierungen</b>	<b>303</b>
4.3.1 Elektrochemische Charakterisierung.....	305
4.3.2 Oberflächenanalytische Charakterisierung .....	307
4.3.3 Effektive Reduktion der Kontaktkorrosionsgefahr.....	317
<b>5. Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>319</b>
<b>6. Literaturverzeichnis.....</b>	<b>327</b>

<b>7. Anhang .....</b>	<b>349</b>
<b>    7.1 Kathodische Polarisierung von AM50-Legierungen.....</b>	<b>349</b>
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 <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	353
<b>    7.2 Atmosphärische Korrosion von AM50 im INKA-Test.....</b>	<b>356</b>
<b>    7.3 Prozessschritte kommerzieller Beschichtungssysteme.....</b>	<b>357</b>
<b>    7.4 Dokumentation der INKA-Test-Ergebnisse.....</b>	<b>360</b>
7.4.1 Eigenkorrosionserprobungskörper .....	360
7.4.2 Erprobungskörper für strukturintegrierte Anwendungen .....	373
7.4.3 Erprobungskörper für Anwendungen als Anbauteil.....	378