

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	12
1.1	Problemstellung und Zielsetzung .....	12
1.2	Aufbau der Arbeit.....	14
2	Grundlagen .....	16
2.1	Korrosion elektrochemischer Art .....	16
2.2	Thermodynamische Betrachtung der Korrosion von Zink .....	16
2.3	Kinetik der Korrosion von Zink in alkalischen Medien und Deckschichtbildung.....	22
2.3.1	Korrosion und Deckschichtbildung von Zink in alkalischen Medien.....	22
2.3.2	Elektrochemische Messungen.....	25
2.3.3	Elektrochemische Untersuchungen zur Deckschichtbildung an Zink in alkalischen Medien ...	29
2.3.4	Deckschichten an Zink in alkalischen Medien .....	36
2.3.5	Wechselwirkung zwischen Zinkdeckschichtbildung und Erstarrungsprozess in der Frischbetonphase .....	39
2.3.6	Einfluss der Chloridzugabe auf den Erstarrungsprozess und die Porosität .....	40
2.4	Zusammenfassung der Grundlagen .....	43
3	Experimentelles .....	44
3.1	Voruntersuchungen .....	44
3.1.1	Verhalten atmosphärisch gebildeter Deckschichten auf feuerverzinkten Betonstählen nach Kontakt mit Frischbeton .....	44
3.1.2	Lösungsversuche.....	45
3.1.3	Einfluss des Versuchskörperdesigns auf elektrochemische Messungen.....	47
3.2	Versuchskörper.....	49
3.2.1	Versuchskörperübersicht.....	49
3.2.2	Mörtelzusammensetzung.....	50
3.2.3	Probekörperdesign für elektrochemische Untersuchungen und analytische Untersuchung der Deckschicht .....	51
3.2.4	Probekörper zur Bestimmung des elektrischen Mörtelwiderstandes .....	53
3.2.5	Probekörper für die Chloridanalyse und -verteilung sowie zur Bestimmung der Porosität .....	53
3.3	Elektrochemische Untersuchungen.....	54
3.3.1	Übersicht der verwendeten Messaufbauten für die elektrochemischen Messungen.....	54
3.3.2	Bestimmung des IR-Drops .....	55
3.3.3	IR-Kompensation .....	56
3.3.4	Linearer Polarisationswiderstand .....	56
3.3.5	Elektrochemische Impedanzmessung .....	57
3.3.6	Stromdichte-Potentialkurven .....	57
3.3.7	Widerstandsmessung - Impedanzmessung .....	58
3.4	Analytische Untersuchungsverfahren.....	60
3.4.1	Ermittlung der Masseänderung der Mörtelprobekörper.....	60
3.4.2	Ermittlung des Zinkschichtaufbaus mittels Glimmentladungsspektroskopie.....	60
3.4.3	Ermittlung der Legierungszusammensetzung des zu verzinkenden Grundwerkstoffes mittels Funkenemissionsspektrometrie .....	60

3.4.4	Röntgendiffraktometrie XRD.....	60
3.4.5	Kalorimettermessung.....	62
3.4.6	Ermittlung des Chloridgehaltes.....	62
3.4.7	Bestimmung von Anionen und Kationen in wässrigen Lösungen - Zement- und Porenwasseranalyse .....	63
3.4.8	Laserinduzierte Plasmaspektroskopie.....	63
3.4.9	Quecksilberdruckporosimetrie .....	63
3.4.10	Metallographische und mikroskopische Untersuchungen.....	64
4	Ergebnisse .....	65
4.1	Herstellung und Charakterisierung der Arbeitselektroden.....	65
4.2	Zement, Zementleim und Mörtel.....	69
4.2.1	Charakterisierung der Zementzusammensetzung .....	69
4.2.2	Charakterisierung des Zementleims.....	70
4.2.2.1	Kalorimettermessungen.....	70
4.2.2.2	Röntgendiffraktometrische Untersuchungen des Zementsteins .....	72
4.2.3	Charakterisierung der Mörtel .....	74
4.2.3.1	Untersuchung der Porosität mittels Quecksilberdruckporosimetrie .....	74
4.2.3.2	Bestimmung des elektrischen Mörtelwiderstands und der Masseänderung an Probekörpertyp R.....	76
4.2.3.3	Chloridgehalt und Chloridbindevermögen .....	78
4.2.3.4	Chloridverteilung und karbonatisierte Randzone im Mörtel.....	79
4.2.3.5	Synthetisiertes Porenwasser .....	81
4.3	Elektrochemische Messungen.....	83
4.3.1	Definitionen zu den durchgeführten elektrochemischen Messungen.....	83
4.3.2	Probekörpertyp MP .....	83
4.3.2.1	Potentialmessung und Masseänderung .....	83
4.3.2.2	Spannungsabfall über den elektrischen Mörtelwiderstand.....	85
4.3.2.3	Polarisationswiderstand aus LPR-Messungen .....	89
4.3.2.4	Elektrochemische Impedanzspektroskopie .....	91
4.3.2.5	Ermittlung des $I_{corr}$ und des B-Wertes aus Stromdichte-Potentialkurven .....	99
4.3.3	Probekörpertyp M mit synthetisierter Porenlösung und Mörteldiaphragma .....	101
4.3.3.1	Informationen zur Ergebnisdarstellung für Probekörpertyp M .....	101
4.3.3.2	Freies Korrosionspotential $E_{corr}$ und IR-Drop.....	101
4.3.3.3	Polarisationswiderstand .....	102
4.3.3.4	Korrosionsstromdichte und B-Wert.....	104
4.3.3.5	Phasenwinkel aus EIS-Messungen .....	106
4.4	Deckschichtbestimmung .....	108
4.4.1	Informationen zu den Ergebnissen der Deckschichtbestimmung .....	108
4.4.2	XRD-Untersuchungen der Deckschichten.....	108
4.4.3	REM-Untersuchungen der Deckschichten .....	110
4.4.4	Fotografie, Stereomikroskopie, Oberflächentopografie und metallographische Schritte .....	114
5	Diskussion .....	125
5.1	Einleitung in die Diskussion .....	125

5.2	Weiterentwicklung der Vorstellung zum Einfluss des Elektrolyten auf die Frühphase der Deckschichtbildung .....	125
5.2.1	Beeinflussung der Deckschicht durch den Elektrolyten .....	125
5.2.2	Beeinflussung des Elektrolyten durch Chloridzugabe .....	126
5.2.3	Elektrischer Mörtelwiderstand .....	130
5.2.4	Einfluss der Wasserstoffentwicklung an der Probenoberfläche und deren Auswirkung auf die Wasseraufnahme.....	134
5.2.5	Spannungsabfall über den Elektrolyten – IR-Drop der Mörtelserien.....	135
5.2.6	Spannungsabfall über den Elektrolyten – IR-Drop der Proben mit synthetischem Porenwasser und Mörteldiaphragmen.....	139
5.3	Korrosionsspezifische Kennwerte aus elektrochemischen Messungen.....	140
5.3.1	Zink in Kontakt mit zementgebundenen Elektrolyten unter Zugabe von Chlorid .....	140
5.4	Differenzierung der Korrosionssysteme für Zink in alkalischen Medien.....	145
5.5	Modellbildung für den Einfluss dauerhafter und temporärer elektrolytgesättigter Poren auf den Korrosionsfortschritt.....	147
5.6	Deckschichten und deren Auswirkung auf den Polarisationswiderstand .....	150
5.7	Inhomogenitäten und deren Auswirkung auf die Ermittlung von Korrosionsstromdichten....	153
5.8	Korrosionserscheinungen an feuerverzinkten Stählen in alkalischen Medien .....	153
6	Zusammenfassung und Ausblick.....	154
6.1	Zusammenfassung .....	154
6.2	Ausblick .....	156
7	Literaturverzeichnis.....	158