

Inhalt

1	Einleitung	13	5.2.7	Bestimmung der Karbonatisierungstiefe	32
2	Grundlagen	13	5.2.8	Bestimmung des Frost-Tausalz-Widerstandes	32
2.1	Hüttensandhaltige Zemente	13	5.3	Untersuchungen zum elektrischen Widerstand in der Betonrandzone – zu Versuchsteil B	32
2.2	Betonrandzone und ihr Einfluss auf die Dauerhaftigkeit	14	5.3.1	Messungen mittels Multiringelektrode	32
2.3	Theoretische Grundlagen zur Austrocknung	16	5.3.2	Messung des elektrischen Widerstandes mit Einzelelektrode in der Betonrandzone	33
2.3.1	Austrocknung kapillarporöser Stoffe	17	5.4	Untersuchungen des Betongefüges mittels Rasterelektronenmikroskopie – Versuchsteil C	35
2.3.2	Austrocknung von Beton	18	5.4.1	Probengewinnung und Anschliffpräparation	35
3	Versuchsprogramm	19	5.4.2	Aufnahmeparameter	36
4	Verwendete Materialien, Rezepturen und Herstellung der Betone	20	5.4.3	Digitale Bildanalyse	37
4.1	Ausgangsstoffe	20	5.5	Baustellenuntersuchungen – Waschbeton mit CEM III/A-42,5 N-NA – Versuchsteil D	38
4.1.1	Verwendete Gesteinskörnungen	20	5.5.1	Allgemeines	38
4.1.2	Verwendete Zemente	20	5.5.2	Untersuchungen im Rahmen der Erprobungsstrecke B6n	39
4.1.3	Zusatzmittel	21	5.5.3	Lage der Erprobungsstrecke	39
4.1.4	Nachbehandlungsmittel	22	5.5.4	Verwendete Betonrezeptur	39
4.2	Betonrezepturen	22	5.5.5	Herstellen, Nachbehandlung und Lagern der Probekörper	39
4.2.1	Rezepterstellung	22	5.5.6	Bestimmung des Frost-Taumittel-Widerstandes	40
4.2.2	Herstellung des Betons	23	5.5.7	Bestimmung der mittleren Rautiefe	40
5	Untersuchungsmethoden	23	6	Ergebnisse aus Versuchsteil A	41
5.1	Untersuchungen zur Charakterisierung der verwendeten Betonrezepturen – Versuchsteil A	24	6.1	Frischbetoneigenschaften der verwendeten Betone	41
5.1.1	Frischbetonuntersuchungen	24	6.1.1	Luftgehalt und Konsistenz	41
5.1.2	Festbetonuntersuchungen	25	6.1.2	Blutneigung	42
5.2	Durchführung der Untersuchungen zum Einfluss der Nachbehandlung und der Lagerung auf den Frost-Tausalzwiderstand – Versuchsteil B	25	6.2	Festbetoneigenschaften der verwendeten Betone	43
5.2.1	Allgemeines	25	6.2.1	Druckfestigkeit	43
5.2.2	Herstellen der Probekörper	26	6.2.2	Frost-Tausalz-Widerstand	43
5.2.3	Lagerungsarten	27	6.2.3	Karbonatisierung	44
5.2.4	Bestimmung von Parametern zur Beschreibung der Witterung	28	6.2.4	Luftporensystem	44
5.2.5	Nachbehandlungsvarianten	30			
5.2.6	Berechnung des Sperrkoeffizienten und Aufstellen der Wasserabgabekurven	31			

7	Ergebnisse aus Versuchsteil B	45	7.6	Ergebnisse der Frost-Tausalz-Untersuchungen	68
7.1	Allgemeines zur Ergebnisdarstellung	45			
7.2	Ermittelte Wasserabgaben	45	8	Ergebnisse aus Versuchsteil C	70
7.2.1	Wasserabgabe durch Verdunstung ohne Nachbehandlung	45	8.1	Porosität in der Betonrandzone	70
	Wasserabgabe ohne Nachbehandlung (Labor)	45	8.2	Reaktion des Hüttenandes in der Betonrandzone	72
	Wasserabgabe ohne Nachbehandlung (Herbst)	46	9	Ergebnisse aus Versuchsteil D – Baustellenversuch – B6n Güsten	73
	Wasserabgabe ohne Nachbehandlung (Sommer)	49	9.1	Ermittelte Wasserabgabe der Proben – B6n	73
7.2.2	Wasserabgabe bei Anwendung von flüssigen Nachbehandlungsmitteln	51	9.2	Ergebnisse der Untersuchungen zum Frost-Tausalz-Widerstand – B6n	74
	Wasserabgabe bei Anwendung von NBM (Labor)	51	9.3	Rautiefen – B6n	75
	Wasserabgabe bei Anwendung von NBM (Freilagerung Herbst)	53	9.4	Gefügeuntersuchungen mittels Rasterelektronenmikroskopie – B6n	75
	Wasserabgabe bei Anwendung von NBM (Freilagerung Sommer)	56			
7.2.3	Wasserabgabe bei Nachbehandlung mit feuchtem Sand	58	10	Diskussion der Ergebnisse	76
	Wasserabgabe bei Nachbehandlung mit feuchtem Sand (Labor)	58	10.1	Verlauf der Austrocknung des frischen und jungen Betons	76
	Wasserabgabe bei Nachbehandlung mit feuchtem Sand (Freilagerung Herbst)	59	10.1.1	Verlauf der Austrocknung ohne Nachbehandlung – Laborlagerung	76
	Wasserabgabe bei Nachbehandlung mit feuchtem Sand (Freilagerung Sommer)	60	10.1.2	Verlauf der Austrocknung ohne Nachbehandlung – Freilagerung	79
7.3	Beschreibung der Sperrwirkung durch Sperrkoeffizienten	60	10.1.3	Verlauf der Austrocknung bei Nachbehandlung mit NBM – Laborlagerung	80
	Sperrwirkung bei Lagerung im Labor	61	10.1.4	Verlauf der Austrocknung bei Nachbehandlung mit NBM – Freilagerung	80
	Sperrwirkung bei Freilagerung im Herbst	61	10.1.5	Verlauf der Austrocknung bei Feuchtnachbehandlung – Labor- und Freilagerung	82
	Sperrwirkung bei Freilagerung im Sommer	62	10.2	Einflüsse auf den Frost-Tausalz-Widerstand	83
7.4	Elektrischer Widerstand der Randzone	64	10.2.1	Einfluss des Zementes auf den Frost-Tausalz-Widerstand	83
7.4.1	Entwicklung des elektrischen Widerstandes während der Austrocknung – Messung mit Multiringelektroden	64	10.2.2	Einfluss der Lagerung auf den Frost-Tausalz-Widerstand	84
7.4.2	Entwicklung des elektrischen Widerstandes während der Austrocknung – Messung mit Einzelelektrode	65	10.2.3	Einfluss der Nachbehandlung auf den Frost-Tausalz-Widerstand	86
7.5	Ermittelte Karbonatisierungstiefe	67	10.2.4	Weitere Zusammenhänge	87

10.2.5 Zum Widerspruch mit den bisherigen Erkenntnissen von HUBER [HUBER, 2008; SCHIEßL et al., 2006]	88
10.3 Diskussion der Untersuchungs-ergebnisse – B6n	89
11 Zusammenfassung und Hinweise für die Praxis	89
11.1 Austrocknung der Randzone	90
11.2 Auswirkung der Nachbehandlung auf den Frost-Tausalz-Widerstand ...	90
11.3 Eignung von Portlandhütten-zement	91
11.4 Beitrag des Hüttensandes zur Frost-Tausalz-Beständigkeit	91
11.5 Bewertung der Abwitterung beim Waschbeton	92
11.6 Empfehlungen für die Praxis	92
Literatur	92
Anlage I	94
Anlage II	104
Anlage III	105
Anlage IV	112