

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG	1
2	THEORETISCHE GRUNDLAGEN	3
2.1	<i>Zementstein und Porenraum</i>	3
2.1.1	Zement.....	3
2.1.2	Hydratationsprozess	4
2.1.3	Zementsteinmodelle	6
2.1.4	Porenraum	8
2.2	<i>Wasser und Eis.....</i>	10
2.2.1	Allgemeines.....	10
2.2.2	Eigenschaften des Porenwassers	12
2.3	<i>Thermodynamik.....</i>	14
2.3.1	Grundsätze der Thermodynamik.....	14
2.3.2	Mechanisches Potential	16
2.3.3	Chemische Stabilität / Potential.....	17
2.3.4	Mechanische Stabilität	17
2.4	<i>Unterkühlung und Nukleationsprozesse</i>	18
2.4.1	Unterkühlung	18
2.4.2	Homogene Nukleation.....	20
2.4.3	Heterogene Nukleation	21
2.4.4	Kristallisation	23
2.4.5	Gefrierpunktserniedrigung.....	24
2.5	<i>Transportvorgänge.....</i>	27
2.5.1	Temperaturgradient.....	27
2.5.2	Unterschiedliche thermische Ausdehnung	27
2.5.3	Mikroislinsen	28
2.5.4	Osmose.....	29
2.5.5	Perkolationstheorie nach Scherer	30
2.6	<i>Schadenmechanismen.....</i>	31
2.6.1	Makroskopische Schadensmechanismen	31
2.6.2	Mikroskopische Schadensmechanismen	34
2.7	<i>Mikroislinsenmodell.....</i>	35
2.8	<i>Chemisches Schrumpfen.....</i>	37

3	MESSMETHODEN	42
3.1	<i>Dynamische Differenzkalorimetrie (DSC)</i>	42
3.2	<i>Längenänderung</i>	43
3.2.1	Allgemeines	43
3.2.2	Messmethode	44
3.3	<i>Quecksilberdruckporosimetrie</i>	45
4	MATERIALIEN UND LAGERUNG	47
4.1	<i>Materialien</i>	47
4.2	<i>Herstellung und Lagerung</i>	49
5	ERGEBNISSE UND DISKUSSION	51
5.1	<i>Phasenübergänge im Zementstein</i>	51
5.1.1	Eisbildung im Zementstein	51
5.1.2	Einfluss der Zusammensetzung der Porenlösung	55
5.1.3	Einfluss der Fremdoberflächen auf die Eisbildung	58
5.2	<i>Thermische Dehnung, Schädigungsmechanismen und Transportvorgänge im Zementstein</i>	60
5.2.1	Messbedienungen und Versuchsdurchführung	60
5.2.2	Dehnungsverhalten der Zementsteinproben mit unterschiedlichem Feuchtegehalt	62
5.2.3	Einfluss unterschiedlicher Porensysteme auf das Dehnungsverhalten des Zementsteins	68
5.2.4	Einfluss des Probenalters auf die Transportvorgänge	73
5.2.5	Einfluss der Zementzusammensetzung	77
5.2.6	Auswirkungen der Eisbildung im Zementstein	85
5.2.7	Frostschwinden und die Höhe des alpha-Wertes	88
5.2.8	Dehnungsverhalten der feinporösen Zementsteinproben	93
5.3	<i>Chemisches Schrumpfen</i>	96
5.3.1	Selbstaustrocknung	96
5.3.2	Ausbildung von Hohlräumen	108
6	ZUSAMMENFASSUNG	111
7	AUSBLICK	116
8	LITERATUR	117
	ANHANG	124