

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	15
1.1	Zielsetzung	15
1.2	Gliederung der Forschungsarbeit	16
2	STAND DES WISSENS	17
2.1	Alkali-Kieselsäure-Reaktion (AKR)	17
2.1.1	Allgemeines	17
2.1.2	Reaktions- und Schädigungsmechanismus	18
2.1.3	Einflussgrößen	19
2.1.3.1	Wirksamer Alkaligehalt	19
2.1.3.2	Alkaliempfindlicher Gesteinskörnungsbestandteil	19
2.1.3.3	Feuchtigkeit	21
2.1.3.4	Temperatur	21
2.1.3.5	Menge der alkalireaktiven Gesteinskörnungen	22
2.1.3.6	Permeabilität des Betons	23
2.1.3.7	Alkalizufuhr von außen	23
2.1.3.8	Weitere Einflussfaktoren	23
2.1.4	Merkmale geschädigter Betone mit reaktiver Gesteinskörnung	23
2.1.5	Theorien zum Reaktions- und Schädigungsmechanismus	24
2.1.5.1	Reaktionsmechanismus nach Dent Glasser (1979)	24
2.1.5.2	Reaktionsmechanismus nach Sprung & Sylla (1998)	24
2.1.6	Gelbildung und Quelldrücke	25
2.1.7	Modelle zur Simulation von AKR-bedingten Schädigungen	27
2.1.8	Prüfverfahren	29
2.1.9	Schadensdiagnose AKR-geschädigter Betonbauwerke	30
2.2	Einführung in die Theorie der Bruchmechanik	31
2.2.1	Einleitung	31
2.2.2	Energiehypothese	32
2.2.3	Spannungshypothese	33
2.2.4	Risse im Gestein	35
2.2.5	Nichtlineare Bruchmechanik	35
2.2.6	Kohäsionsrissmodell	37
2.2.7	Brucheigenschaften	39
2.2.8	Rissausbreitungsverhalten sprödbrechender Gesteine	40
2.2.8.1	Subkritisches Risswachstum	40
2.2.9	Prüfverfahren zur Bestimmung der Mode-I Bruchzähigkeit	42
2.2.10	K_{Ic} beeinflussende Parameter	43
2.2.10.1	Isotropie und Anisotropie	43
2.2.10.2	Trockenrohdichte und Porosität	44
2.2.10.3	Mikrorissdichte, Mikrorisslänge und Orientierung von Mikrorissen	44
2.2.10.4	Korngröße und Kornkontaktlänge	45
2.2.10.5	Temperatur	46
2.3	Diskussion und Schlussfolgerungen aus der Literatursichtung	47
3	VERSUCHSPROGRAMM	49
3.1	Ausgangsmaterial	49
3.2	Gesteinsversuche	49
3.3	Versuche an gebrochenen Gesteinskörnungen	55
3.4	Betonversuche	55

4	ERGEBNISSE	59
4.1	Charakterisierung der ausgewählten Gesteinssorten	59
4.1.1	Grauwacke (GW)	59
4.1.2	Quarzporphyr (QP)	60
4.1.3	Gesteinstypen des südlichen Oberrheingrabens	62
4.1.3.1	Quarzporphyr (QP1-OR)	62
4.1.3.2	Quarzit (QZ-OR)	63
4.1.3.3	Quarzporphyr (QP2-OR)	64
4.1.4	Diabas (DB)	65
4.2	Ergebnisse aus den Gesteinsversuchen	66
4.2.1	Schnellprüfverfahren	66
4.2.2	Gesteins-Bruchzähigkeit und Gesteins-E-Modul	68
4.2.3	Gefügeuntersuchung an Gesteinsdünnschliffen	74
4.2.3.1	Gefügeuntersuchung an der Grauwacke (GW)	74
4.2.3.2	Gefügeuntersuchung am Quarzporphyr (QP)	75
4.2.3.3	Gefügeuntersuchung am Quarzporphyr (QP1-OR)	76
4.2.3.4	Gefügeuntersuchung am Quarzit (QZ-QP)	77
4.2.3.5	Gefügeuntersuchung am Quarzporphyr (QP2-OR)	78
4.2.3.6	Gefügeuntersuchungen am Diabas (DB)	79
4.3	Ergebnisse aus den Betonversuchen	81
4.3.1	Dehnungsmessung, dyn. E-Modul und augenscheinliche Beurteilung	81
4.3.2	Druckfestigkeit, statischer E-Modul und Spaltzugfestigkeit	84
4.3.3	Gefügeuntersuchungen an Betondünnschliffen	88
4.3.3.1	Gefügeuntersuchung am Beton PZ-1,2 GW	88
4.3.3.2	Gefügeuntersuchung am Beton PZ-1,2 QP	92
4.3.3.3	Gefügeuntersuchung am Beton PZ-1,2 OR	95
5	DISKUSSION	98
5.1	Dehnungsmessung und augenscheinliche Beurteilung	98
5.2	Braunverfärbung an den Betonoberflächen	98
5.3	Gesteinsgefüge und Betongefüge	103
5.4	Mechanische Gesteinsparameter	104
5.5	Rissbildung im Gestein	106
5.6	Festigkeitseigenschaften des Betons	109
5.7	E-Modul des Gesteins und E-Modul des Betons	113
5.8	Dynamischer E-Modul und statischer E-Modul	115
6	ZUSAMMENFASSENDE BEWERTUNG UND SCHLUSSFOLGERUNGEN	121
7	AUSBLICK	125
8	SCHRIFTTUM	126
8.1	Normen und Regelwerke	126
8.2	Literatur	127

ANHANG		136
A1	Zementeigenschaften	136
A2	Röntgenbeugungsdiagramme der untersuchten Gesteinsorten	137
A3	EDX-Spektren und REM-Aufnahmen	140
A4	Bestimmung der korrigierten Bruchzähigkeit K_{Ic}^c (nach: [Ouchterlony (1988)]).....	143
A5	Last-Rissöffnungslinien mit Entlastungslinien am Beispiel des Quarzporphyrs.....	148
A6	Funktionsverläufe für K_I in Abhängigkeit von a , R , p_c	151