

Anhang zu:

**Analyse des
gefügeabhängigen
Löslichkeitsverhaltens
potenziell AKR-empfindlicher
Gesteinskörnungen**

von

Frank Weise
Tyler Oesch
Gerd Wilsch
Sandra Sigmund

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung
Berlin

Klaus-Jürgen Hüniger
Mario Kositz

Brandenburgische Technische Universität
Cottbus - Senftenberg

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Straßenbau Heft S 165

bast

Anlage A0

Oberflächenanalyse mit 3D-CT

Inhalt

1 Einzelergebnisse der Gesteinskörnung 1 (Kies).....	2
2 Einzelergebnisse der Gesteinskörnung 2 (Festgestein)	4
3 Einzelergebnisse der Gesteinskörnung 3 (Festgestein)	5
4 Einzelergebnisse der Gesteinskörnung 4 (Kies).....	6

1 Einzelergebnisse der Gesteinskörnung 1 (Kies)

Tabelle 1a: Ergebnisse der CT-Analyse der Einzelkörner

Art der Gesteinskörnung	Gesteinsart	Masse des Einzelkorns [g]	Bezeichnung des CT-Datensatzes	Voxelgröße [µm]	mit CT ermittelte Oberflächenanteile [m ²]				
					von außen nicht zugängliche Risse/Poren	Mantelfläche	von außen zugängliche Risse/Poren	Mantelfläche + von außen zugängliche Risse/Poren	
								absolut [m ²]	relativ [m ² /g]
GK1 (Kies)	Quarz/ Quarzit	3,37	7030	16,5	0,00056923	0,002173208	2,20081E-05	0,00217974	0,00064681
		4,49	7031		0,00014234	0,001104776	6,20294E-05	0,00111859	0,00024913
		2,89	7032		3,8461E-05	0,001437842	9,65339E-05	0,00147124	0,00050908
		5,63	7033		3,9438E-06	0,000950219	1,42877E-06	0,00095047	0,00016882
		6,26	7034		0,00110262	0,001548634	0,000145648	0,0015719	0,0002511
		8,04	7035		0,00091299	0,002390072	0,003239185	0,00279296	0,00034738
		7,33	7036		0,0002617	0,001946314	0,000188292	0,001972	0,00026903
		8,32	7037		0,00233061	0,00237686	0,000852948	0,00247938	0,000298
		6,50	7038		3,6364E-05	0,001837151	2,89402E-06	0,0018376	0,00028271
		11,17	7039		0,00030956	0,002094667	0,000370813	0,00212786	0,0001905
	Rhyolith	0,77	6880	11,2	0	0,00051814	0	0,00051814	0,00067291
		0,74	6881		8,5979E-06	0,00048672	1,714E-06	0,00048844	0,00066005
		1,27	6882		0,00015914	0,0007504	7,0653E-05	0,00082105	0,0006465
		1,24	6883		0,00065517	0,00097767	0,00048686	0,00146454	0,00118108
		1,96	6884		9,5661E-06	0,00083243	1,4876E-05	0,0008473	0,0004323
		1,16	6885		1,2983E-06	0,00056536	1,3317E-06	0,00056669	0,00048853
		2,90	6886		8,6336E-05	0,00121277	3,2844E-05	0,00124561	0,00042952
		2,74	6887		0,00017918	0,00120407	3,3545E-05	0,00123761	0,00045168
		2,85	6888		3,668E-05	0,00103193	1,7967E-05	0,00104989	0,00036838
		5,70	6889		6,3769E-05	0,00162105	3,8096E-06	0,00162486	0,00028506

Tabelle 2b: Ergebnisse der CT-Analyse der Einzelkörner

Art der Gesteinskörnung	Gesteinsart	Masse des Einzelkorns [g]	Bezeichnung des CT-Datensatzes	Voxelgröße [µm]	mit CT ermittelte Oberflächenanteile [m ²]				
					von außen nicht zugängliche Risse/Poren	Mantelfläche	von außen zugängliche Risse/Poren	Mantelfläche + von außen zugängliche Risse/Poren	
								absolut [m ²]	relativ [m ² /g]
GK1 (Kies)	Plutonit	2,43	6970	11,2	0,00012058	0,00092356	1,1697E-05	0,000935262	0,00038488
		1,50	6971		0,00015725	0,00090284	0,000363516	0,00126636	0,00084424
		1,62	6972		4,5284E-05	0,00067417	9,4948E-06	0,000683663	0,00042201
		2,09	6973		0,00021169	0,00471586	0,000971337	0,005687202	0,00272115
		2,67	6974		0,00122655	0,00107341	0,000226376	0,001299787	0,00048681
		1,96	6975		0,00034572	0,0008526	0,000101506	0,000954109	0,00048679
		5,58	6976		0,00165919	0,00343411	0,002353983	0,005788088	0,00103729
		2,47	6977		0,00035817	0,00100399	7,83496E-05	0,001082342	0,0004382
		4,08	6978		0,00073965	0,00164543	0,000267424	0,001912849	0,00046884
		4,44	6979		0	0,00123892	9,90976E-08	0,001239022	0,00027906

2 Einzelergebnisse der Gesteinskörnung 2 (Festgestein)**Tabelle 2a:** Ergebnisse der CT-Analyse der Einzelkörner

Art der Gesteinskörnung	Gesteinsart	Masse des Einzelkorns [g]	Bezeichnung des CT-Datensatzes	Voxelgröße [µm]	mit CT ermittelte Oberflächenanteile [m²]				
					von außen nicht zugängliche Risse/Poren	Mantelfläche	von außen zugängliche Risse/Poren	Mantelfläche + von außen zugängliche Risse/Poren	
								absolut [m²]	relativ [m²/g]
GK2 (Festgestein)	Grauwacke	1,03	6860	11,2	2,9378E-07	0,00053102	2,66761E-06	0,000533687	0,00051814
		1,12	6861		5,8706E-08	0,00062262	0	0,000622616	0,00055591
		0,66	6862		7,6719E-07	0,00047354	8,47724E-07	0,000474391	0,00071877
		2,23	6863		2,5866E-07	0,00091449	5,48675E-07	0,000915042	0,00041033
		2,04	6864		0	0,00095469	3,03314E-07	0,000954995	0,00046813
		1,9	6865		0	0,00097825	1,71727E-06	0,000979963	0,00051577
		1,39	6866		1,139E-07	0,00072072	0	0,000720719	0,0005185
		1,08	6867		0	0,00072582	1,48019E-07	0,000725968	0,00067219
		2,11	6868		9,985E-08	0,00102792	6,28454E-07	0,001028552	0,00048747
		3,98	6869		4,9172E-08	0,00160807	1,20523E-06	0,001609278	0,00040434

3 Einzelergebnisse der Gesteinskörnung 3 (Festgestein)**Tabelle 3a:** Ergebnisse der CT-Analyse der Einzelkörner

Art der Gesteinskörnung	Gesteinsart	Masse des Einzelkorns [g]	Bezeichnung des CT-Datensatzes	Voxelgröße [µm]	mit CT ermittelte Oberflächenanteile [m ²]				
					von außen nicht zugängliche Risse/Poren	Mantelfläche	von außen zugängliche Risse/Poren	Mantelfläche + von außen zugängliche Risse/Poren	
								absolut [m ²]	relativ [m ² /g]
GK3 (Festgestein)	Rhyolith	1,53	6890	16,5	5,1412E-06	0,00089981	1,85941E-05	0,000918407	0,00060027
		1,66	6891		4,5193E-07	0,00091221	8,53558E-06	0,000920748	0,00055467
		2,68	6892		6,1779E-06	0,00131594	4,15666E-05	0,001357503	0,00050653
		2,56	6893		6,9222E-06	0,0011275	2,93486E-05	0,001156851	0,0004519
		2,89	6894		1,3558E-07	0,0013042	1,24271E-05	0,001316629	0,00045558
		3,08	6895		4,4192E-06	0,00124032	6,88139E-06	0,001247203	0,00040494
		5,18	6896		7,9715E-07	0,00197001	6,97341E-06	0,001976983	0,00038166
		3,44	6897		9,3834E-06	0,00141833	2,2061E-05	0,001440392	0,00041872
		5,07	6898		1,4369E-06	0,00195684	6,57484E-06	0,001963413	0,00038726
		3,47	6899		8,6902E-07	0,00149594	3,58717E-06	0,001499525	0,00043214

4 Einzelergebnisse der Gesteinskörnung 4 (Kies)

Tabelle 4a: Ergebnisse der CT-Analyse der Einzelkörner

Art der Gesteinskörnung	Gesteinsart	Masse des Einzelkorns [g]	Bezeichnung des CT-Datensatzes	Voxelgröße [µm]	mit CT ermittelte Oberflächenanteile [m ²]				
					von außen nicht zugängliche Risse/Poren	Mantelfläche	von außen zugängliche Risse/Poren	Mantelfläche + von außen zugängliche Risse/Poren	
								absolut [m ²]	relativ [m ² /g]
GK4 (Kies)	Sandstein	0,84	6980	21,1	0	0,00056741	0	0,00056741	0,00067549
		1,95	6981		0	0,000724256	0	0,000724256	0,00037141
		1,35	6982		1,06227E-05	0,000694755	8,69495E-06	0,00070345	0,00052107
		3,63	6983		5,03889E-06	0,001074273	2,26167E-07	0,001074499	0,00029601
		3,35	6984		7,44249E-05	0,001282551	0,000533506	0,001816057	0,00054211
		4,19	6985		7,09077E-05	0,001564984	0,000109369	0,001674353	0,00039961
		4,78	6986		0,001005696	0,001423957	4,22611E-05	0,001466218	0,00030674
		5,28	6987		0,000324734	0,001661378	2,00647E-05	0,001681442	0,00031846
		6,26	6988		0,000179565	0,001905436	4,91236E-05	0,001954559	0,00031223
	8,3	6989	0,000380141	0,002198532	1,58895E-05	0,002214422	0,0002668		
	Tonstein	3,6	6960	21,1	0,000172415	0,001299755	2,56209E-05	0,001325376	0,00036816
		1,59	6961		4,28292E-07	0,000713681	9,34051E-07	0,000714615	0,000449444
		1,61	6962		5,36113E-05	0,000901112	0,000517066	0,001418178	0,000880856
		3,27	6963		0	0,001145322	1,26262E-06	0,001146585	0,000350638
		1,13	6964		0	0,001448493	0	0,001448493	0,001281853
		2,78	6965		0,000703936	0,001023917	0,00046634	0,001490257	0,000536064
		2,39	6966		4,35237E-06	0,000853631	0	0,000853631	0,000357168
		2,63	6967		0,000216333	0,0011177	4,54978E-05	0,001163197	0,00044228
		4,34	6968		0	0,001703565	8,01378E-07	0,001704366	0,000392711
2,51		6969	1,13048E-05		0,001060394	1,5618E-06	0,001061956	0,00042309	

Tabelle 4b: Ergebnisse der CT-Analyse der Einzelkörner

Art der Gesteinskörnung	Gesteinsart	Masse des Einzelkorns [g]	Bezeichnung des CT-Datensatzes	Voxelgröße [µm]	mit CT ermittelte Oberflächenanteile [m ²]				
					von außen nicht zugängliche Risse/Poren	Mantelfläche	von außen zugängliche Risse/Poren	Mantelfläche + von außen zugängliche Risse/Poren	
								absolut [m ²]	relativ [m ² /g]
GK4 (Kies)	Grauwacke	8,19	6870	16,5	0,00056113	0,00233185	0,000124856	0,002456705	0,00029996
		5,28	6871		6,1678E-05	0,0019863	3,93107E-05	0,002025608	0,00038364
		8,67	6872		0,00055571	0,00270485	0,000303614	0,003008461	0,000347
		5,99	6873		1,7065E-06	0,00313219	3,87826E-05	0,003170974	0,00052938
		4,89	6874		0,00167739	0,0016904	0,000491697	0,0021821	0,00044624
		2,61	6875		3,2572E-06	0,00143111	4,01841E-06	0,001435132	0,00054986
		6,3	6876		0,00070955	0,00216107	0,000111209	0,002272279	0,00036068
		3,86	6877		8,4095E-05	0,00150686	7,54078E-06	0,001514397	0,00039233
		3,09	6878		0,0004121	0,00230806	0,000289113	0,002597174	0,00084051
	2,63	6879	9,8756E-06	0,00123752	2,8755E-06	0,001240392	0,00047163		
	1,53	6950	11,2	2,1384E-05	0,00081515	6,23023E-05	0,000877456	0,0005735	
	0,72	6951		1,581E-06	0,0005084	1,40889E-05	0,000522492	0,00072568	
	1,09	6952		3,6295E-05	0,00068031	0,000184146	0,000864458	0,00079308	
	0,98	6953		1,1689E-05	0,00057561	5,52716E-05	0,000630882	0,00064376	
	1,92	6954		1,0118E-06	0,00087139	1,58932E-05	0,000887287	0,00046213	
	1,76	6955		7,229E-05	0,00093929	6,89579E-05	0,001008246	0,00057287	
	3,17	6956		0,00013616	0,00143475	0,000364872	0,001799623	0,0005677	
	2,77	6957		0,00013672	0,00128294	0,000525782	0,001808717	0,00065297	
	2,69	6958		4,9538E-05	0,00161573	5,91307E-05	0,001674864	0,00062263	
6,15	6959	0,00010908	0,00187066	9,90976E-08	0,001870756	0,00030419			

Anlage A1

Ergebnisse der BET-Oberflächenanalyse an CT-Einzelkörnern und Korngemengen aller Gesteinskörnungen

Inhalt

1	Oberflächenanalyse an Einzelkörnern.....	2
2	Oberflächenanalyse an Korngemengen ausgewählter Kornfraktionen.....	3

1 Oberflächenanalyse an Einzelkörnern

Probe	Mit BET bestimmte spezifische Oberfläche an CT-Einzelkörnern der Fraktion 8/16 [m ² /g] ¹⁾								
	GK1			GK2	GK3	GK4			
	Quarz/Quarzit	Rhyolith	Plutonit	Grauwacke	Rhyolith	Sandstein	Tonstein	Grauwacke	Granit
0	0,043	0,511	0,732	5,521	0,548	8,689	1,624	0,467	0,503
1	0,197	2,58	0,537	0,153	0,609	1,188	0,543	0,62	0,202
2	0,109	1,769	0,804	5,172	0,544	2,193	1,063	1,496	0,425
3	0,046	Probe zerbrochen!	nicht messbar	0,518	0,803	2,978	0,043	0,476	0,355
4	0,242	1,977	3,33	0,501	0,451	2,055	0,11	3,025	0,569
5	0,144	0,482	1,953	0,149	1,534	nicht messbar	1,159	0,4	0,575
6	0,067	2,782	0,575	0,101	0,77	9,697	2,757	1,838	0,311
7	0,31	1,043	0,98	0,49	0,708	7,538	0,38	3,821	0,483
8	nicht messbar	0,838	0,215	0,059	0,252	nicht messbar	nicht messbar	0,971	0,399
9	nicht messbar	0,838	0,215	0,059	0,252	nicht messbar	nicht messbar	0,971	0,399
MW	0,14	1,41	1,11	1,41	0,69	4,91	0,858	1,46	0,421
MW, gewichtet	$(0,68 \cdot 0,14) + (0,08 \cdot 1,41) + (0,05 \cdot 1,11) = 0,26$					$(0,48 \cdot 4,91) + (0,22 \cdot 0,858) + (0,16 \cdot 1,46) + (0,06 \cdot 0,421) = 2,83$			
Legende:	1) Messung erfolgte mit Krypton								

2 Oberflächenanalyse an Korngemengen ausgewählter Kornfraktionen

Probe	Mit BET bestimmte spezifische Oberfläche an Korngemengen der Fraktion 2/8 und 8/16 [m ² /g] ¹⁾									
	Messung	GK1			GK2	GK3	GK4			
		Quarz/Quarzit	Rhyolith	Plutonit	Grauwacke	Rhyolith	Sandstein	Tonstein	Grauwacke	Granit
KG 2/8	1	0,97			2,33; 2,98 ²⁾	0,89; 0,89 ²⁾	3,11			
	2	0,75			2,32; 2,85 ²⁾	0,90; 1,03 ²⁾	3,12			
	3	2,29			2,60; 3,70 ²⁾	0,76; 0,85 ²⁾	2,77			
	Mittelwert	1,34			2,42; 3,18 ²⁾	0,85; 0,92 ²⁾	3,00			
KG 8/16	1	2,85			0,96	0,69	1,31			
	2	2,55			0,90	0,37	0,66			
	3	0,42			1,21	0,9	0,7			
	Mittelwert	1,94			1,03	0,65	0,89			
Legende:		1) Messung erfolgte mit Stickstoff, 3 x 20 g Einwaage 2) Korngruppen 2/5; 5/8								

Anlage A2

Ergebnisse der Quecksilber-Druckporosimetrie an ausgewählten Einzelkörnern aller Gesteinskörnungen

Inhalt

1	GK1 (Kies).....	2
2	GK2 (Festgestein: Grauwacke).....	4
3	GK3 (Festgestein: Rhyolith)	5
4	GK4 (Kies).....	6

1 GK1 (Kies)

1.1 Quarz

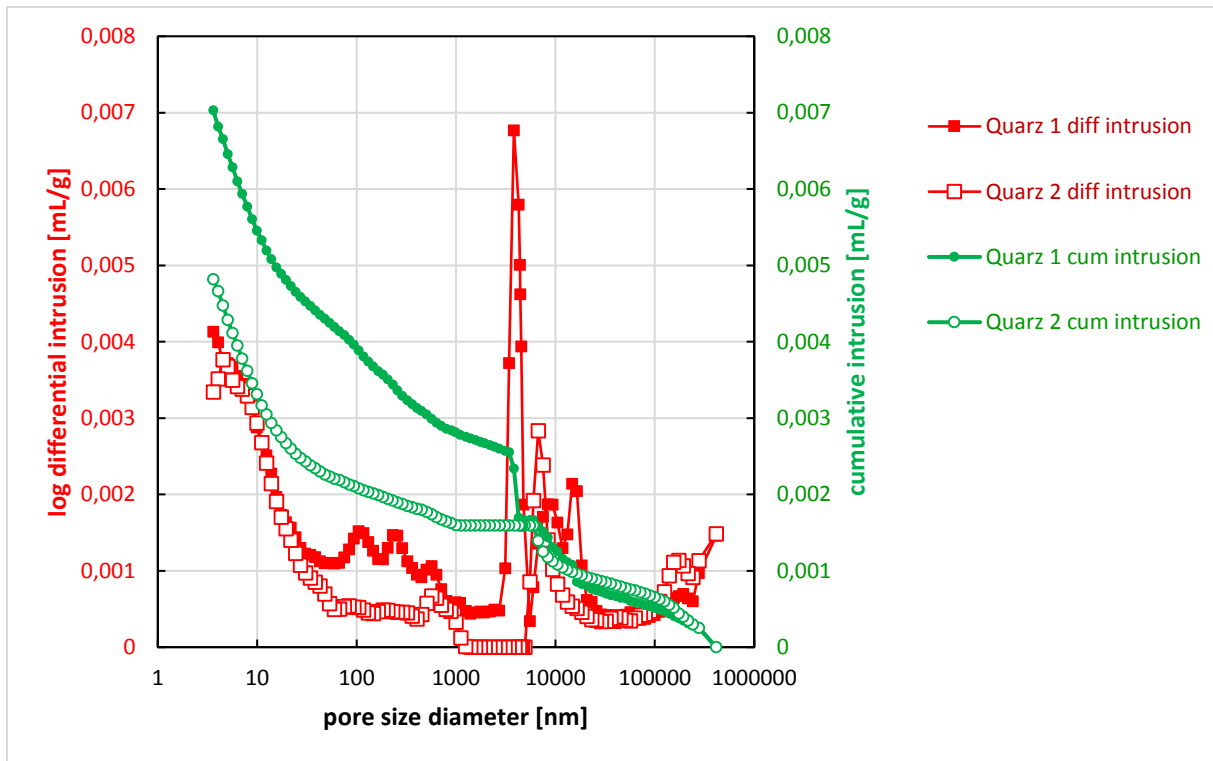


Abbildung 1: Differenzieller und kumulativer Quecksilbereintrag in zwei Einzelkornproben der **GK1 (Quarz)** in Abhängigkeit vom Porendurchmesser

1.2 Rhyolith

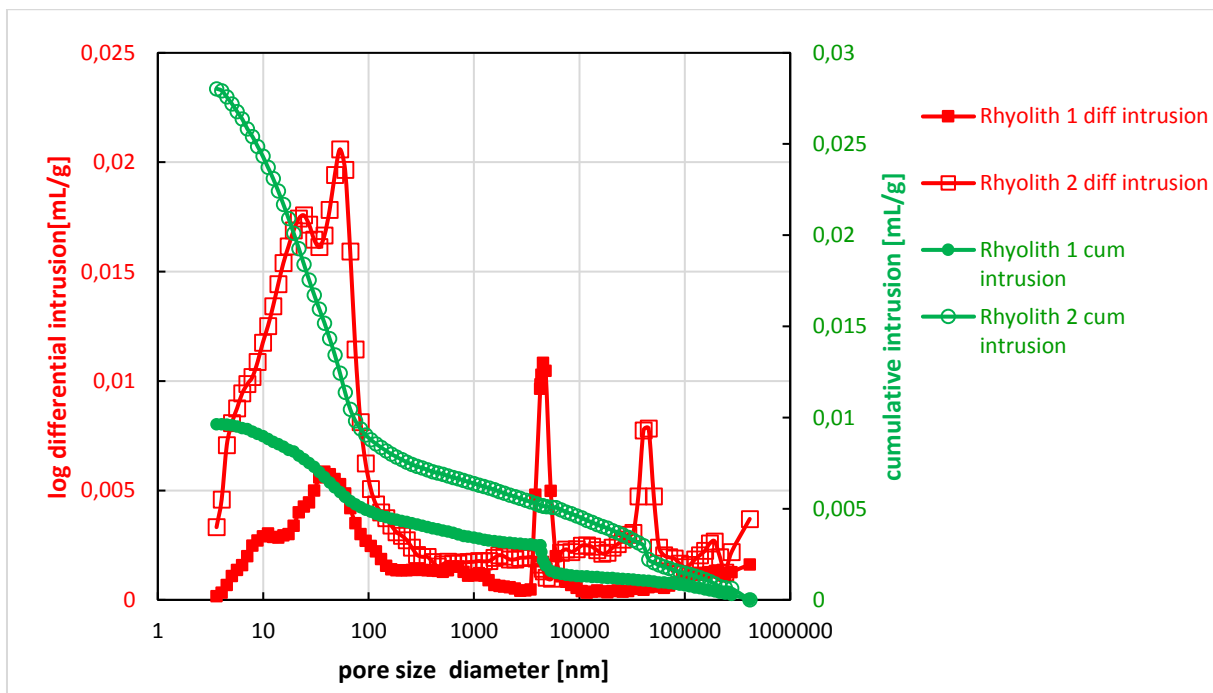


Abbildung 2: Differenzieller und kumulativer Quecksilbereintrag in zwei Einzelkornproben der **GK1 (Rhyolith)** in Abhängigkeit vom Porendurchmesser

1.3 Plutonit

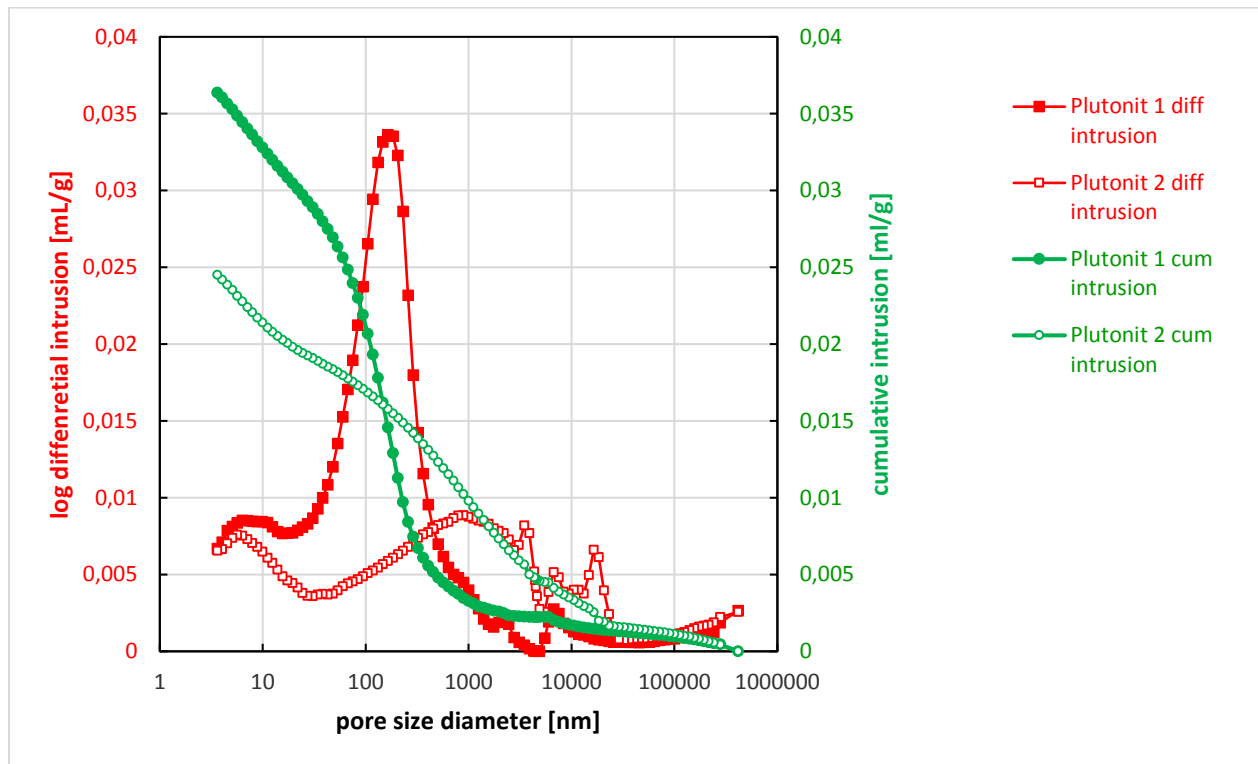


Abbildung 3: Differentieller und kumulativer Quecksilbereintrag in zwei Einzelkornproben der **GK1 (Plutonit)** in Abhängigkeit vom Porendurchmesser

Tabelle 1: Ausgewählte Parameter der Einzelkörner

GK1	Ausgangs- masse	mittlerer Porendurchmesser	Porosität	spez. Oberfläche
	[g]	[nm]	[Vol.-%]	[m ² /g]
Quarzkorn 1	6,0988	19,62	1,8289	1,434
Quarzkorn 2	5,95	14,47	1,2701	1,332
Rhyolithkorn 1	1,7656	38,5	2,4674	1,001
Rhyolithkorn 2	2,196	23,19	6,7318	4,836
Plutonitkorn 1	4,1271	33,91	8,8145	4,288
Plutonitkorn 2	4,3985	32,38	6,4441	3,028

2 GK2 (Festgestein: Grauwacke)

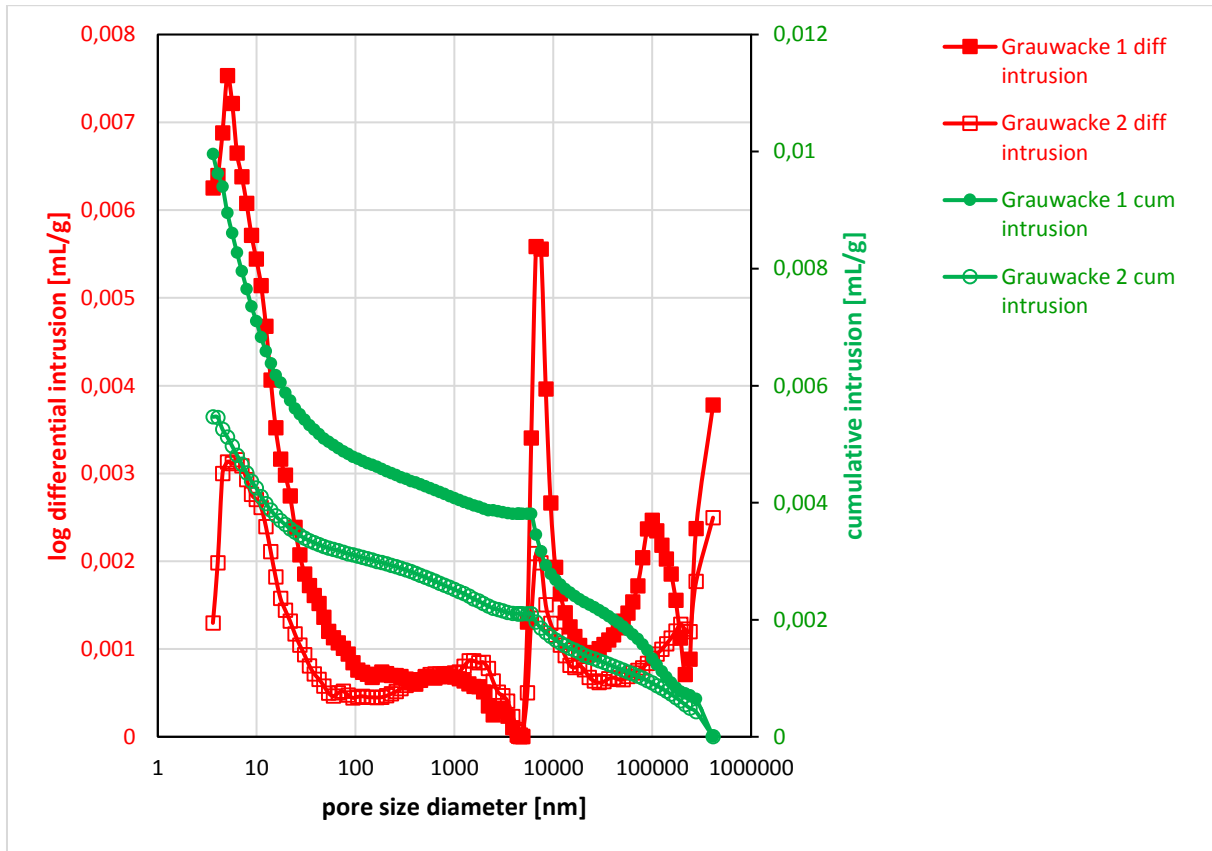


Abbildung 4: Differentieller und kumulativer Quecksilbereintrag in zwei Einzelkornproben der **GK2** in Abhängigkeit vom Porendurchmesser

Tabelle 2: Ausgewählte Parameter der Einzelkörner

GK2	Ausgangs- masse	mittlerer Porendurchmesser	Porosität	spez. Oberfläche
	[g]	[nm]	[Vol.-%]	[m ² /g]
Grauwackekorn 1	4,2091	2,6616	15,71	2,536
Grauwackekorn 2	5,6232	1,4793	20,15	1,085

3 GK3 (Festgestein: Rhyolith)

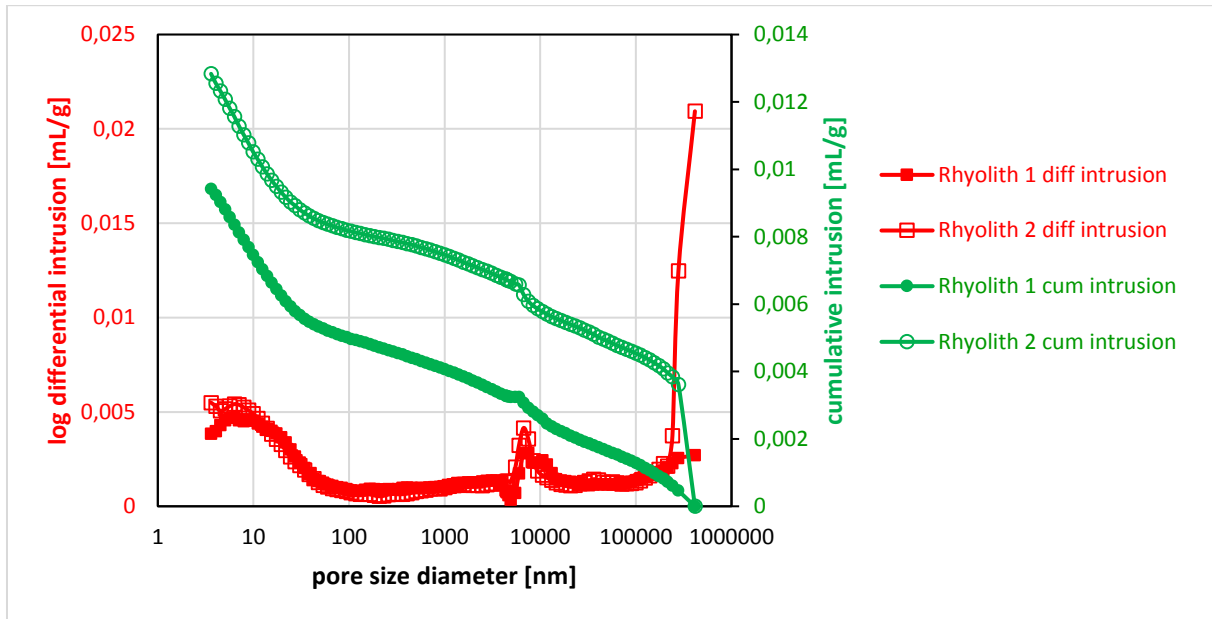


Abbildung 5: Differenzieller und kumulativer Quecksilbereintrag in zwei Einzelkornproben der **GK3** in Abhängigkeit vom Porendurchmesser

Tabelle 3: Ausgewählte Parameter der Einzelkörner

GK3	Ausgangs- masse	mittlerer Porendurchmesser	Porosität	spez. Oberfläche
	[g]	[nm]	[Vol.-%]	[m ² /g]
Grauwackekorn 1	5,5320	2,4525	20,14	1,87
Grauwackekorn 2	4,9045	3,2540	24,18	2,12

4 GK4 (Kies)

4.1 Sandstein

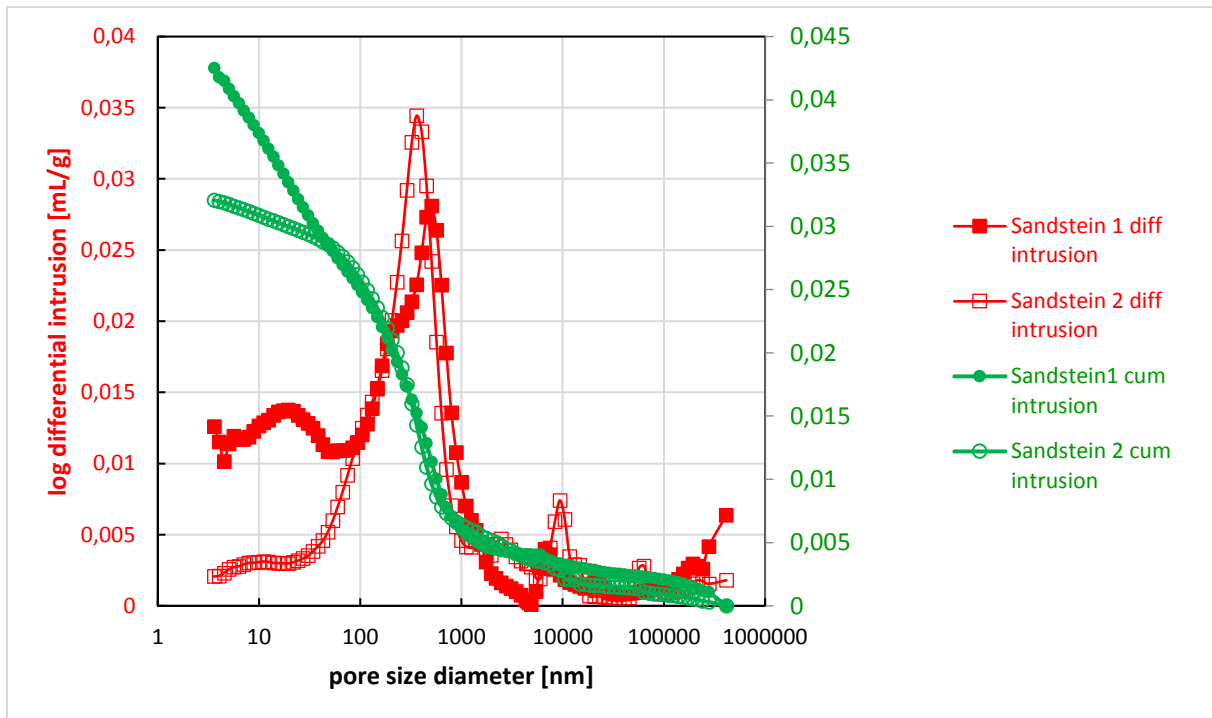


Abbildung 6: Differenzieller und kumulativer Quecksilbereintrag in zwei Einzelkornproben der **GK4 (Sandstein)** in Abhängigkeit vom Porendurchmesser

4.2 Tonstein

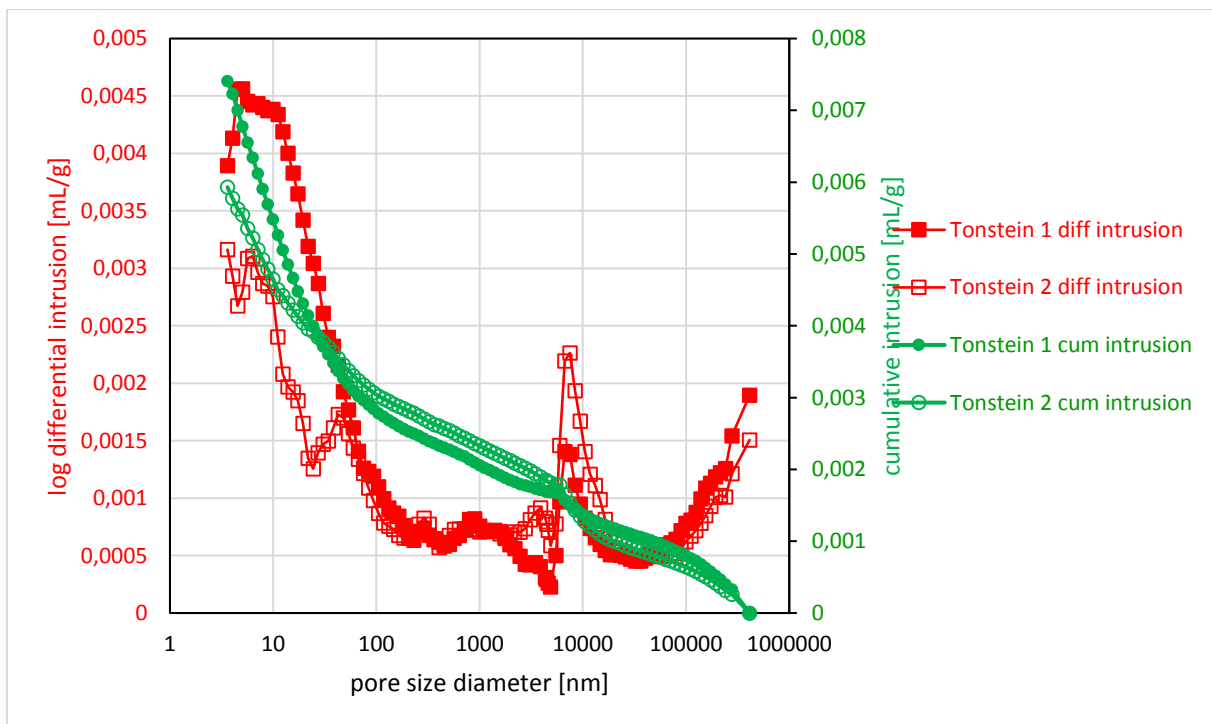


Abbildung 7: Differenzieller und kumulativer Quecksilbereintrag in zwei Einzelkornproben der **GK4 (Tonstein)** in Abhängigkeit vom Porendurchmesser

4.3 Grauwacke

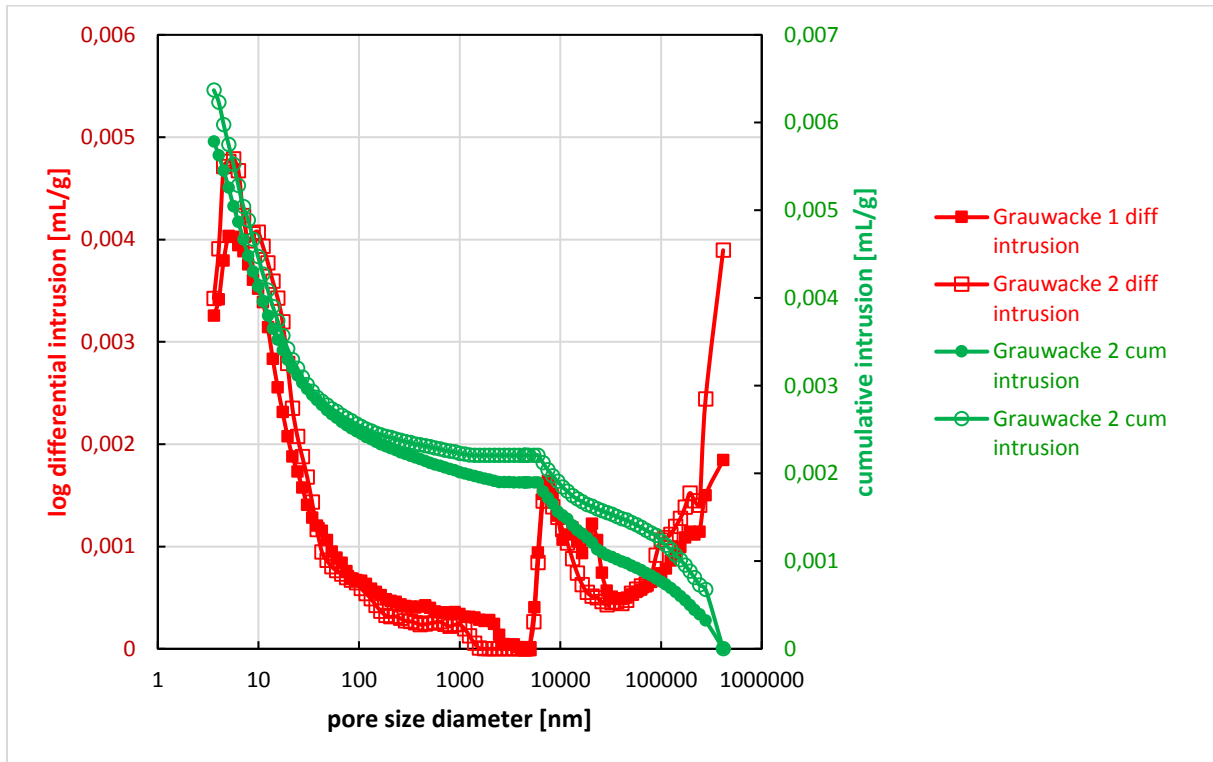


Abbildung 8: Differenzieller und kumulativer Quecksilbereintrag in zwei Einzelkornproben der GK4 (Grauwacke) in Abhängigkeit vom Porendurchmesser

4.4 Granit

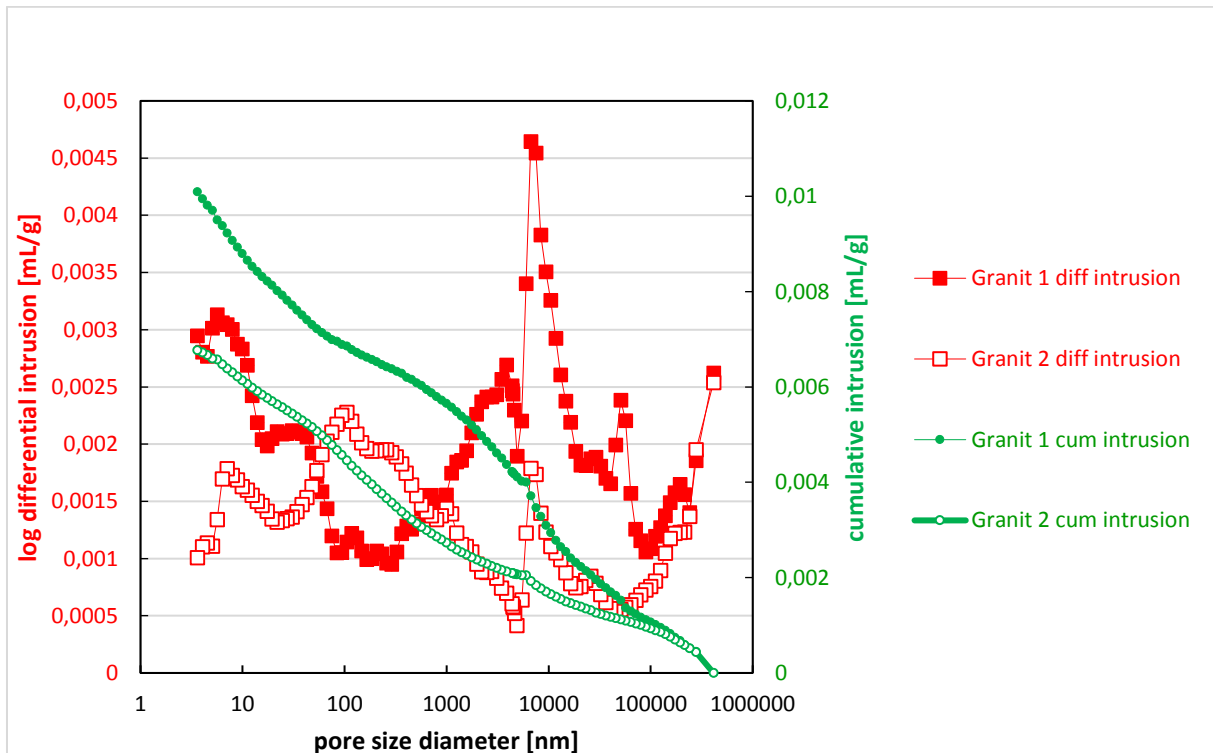


Abbildung 9: Differenzieller und kumulativer Quecksilbereintrag in zwei Einzelkornproben der GK4 (Granit) in Abhängigkeit vom Porendurchmesser

Tabelle 4: Ausgewählte Parameter der Einzelkörner

GK4	Ausgangs- masse	mittlerer Porendurchmesser	Porosität	spez. Oberfläche
	[g]	[nm]	[Vol.-%]	[m ² /g]
Sandstein 1	3,9330	10,5686	29,03	5,858
Sandstein 2	8,8016	7,9141	76,00	1,687
Tonstein 1	6,3138	1,9308	15,84	1,870
Tonstein 2	7,0203	1,5593	19,92	1,192
Grauwacke 1	5,8992	1,5419	15,40	1,501
Grauwacke 2	4,9061	1,7343	14,60	1,745
Granit 1	6,3360	2,6196	32,00	1,262
Granit 2	8,6978	1,7468	39,38	0,688

Anlage A3

Ergebnisse der AKR-Schnellprüfverfahren nach Alkali-Richtlinie (2013) für die einzelnen Gesteinskörnungen

Inhalt

1	GK1 (Kies) mit Prüfung der Fraktionen 2/8 mm, 8/16 mm und 16/22 mm im Volumenverhältnis 28:29:43.....	2
2	GK2 (Grauwacke) mit Prüfung der Fraktionen 8/16 mm	3
3	GK3 (Rhyolith) mit Prüfung der Fraktionen 8/16 mm.....	4
4	GK4 (Kies) mit Prüfung der Fraktionen 2/8 mm, 8/16 mm und 16/22 mm im Volumenverhältnis 28:29:43.....	5

1 **GK1 (Kies)** mit Prüfung der Fraktionen 2/8 mm, 8/16 mm und 16/22 mm im
Volumenverhältnis 28:29:43

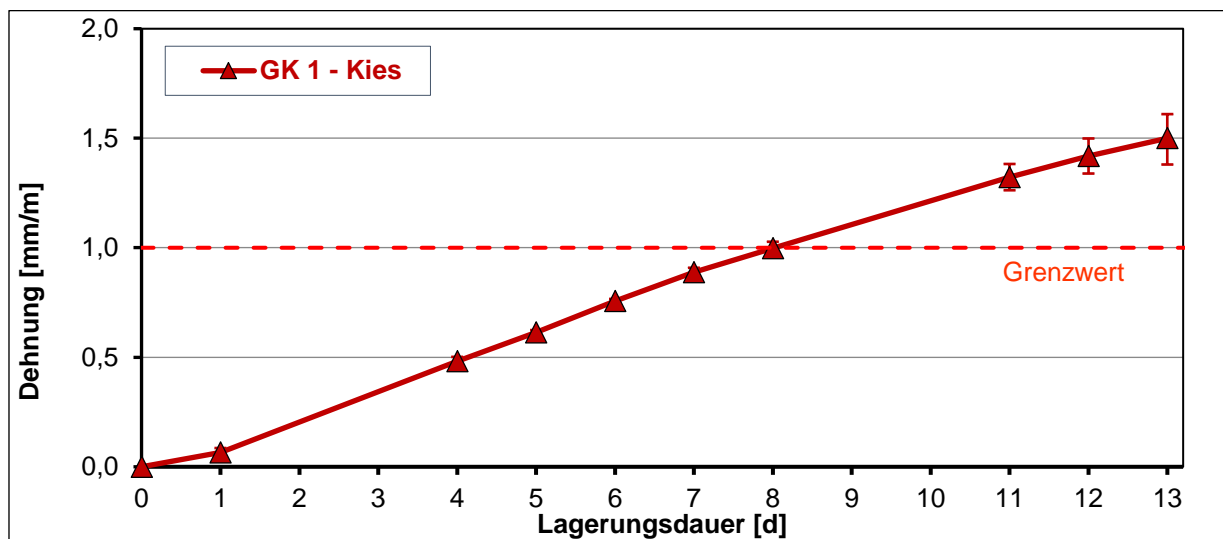


Abbildung 1: Zeitlicher Verlauf der Dehnung der Mörtelprismen

Tabelle 1a Einzelwerte der Dehnungsmessungen (Serie 1)

GK1-1	Einwirkung NaOH-Lösung (1 mol)		
	Dauer	Probekörper 1	Probekörper 2
[d]	[mm/m]		
1	0,06	0,05	0,01
4	0,48	0,43	0,48
5	0,64	0,61	0,63
6	0,77	0,72	0,73
7	0,93	0,84	0,84
8	1,01	0,92	0,97
11	1,35	1,19	1,24
12	1,42	1,26	1,33
13	1,47	1,31	1,40

Tabelle 1b Einzelwerte der Dehnungsmessungen (Serie 2)

GK1-2	Einwirkung NaOH-Lösung (1 mol)		
	Dauer	Probekörper 1	Probekörper 2
[d]	[mm/m]		
1	0,10	0,09	0,08
4	0,51	0,52	0,48
5	0,61	0,63	0,57
6	0,78	0,82	0,72
7	0,92	0,96	0,83
8	1,05	1,10	0,94
11	1,41	1,46	1,28
12	1,50	1,58	1,42
13	1,61	1,69	1,52

2 GK2 (Grauwacke) mit Prüfung der Fraktionen 8/16 mm

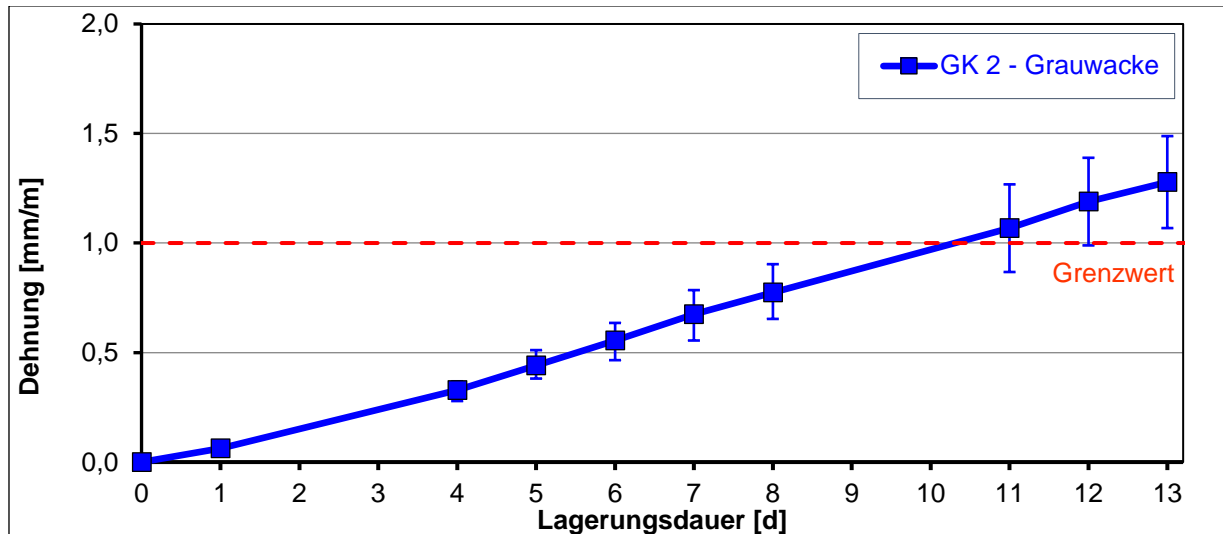


Abbildung 2: Zeitlicher Verlauf der Dehnung der Mörtelprismen

Tabelle 2-1: Einzelwerte der Dehnungsmessungen (Serie 1)

GK2a			
Einwirkung NaOH-Lösung (1mol)			
Dauer	Probekörper 1	Probekörper 2	Probekörper 3
[d]	[mm/m]		
1	0,04	0,06	0,04
4	0,30	0,30	0,25
5	0,39	0,39	0,35
6	0,51	0,46	0,43
7	0,59	0,62	0,49
8	0,68	0,69	0,57
11	0,89	0,92	0,78
12	1,01	1,05	0,92
13	1,09	1,12	0,99

Tabelle 2-2: Einzelwerte der Dehnungsmessungen (Serie 2)

GK2b			
Einwirkung NaOH-Lösung (1mol)			
Dauer	Probekörper 1	Probekörper 2	Probekörper 3
[d]	[mm/m]		
1	0,09	0,12	0,03
4	0,37	0,43	0,33
5	0,52	0,56	0,44
6	0,67	0,72	0,54
7	0,82	0,88	0,66
8	0,93	1,01	0,76
11	1,31	1,40	1,10
12	1,42	1,52	1,22
13	1,53	1,63	1,31

3 GK3 (Rhyolith) mit Prüfung der Fraktionen 8/16 mm

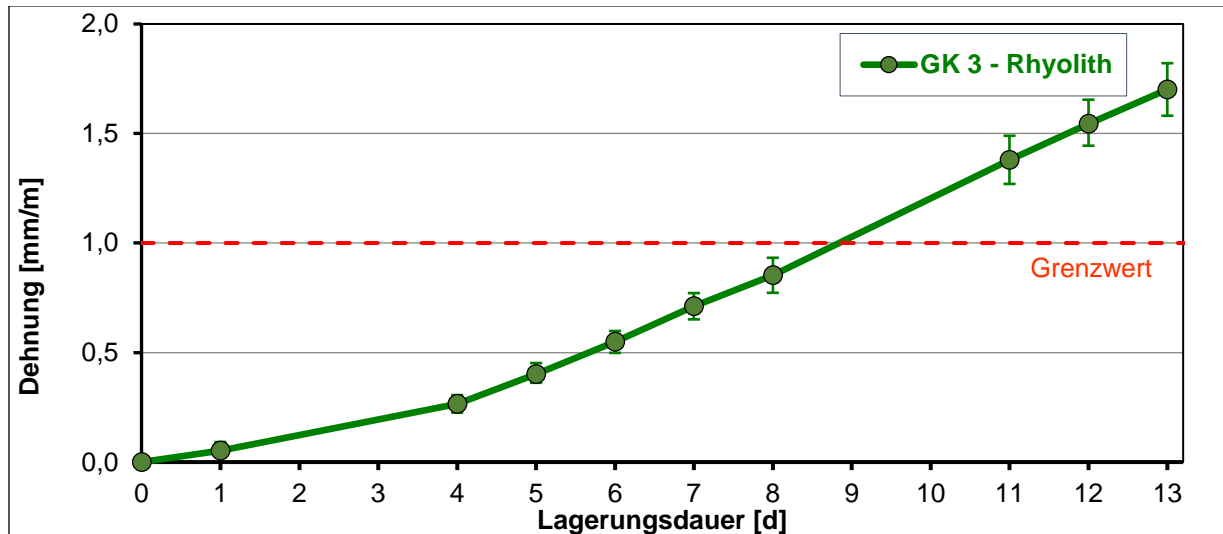


Abbildung 3: Zeitlicher Verlauf der Dehnung der Mörtelprismen

Tabelle 3a: Einzelwerte der Dehnungsmessungen (Serie 1)

GK3a	Einwirkung NaOH-Lösung (1mol)		
Dauer	Probekörper 1	Probekörper 2	Probekörper 3
[d]	[mm/m]		
1	0,01	0,03	0,01
4	0,21	0,25	0,22
5	0,33	0,38	0,36
6	0,47	0,51	0,51
7	0,62	0,67	0,67
8	0,74	0,79	0,79
11	1,21	1,28	1,32
12	1,38	1,44	1,49
13	1,53	1,58	1,65

Tabelle 3b: Einzelwerte der Dehnungsmessungen (Serie 2)

GK3b	Einwirkung NaOH-Lösung (1mol)		
Dauer	Probekörper 1	Probekörper 2	Probekörper 3
[d]	[mm/m]		
1	0,10	0,06	0,09
4	0,31	0,28	0,33
5	0,43	0,43	0,48
6	0,59	0,59	0,63
7	0,75	0,76	0,80
8	0,91	0,93	0,96
11	1,45	1,50	1,52
12	1,62	1,66	1,67
13	1,78	1,84	1,84

4 **GK4 (Kies)** mit Prüfung der Fraktionen 2/8 mm, 8/16 mm und 16/22 mm
im Volumenverhältnis 28:29:43

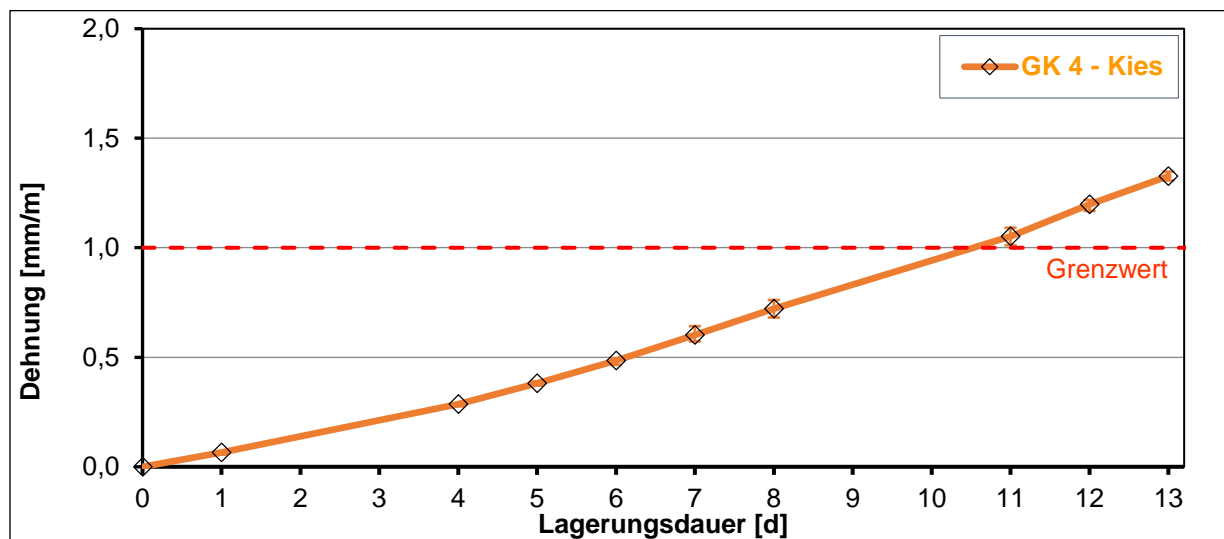


Abbildung 4: Zeitlicher Verlauf der Dehnung der Mörtelprismen

Tabelle 4a: Einzelwerte der Dehnungsmessungen (Serie 1)

GK4-1			
Einwirkung NaOH-Lösung (1 mol)			
Dauer	Probekörper 1	Probekörper 2	Probekörper 3
[d]	[mm/m]		
1	0,04	0,07	0,07
4	0,27	0,30	0,31
5	0,35	0,41	0,41
6	0,45	0,52	0,53
7	0,60	0,66	0,65
8	0,71	0,80	0,78
11	1,01	1,16	1,10
12	1,12	1,31	1,23
13	1,24	1,44	1,36

Tabelle 4b: Einzelwerte der 2. Dehnungsmessungen (Serie 2)

GK4-2			
Einwirkung NaOH-Lösung (1 mol)			
Dauer	Probekörper 1	Probekörper 2	Probekörper 3
[d]	[mm/m]		
1	0,08	0,08	0,06
4	0,30	0,28	0,25
5	0,38	0,38	0,36
6	0,49	0,46	0,46
7	0,59	0,53	0,58
8	0,69	0,64	0,70
11	1,01	0,97	1,05
12	1,16	1,13	1,23
13	1,29	1,26	1,37

Anlage A4

Ergebnisse der verschiedenartigen AKR-provozierenden Lagerungen der einzelnen Betonarten

Inhalt

1	Betonversuche mit der Gesteinskörnung GK1 (Kies)	2
2	Betonversuche mit der Gesteinskörnung GK2 (Festgestein).....	8
3	Betonversuche mit der Gesteinskörnung GK3 (Festgestein).....	14
4	Betonversuche mit der Gesteinskörnung GK4 (Kies)	20

1 Betonversuche mit der Gesteinskörnung GK1 (Kies)

1.1 Oberbeton 0/8 (Waschbeton) nach ARS 04/2013

1.1.1 60°C-Betonversuch mit externer Alkalizufuhr (3% und 10%)

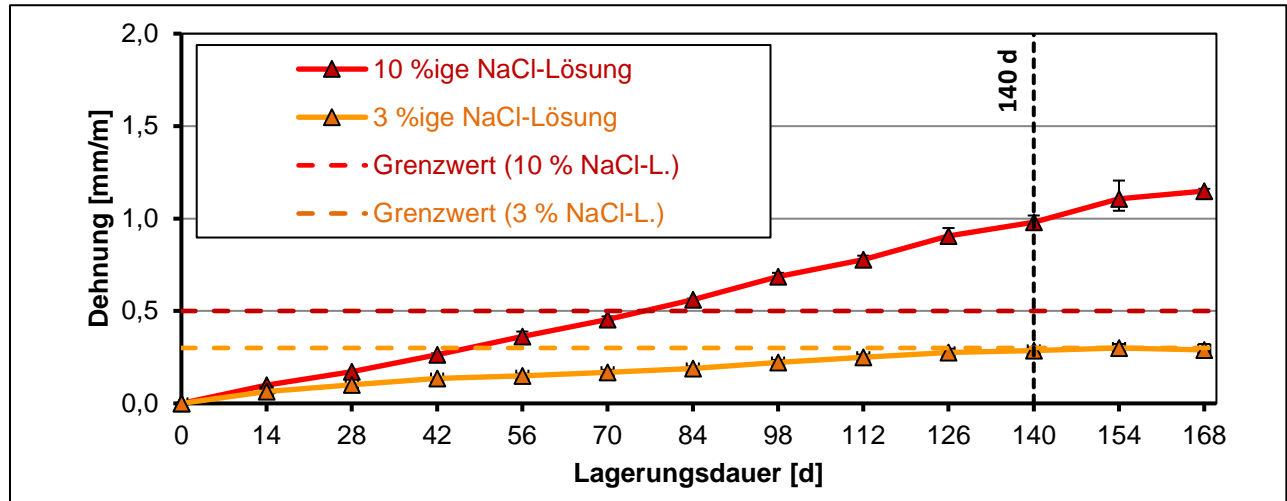


Abbildung 1.1.1 Diagramm mit Dehnungsverläufen

Tabelle 1.1.1a Einzelwerte der Dehnungsmessungen

OB 0/8	Einwirkung NaCl-Lösung (3%)			Einwirkung NaCl-Lösung (10%)		
Dauer	Probekörper 4	Probekörper 5	Probekörper 6	Probekörper 7	Probekörper 8	Probekörper 9
[d]	[mm/m]					
14	0,06	0,07	0,06	0,10	0,10	0,10
28	0,10	0,10	0,10	0,17	0,17	0,17
42	0,12	0,14	0,14	0,27	0,26	0,26
56	0,14	0,16	0,15	0,39	0,35	0,35
70	0,16	0,16	0,18	0,47	0,45	0,45
84	0,18	0,20	0,19	0,57	0,56	0,56
98	0,21	0,24	0,22	0,71	0,68	0,66
112	0,24	0,26	0,25	0,79	0,80	0,74
126	0,26	0,30	0,27	0,95	0,90	0,87
140	0,28	0,30	0,28	1,02	0,98	0,95
154	0,28	0,32	0,30	1,21	1,07	1,04
168	0,26	0,32	0,29	1,16	1,16	1,13

Tabelle 1.1.1b Einzelwerte der Massebestimmungen

OB 0/8	Einwirkung NaCl-Lösung (3%)			Einwirkung NaCl-Lösung (10%)		
Dauer	Probekörper 4	Probekörper 5	Probekörper 6	Probekörper 7	Probekörper 8	Probekörper 9
[d]	[M.-%]					
14	0,53	0,65	0,50	0,74	0,79	0,79
28	0,78	0,85	0,86	1,02	1,07	1,10
42	0,87	0,99	0,89	1,19	1,27	1,32
56	1,01	1,10	1,00	1,47	1,47	1,44
70	1,07	1,18	1,14	1,47	1,53	1,55
84	1,21	1,27	1,17	1,56	1,70	1,75
98	1,26	1,33	1,25	1,67	1,78	1,75
112	1,32	1,41	1,31	1,75	1,89	1,80
126	1,40	1,47	1,39	1,84	1,95	1,91
140	1,49	1,50	1,37	1,87	1,95	1,91
154	1,43	1,61	1,45	1,95	2,09	2,03
168	1,51	1,61	1,45	1,95	2,06	2,03

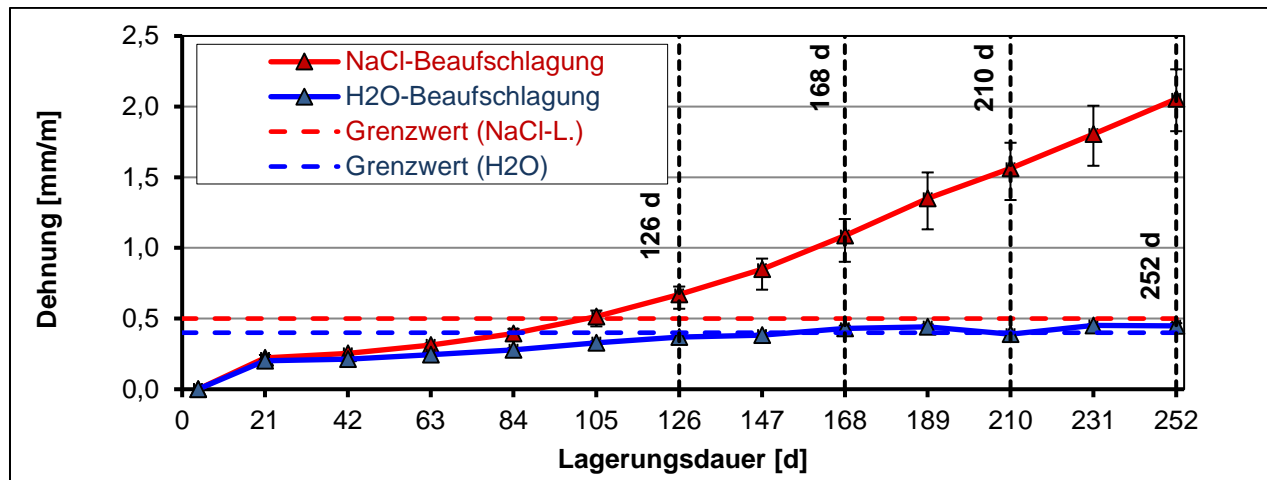
1.1.2 Klimawechsellaagerung mit H₂O - und NaCl-Beaufschlagung

Abbildung 1.1.2 Diagramm mit Dehnungsverläufen

Tabelle 1.1.2a Einzelwerte der Dehnungsmessungen

OB 0/8	Einwirkung Wasser			Einwirkung NaCl-Lösung (3,6 %)		
Dauer	Probekörper 10	Probekörper 11	Probekörper 12	Probekörper 13	Probekörper 14	Probekörper 15
[d]	[mm/m]					
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21	0,21	0,20	0,20	0,21	0,21	0,24
42	0,21	0,21	0,21	0,26	0,24	0,26
63	0,26	0,25	0,23	0,32	0,29	0,32
84	0,29	0,28	0,26	0,43	0,36	0,39
105	0,32	0,34	0,33	0,56	0,44	0,54
126	0,36	0,37	0,37	0,73	0,57	0,71
147	0,36	0,39	0,39	0,92	0,70	0,92
168	0,40	0,45	0,44	1,15	0,90	1,20
189	0,41	0,46	0,46	1,39	1,13	1,53
210	0,39	0,39	0,39	1,61	1,34	1,74
231	0,44	0,46	0,46	1,83	1,58	2,01
252	0,41	0,47	0,47	2,07	1,83	2,26

Tabelle 1.1.2b Einzelwerte der Massebestimmung

OB 0/8	Einwirkung Wasser			Einwirkung NaCl-Lösung (3,6 %)		
Dauer	Probekörper 10	Probekörper 11	Probekörper 12	Probekörper 13	Probekörper 14	Probekörper 15
[d]	[M.-%]					
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21	3,10	3,24	3,38	3,11	2,93	3,11
42	3,34	3,59	3,47	3,40	3,25	3,23
63	3,45	3,98	3,51	3,91	3,50	3,67
84	3,50	3,89	4,25	4,29	3,67	4,28
105	3,54	3,98	4,26	4,66	3,93	4,54
126	3,56	3,99	4,27	4,71	4,26	4,85
147	3,61	4,10	4,19	5,05	4,64	5,34
168	3,72	4,19	4,26	5,21	5,07	5,71
189	3,76	4,15	4,25	5,35	5,47	5,75
210	3,77	4,23	4,36	5,49	5,62	5,76
231	3,62	4,28	4,29	5,63	5,56	5,85
252	3,64	4,26	4,37	5,79	5,64	5,93

1.2 Oberbeton D>8/Unterbeton nach ARS 04/2013

1.2.1 60°C-Betonversuch mit externer Alkalizufuhr (3% und 10%)

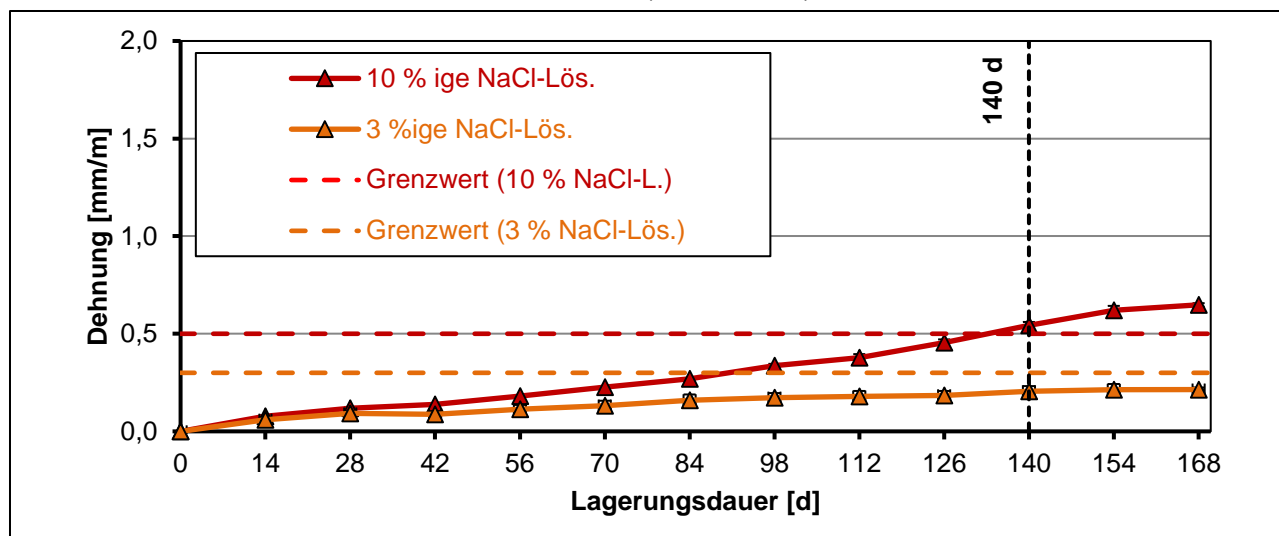


Abbildung 2.2.1 Diagramm mit Dehnungsverläufen

Tabelle 2.2.1a Einzelwerte der Dehnungsmessungen

OB/UB	Einwirkung NaCl-Lösung (3%)			Einwirkung NaCl-Lösung (10 %)			
	Dauer	Probekörper 4	Probekörper 5	Probekörper 6	Probekörper 7	Probekörper 8	Probekörper 9
	[d]	[mm/m]					
	14	0,04	0,07	0,06	0,07	0,08	0,08
	28	0,08	0,10	0,09	0,11	0,13	0,12
	42	0,07	0,10	0,09	0,13	0,14	0,14
	56	0,10	0,14	0,10	0,17	0,19	0,18
	70	0,12	0,16	0,11	0,22	0,23	0,23
	84	0,15	0,19	0,14	0,26	0,27	0,27
	98	0,16	0,20	0,16	0,34	0,33	0,35
	112	0,16	0,21	0,16	0,37	0,37	0,40
	126	0,17	0,21	0,17	0,47	0,43	0,47
	140	0,19	0,23	0,20	0,56	0,53	0,54
	154	0,19	0,24	0,21	0,62	0,64	0,60
	168	0,22	0,21	0,20	0,97	0,97	0,93

Tabelle 1.2.1b Einzelwerte der Massebestimmung

OB/UB	Einwirkung NaCl-Lösung (3%)			Einwirkung NaCl-Lösung (10 %)			
	Dauer	Probekörper 4	Probekörper 5	Probekörper 6	Probekörper 7	Probekörper 8	Probekörper 9
	[d]	[M.-%]					
	14	0,05	0,25	0,29	0,44	0,43	0,46
	28	0,16	0,33	0,32	0,52	0,54	0,57
	42	0,16	0,38	0,40	0,63	0,68	0,60
	56	0,24	0,49	0,48	0,74	0,76	0,65
	70	0,38	0,60	0,56	0,93	0,92	0,82
	84	0,49	0,71	0,77	0,93	1,01	0,84
	98	0,54	0,90	0,72	0,98	1,03	0,93
	112	0,62	0,87	0,80	1,07	1,11	1,01
	126	0,68	0,90	0,85	1,18	1,20	1,12
	140	0,70	0,98	0,91	1,18	1,22	1,14
	154	0,76	1,01	0,91	1,20	1,25	1,17
	168	0,76	1,03	0,96	1,18	1,25	1,14

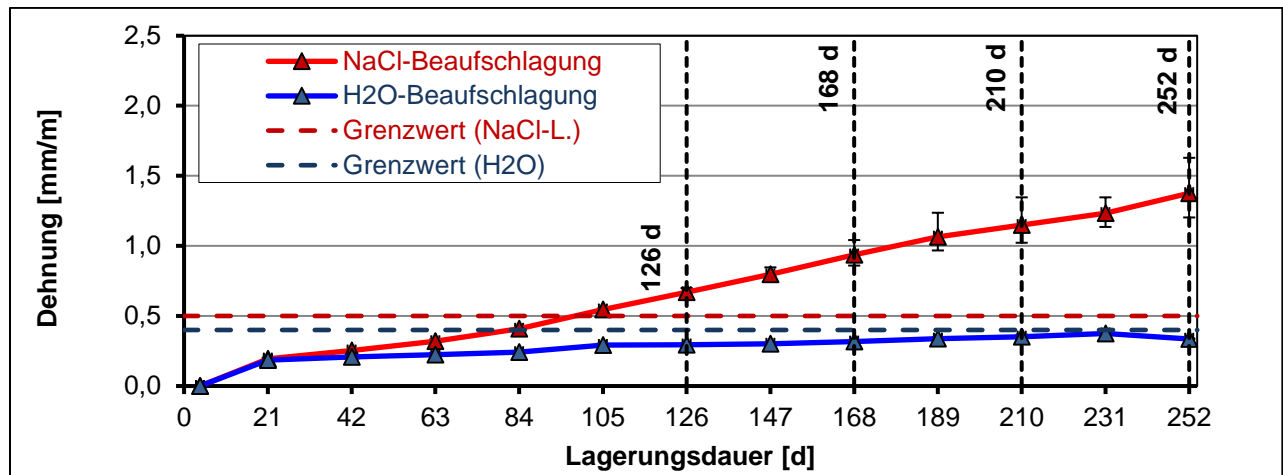
1.2.2 Klimawechsellaagerung mit H₂O - und NaCl-Beaufschlagung

Abbildung 1.2.2: Diagramm mit Dehnungsverläufen

Tabelle 1.2.2a: Einzelwerte der Dehnungsmessungen

OB/UB	Einwirkung Wasser			Einwirkung NaCl-Lösung (3,6 %)		
Dauer	Probekörper 10	Probekörper 11	Probekörper 12	Probekörper 13	Probekörper 14	Probekörper 15
[d]	[mm/m]					
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21	0,18	0,19	0,19	0,19	0,20	0,20
42	0,20	0,21	0,21	0,26	0,25	0,25
63	0,21	0,24	0,22	0,33	0,31	0,31
84	0,23	0,25	0,24	0,40	0,41	0,41
105	0,29	0,29	0,30	0,54	0,55	0,54
126	0,29	0,29	0,31	0,65	0,70	0,66
147	0,29	0,30	0,31	0,76	0,85	0,79
168	0,31	0,32	0,31	0,86	1,04	0,91
189	0,33	0,35	0,33	0,97	1,24	0,99
210	0,34	0,37	0,35	1,02	1,35	1,08
231	0,37	0,39	0,37	1,14	1,35	1,22
252	0,34	0,33	0,33	1,20	1,63	1,30

Tabelle 1.2.2b: Einzelwerte der Massebestimmungen

OB/UB	Einwirkung Wasser			Einwirkung NaCl-Lösung (3,6 %)		
Dauer	Probekörper 10	Probekörper 11	Probekörper 12	Probekörper 13	Probekörper 14	Probekörper 15
[d]	[M.-%]					
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21	2,75	2,74	2,63	2,66	2,70	2,64
42	2,91	2,87	2,83	3,06	3,11	2,92
63	2,92	2,90	2,98	3,30	3,47	3,35
84	2,97	2,93	2,92	3,52	3,55	3,54
105	2,97	3,01	2,94	3,57	3,80	3,77
126	3,06	3,05	3,06	3,59	4,11	4,14
147	3,16	3,08	3,03	3,74	4,20	4,06
168	3,10	2,96	2,89	3,81	4,39	3,93
189	3,06	2,93	2,87	3,96	4,21	3,74
210	2,98	2,99	2,81	3,54	4,10	3,83
231	2,85	2,71	2,80	3,83	4,16	3,98
252	3,04	2,98	2,91	4,03	4,34	4,16

1.3 Betonzusammensetzung nach Alkali-Richtlinie

1.3.1 60°C-Betonversuch

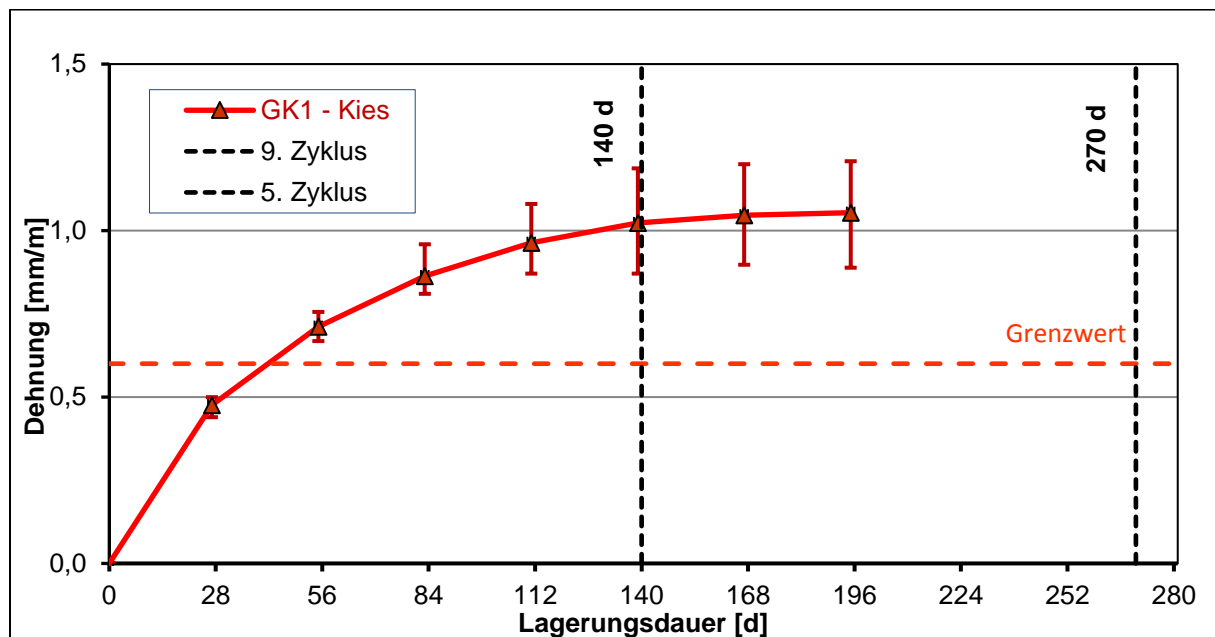


Abbildung 1.3.1: Diagramm mit Dehnungsverlauf

Tabelle 1.3.1: Einzelwerte der Dehnungsmessungen und Massebestimmungen

Beton nach Alkali-RL.	60°C-Betonversuch					
	Probekörper 16		Probekörper 17		Probekörper 18	
Dauer	Dehnung	Massenänderung	Dehnung	Massenänderung	Dehnung	Massenänderung
[d]	[mm/m]	[M.-%]	[mm/m]	[M.-%]	[mm/m]	[M.-%]
28	0,49	0,64	0,44	0,61	0,50	0,67
56	0,76	0,75	0,67	0,74	0,71	0,71
84	0,96	0,80	0,82	0,74	0,81	0,75
112	1,08	0,85	0,94	0,82	0,87	0,81
140	1,19	1,05	1,01	0,86	0,87	0,84
168	1,20	0,88	1,04	0,85	0,90	0,83
196	1,21	0,91	1,06	0,89	0,89	0,87

1.3.2 40°C-Betonversuch (Nebekammerlagerung)

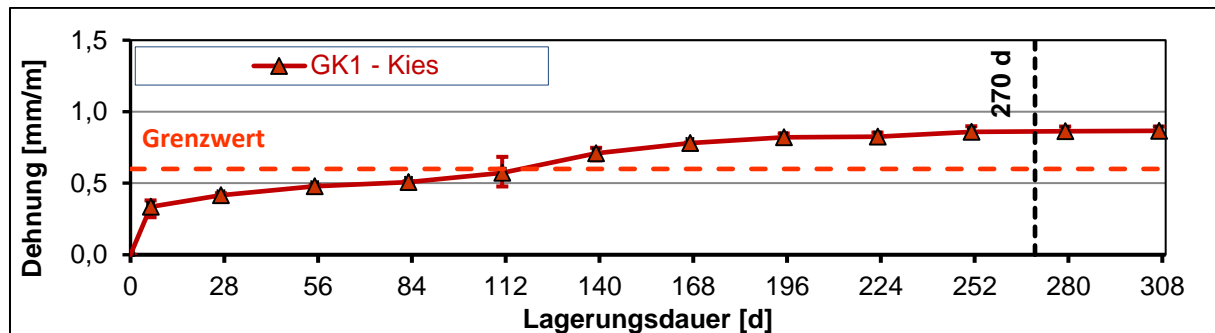


Abbildung 1.3.2: Dehnungsverlauf

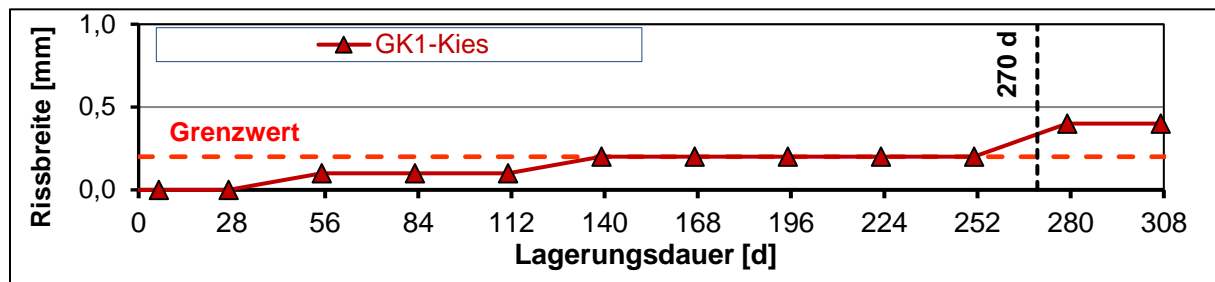


Abbildung 1.3.3: Rissweite der Würfel

Tabelle 1.3.2a: Einzelwerte der Dehnungsmessungen, Massebestimmungen und Rissweiten

Beton nach Alkali-RL.	40°C-Betonversuch					
	Probekörper 19		Probekörper 20		Probekörper 21	
Dauer	Dehnung	Massenänderung	Dehnung	Massenänderung	Dehnung	Massenänderung
[d]	[mm/m]	[M.-%]	[mm/m]	[M.-%]	[mm/m]	[M.-%]
6	0,26	0,45	0,38	0,44	0,47	0,36
28	0,40	0,88	0,43	0,82	0,41	0,79
56	0,48	0,95	0,49	0,87	0,46	0,84
84	0,51	1,05	0,51	0,96	0,50	0,93
112	0,68	1,15	0,55	1,08	0,48	1,04
140	0,72	1,19	0,75	1,14	0,66	1,10
168	0,78	1,23	0,78	1,18	0,78	1,17
196	0,80	1,25	0,85	1,20	0,81	1,19
224	0,80	1,17	0,85	1,15	0,82	1,19
252	0,82	1,22	0,90	1,16	0,85	1,17
280	0,83	1,26	0,90	1,20	0,86	1,20
308	0,84	1,26	0,90	1,22	0,86	1,22
Dauer [d]	Rissweite der Würfel [mm]					
6	0					
28	0					
56	0					
84	0					
112	0					
140	0,1					
168	0,1					
196	0,1					
224	0,2					
252	0,2					
280	0,2					
308	0,2					

2 Betonversuche mit der Gesteinskörnung GK2 (Festgestein)

2.1 Oberbeton 0/8 (Waschbeton) nach ARS 04/2013

2.1.1 60°C-Betonversuch mit externer Alkalizufuhr (3% und 10%)

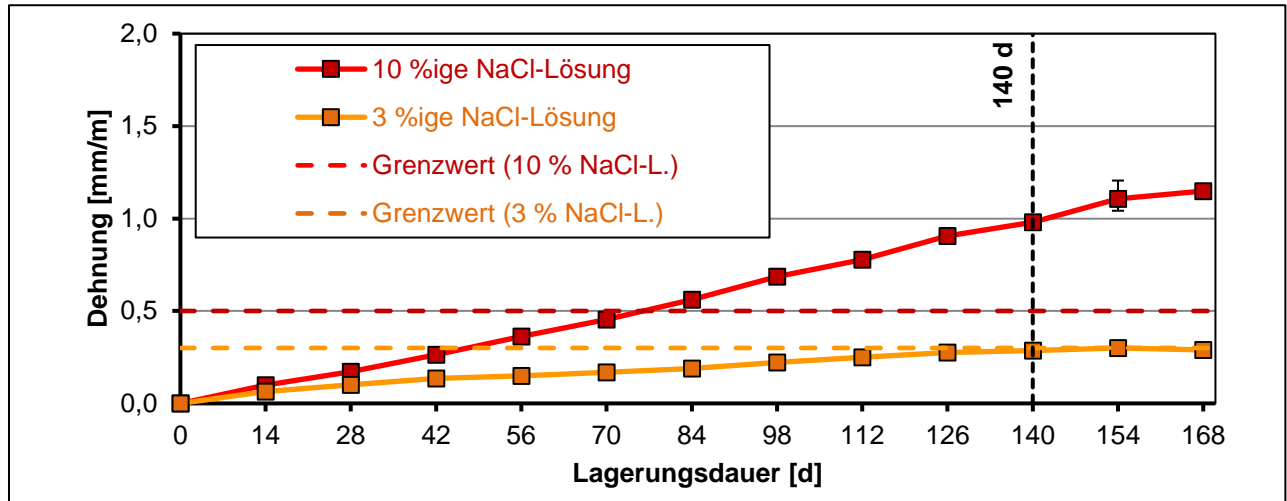


Abbildung 2.1.1 Diagramm mit Dehnungsverläufen

Tabelle 2.1.1a Einzelwerte der Dehnungsmessungen

OB 0/8 Dauer [d]	Einwirkung NaCl-Lösung (3%)			Einwirkung NaCl-Lösung (10%)		
	Probekörper 4	Probekörper 5	Probekörper 6	Probekörper 7	Probekörper 8	Probekörper 9
	[mm/m]					
14	0,06	0,07	0,06	0,10	0,10	0,10
28	0,10	0,10	0,10	0,17	0,17	0,17
42	0,12	0,14	0,14	0,27	0,26	0,26
56	0,14	0,16	0,15	0,39	0,35	0,35
70	0,16	0,16	0,18	0,47	0,45	0,45
84	0,18	0,20	0,19	0,57	0,56	0,56
98	0,21	0,24	0,22	0,71	0,68	0,66
112	0,24	0,26	0,25	0,79	0,80	0,74
126	0,26	0,30	0,27	0,95	0,90	0,87
140	0,28	0,30	0,28	1,02	0,98	0,95
154	0,28	0,32	0,30	1,21	1,07	1,04
168	0,26	0,32	0,29	1,16	1,16	1,13

Tabelle 2.1.1b Einzelwerte der Massebestimmungen

OB 0/8 Dauer [d]	Einwirkung NaCl-Lösung (3%)			Einwirkung NaCl-Lösung (10%)		
	Probekörper 4	Probekörper 5	Probekörper 6	Probekörper 7	Probekörper 8	Probekörper 9
	[M.-%]					
14	0,53	0,65	0,50	0,74	0,79	0,79
28	0,78	0,85	0,86	1,02	1,07	1,10
42	0,87	0,99	0,89	1,19	1,27	1,32
56	1,01	1,10	1,00	1,47	1,47	1,44
70	1,07	1,18	1,14	1,47	1,53	1,55
84	1,21	1,27	1,17	1,56	1,70	1,75
98	1,26	1,33	1,25	1,67	1,78	1,75
112	1,32	1,41	1,31	1,75	1,89	1,80
126	1,40	1,47	1,39	1,84	1,95	1,91
140	1,49	1,50	1,37	1,87	1,95	1,91
154	1,43	1,61	1,45	1,95	2,09	2,03
168	1,51	1,61	1,45	1,95	2,06	2,03

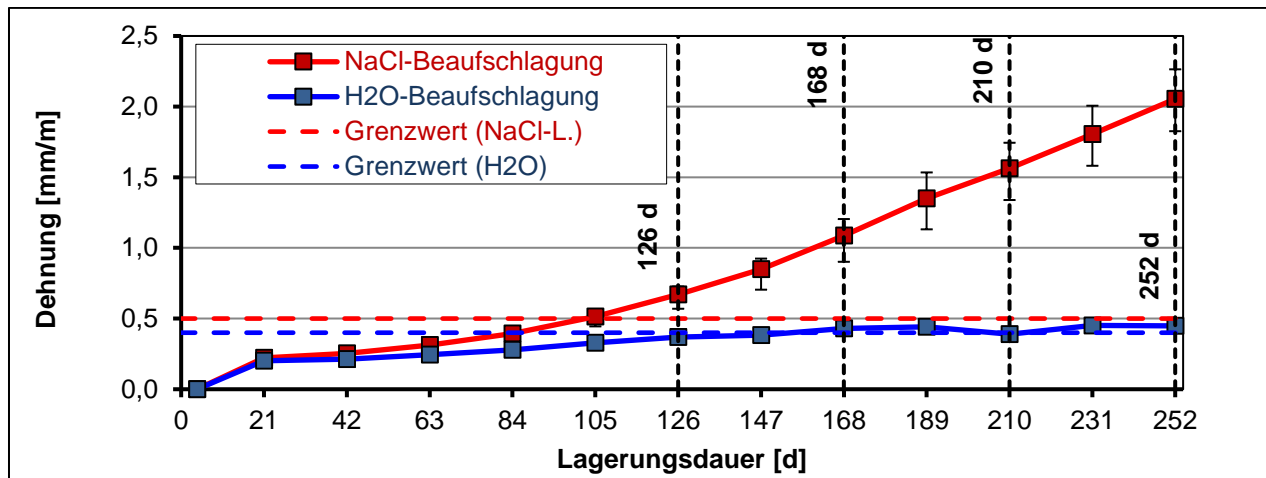
2.1.2 Klimawechsellagerung mit H₂O - und NaCl-Beaufschlagung

Abbildung 2.1.2 Diagramm mit Dehnungsverläufen

Tabelle 2.1.2a Einzelwerte der Dehnungsmessungen

OB 0/8	Einwirkung Wasser			Einwirkung NaCl-Lösung (3,6 %)		
Dauer	Probekörper 10	Probekörper 11	Probekörper 12	Probekörper 13	Probekörper 14	Probekörper 15
[d]	[mm/m]					
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21	0,26	0,28	0,28	0,30	0,30	0,28
42	0,28	0,28	0,29	0,31	0,30	0,30
63	0,30	0,29	0,32	0,34	0,35	0,32
84	0,30	0,30	0,33	0,35	0,40	0,35
105	0,33	0,31	0,35	0,43	0,53	0,49
126	0,36	0,34	0,35	0,51	0,72	0,65
147	0,36	0,34	0,35	0,60	1,00	0,86
168	0,38	0,38	0,39	0,73	1,35	1,21
189	0,38	0,37	0,38	0,85	1,67	1,61
210	0,32	0,32	0,34	0,95	1,92	1,90
231	0,38	0,35	0,37	1,13	2,30	2,37
252	0,36	0,33	0,35	1,28	2,59	2,69

Tabelle 2.1.2b Einzelwerte der Massebestimmung

OB 0/8	Einwirkung Wasser			Einwirkung NaCl-Lösung (3,6 %)		
Dauer	Probekörper 10	Probekörper 11	Probekörper 12	Probekörper 13	Probekörper 14	Probekörper 15
[d]	[M.-%]					
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21	3,33	3,12	3,30	3,20	3,13	3,03
42	3,83	3,22	3,24	3,45	3,43	3,25
63	3,92	3,41	3,59	3,61	3,86	3,69
84	3,84	3,44	3,64	3,54	4,37	3,86
105	3,95	3,46	3,69	3,74	4,64	4,07
126	3,83	3,35	3,78	3,77	5,15	4,51
147	3,79	3,52	3,78	4,13	5,60	4,93
168	3,78	3,55	3,78	4,34	5,48	5,24
189	3,89	3,73	3,95	4,93	5,69	5,78
210	4,09	3,62	3,81	5,04	5,83	5,63
231	3,71	3,50	3,73	5,05	5,91	5,64
252	3,71	3,54	3,72	5,29	5,95	5,73

2.2 Oberbeton D>8/Unterbeton nach ARS 04/2013

2.2.1 60°C-Betonversuch mit externer Alkalizufuhr (3% und 10%)

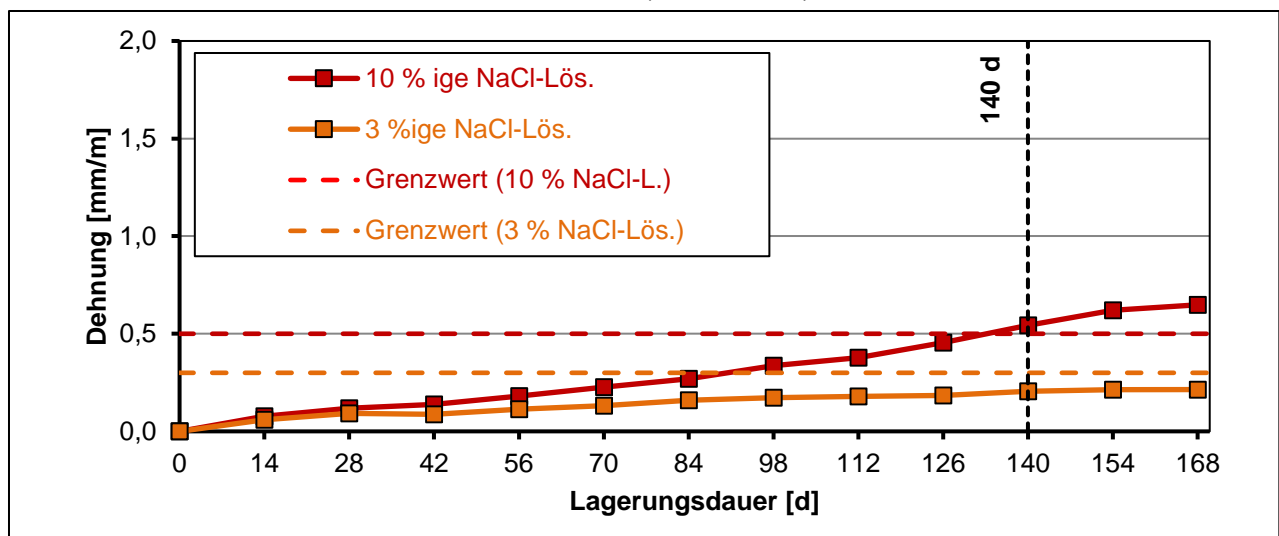


Abbildung 4.2.1 Diagramm mit Dehnungsverläufen

Tabelle 3.2.1a Einzelwerte der Dehnungsmessungen

OB/UB	Einwirkung NaCl-Lösung (3%)			Einwirkung NaCl-Lösung (10 %)			
	Dauer	Probekörper 4	Probekörper 5	Probekörper 6	Probekörper 7	Probekörper 8	Probekörper 9
	[d]	[mm/m]					
	14	0,02	0,20	0,05	0,02	0,04	0,04
	28	0,07	0,21	0,06	0,06	0,07	0,06
	42	0,06	0,21	0,06	0,06	0,07	0,06
	56	0,09	0,24	0,06	0,10	0,12	0,10
	70	0,11	0,27	0,06	0,13	0,15	0,12
	84	0,15	0,34	0,10	0,19	0,21	0,17
	98	0,17	0,34	0,12	0,26	0,28	0,22
	112	0,19	0,34	0,14	0,36	0,37	0,29
	126	0,19	0,36	0,15	0,48	0,47	0,37
	140	0,20	0,38	0,17	0,64	0,63	0,49
	154	0,22	0,43	0,21	0,78	0,77	0,61
	168	0,20	0,38	0,16	0,65	1,48	0,74

Tabelle 2.2.1b Einzelwerte der Massebestimmung

OB/UB	Einwirkung NaCl-Lösung (3%)			Einwirkung NaCl-Lösung (10 %)			
	Dauer	Probekörper 4	Probekörper 5	Probekörper 6	Probekörper 7	Probekörper 8	Probekörper 9
	[d]	[M.-%]					
	14	0,24	0,32	0,46	0,40	0,43	0,43
	28	0,51	0,41	0,40	0,61	0,59	0,58
	42	0,51	0,49	0,57	0,66	0,69	0,61
	56	0,51	0,65	0,57	0,74	0,77	0,74
	70	0,61	0,70	0,70	0,82	0,88	0,82
	84	0,64	0,79	0,78	0,90	0,99	0,90
	98	0,72	0,95	0,86	0,92	1,02	0,90
	112	0,80	0,97	1,00	1,03	1,12	1,06
	126	0,85	1,06	1,02	1,11	1,15	1,09
	140	0,93	1,14	1,08	1,19	1,18	1,09
	154	0,93	1,11	1,10	1,21	1,23	1,12
	168	0,98	-99,90	1,16	1,16	1,26	1,12

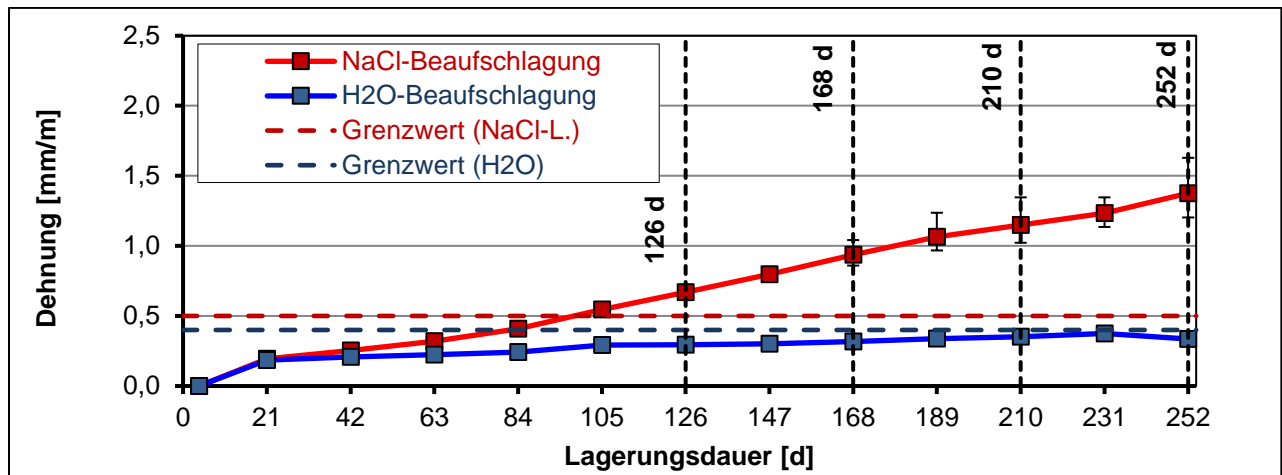
2.2.2 Klimawechsellaagerung mit H₂O - und NaCl-Beaufschlagung

Abbildung 2.2.2: Diagramm mit Dehnungsverläufen

Tabelle 2.2.2a: Einzelwerte der Dehnungsmessungen

OB/UB	Einwirkung Wasser			Einwirkung NaCl-Lösung (3,6 %)		
Dauer	Probekörper 10	Probekörper 11	Probekörper 12	Probekörper 13	Probekörper 14	Probekörper 15
[d]	[mm/m]					
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21	0,25	0,23	0,23	0,25	0,25	0,24
42	0,26	0,23	0,24	0,27	0,27	0,26
63	0,26	0,24	0,26	0,32	0,31	0,31
84	0,26	0,25	0,26	0,38	0,34	0,35
105	0,29	0,27	0,29	0,49	0,43	0,45
126	0,29	0,29	0,30	0,62	0,53	0,55
147	0,29	0,29	0,30	0,76	0,63	0,67
168	0,27	0,25	0,26	0,96	0,83	0,88
189	0,26	0,28	0,27	1,17	1,03	1,08
210	0,30	0,27	0,26	1,37	1,19	1,24
231	0,31	0,30	0,30	1,58	1,40	1,45
252	0,29	0,31	0,25	1,74	1,55	1,61

Tabelle 2.2.2b: Einzelwerte der Massebestimmungen

OB/UB	Einwirkung Wasser			Einwirkung NaCl-Lösung (3,6 %)		
Dauer	Probekörper 10	Probekörper 11	Probekörper 12	Probekörper 13	Probekörper 14	Probekörper 15
[d]	[M.-%]					
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21	2,89	2,93	2,85	2,77	2,42	2,79
42	2,99	3,03	2,97	3,24	2,95	3,28
63	3,06	3,06	2,97	3,58	3,08	3,61
84	3,07	3,14	3,13	3,82	3,33	3,91
105	3,10	3,08	3,05	4,07	3,58	4,13
126	3,00	3,01	3,14	4,44	3,91	4,25
147	3,12	3,27	3,25	4,55	4,13	4,55
168	3,13	3,11	3,11	4,70	4,31	4,73
189	3,10	3,04	3,14	4,80	4,40	4,87
210	2,95	2,89	2,83	4,85	4,47	4,81
231	2,83	2,74	2,74	4,52	4,47	4,61
252	3,12	2,88	3,07	4,85	4,71	4,88

2.3 Betonzusammensetzung nach Alkali-Richtlinie

2.3.1 60°C-Betonversuch

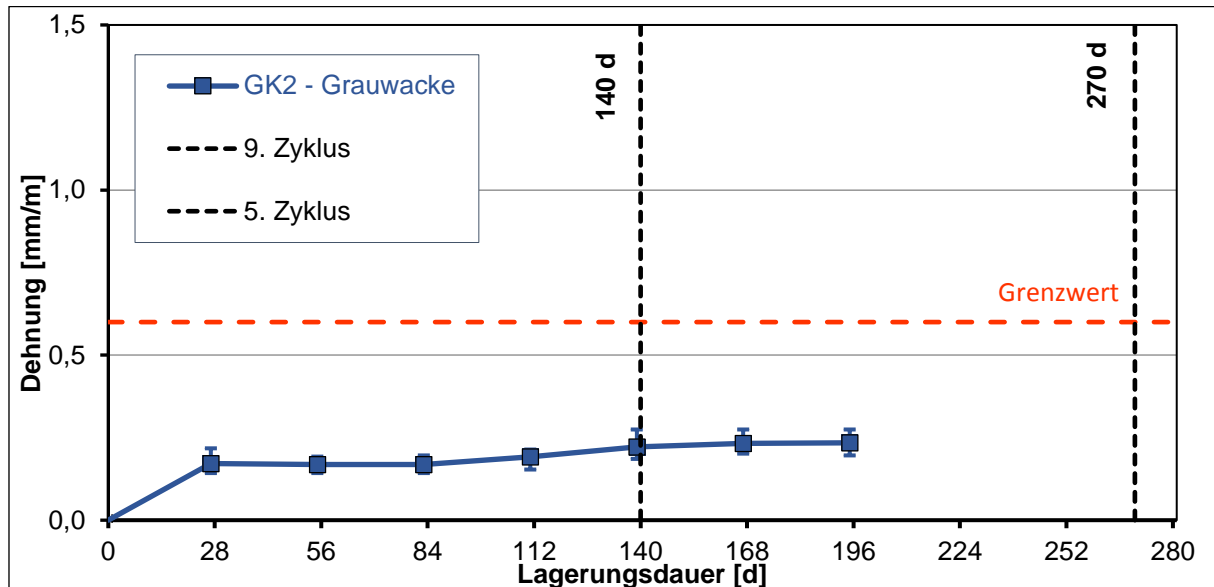


Abbildung 2.5.1: Diagramm mit Dehnungsverlauf

Tabelle 2.3.1: Einzelwerte der Dehnungsmessungen und Massebestimmungen

Beton nach Alkali-RL.	60°C-Betonversuch					
	Probekörper 16		Probekörper 17		Probekörper 18	
	Dauer	Dehnung	Massenänderung	Dehnung	Massenänderung	Dehnung
[d]	[mm/m]	[M.-%]	[mm/m]	[M.-%]	[mm/m]	[M.-%]
28	0,14	0,47	0,22	0,32	0,15	0,39
56	0,14	0,52	0,17	0,37	0,19	0,47
84	0,14	0,49	0,17	0,37	0,20	0,44
112	0,15	0,57	0,21	0,42	0,21	0,50
140	0,21	0,61	0,19	0,47	0,27	0,53
168	0,20	0,59	0,22	0,47	0,27	0,68
196	0,20	0,58	0,23	0,47	0,27	0,52

2.3.2 40°C-Betonversuch (Nebekammerlagerung)

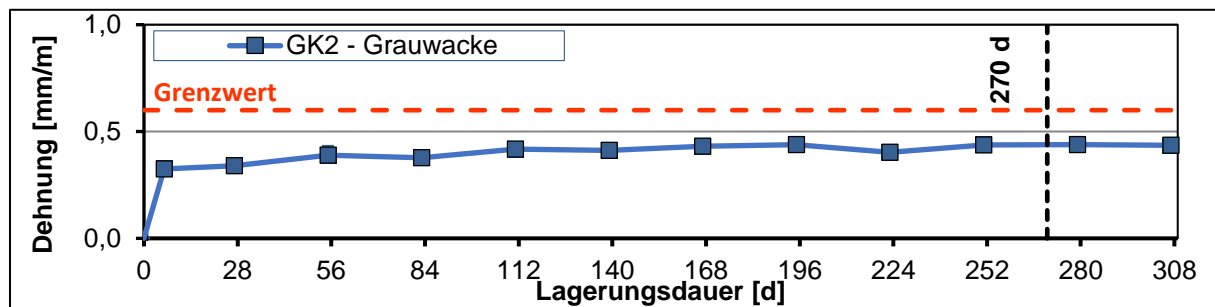


Abbildung 2.3.2: Dehnungsverlauf

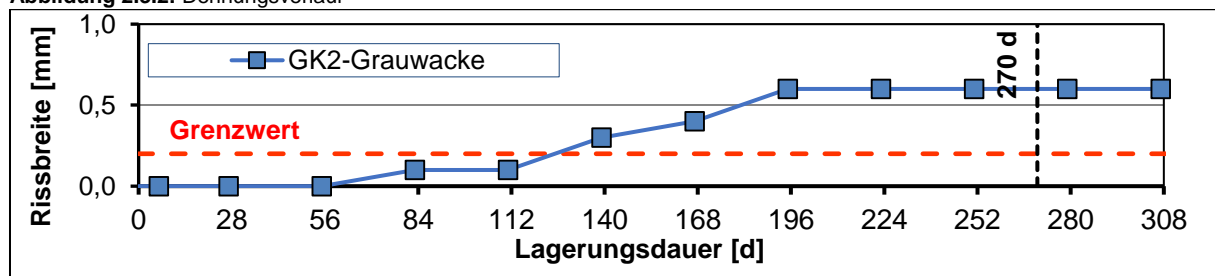


Abbildung 2.3.3 Rissweite der Würfel

Tabelle 2.3.2a: Einzelwerte der Dehnungsmessungen, Massebestimmungen und Rissweite

Beton nach Alkali-RL.	40°C Betonversuch					
	Probekörper 19		Probekörper 20		Probekörper 21	
Dauer	Dehnung	Massenänderung	Dehnung	Massenänderung	Dehnung	Massenänderung
[d]	[mm/m]	[M.-%]	[mm/m]	[M.-%]	[mm/m]	[M.-%]
6	0,32	0,16	0,33	0,52	0,32	0,51
28	0,36	0,82	0,33	0,79	0,33	0,83
56	0,36	0,87	0,43	0,84	0,38	0,88
84	0,37	0,91	0,39	0,89	0,37	0,91
112	0,41	0,92	0,45	0,98	0,40	0,93
140	0,41	0,97	0,41	0,97	0,41	1,00
168	0,44	0,99	0,45	0,98	0,41	0,98
196	0,44	1,02	0,45	1,02	0,42	1,03
224	0,40	1,04	0,42	1,02	0,38	1,04
252	0,45	1,00	0,45	1,03	0,41	1,01
280	0,44	1,04	0,46	1,05	0,41	1,03
308	0,43	1,06	0,45	1,07	0,42	1,06
Dauer [d]	Rissweite der Würfel [mm]					
6	0					
28	0					
56	0					
84	0					
112	0,1					
140	0,1					
168	0,3					
196	0,4					
224	0,6					
252	0,6					
280	0,6					
308	0,6					

3 Betonversuche mit der Gesteinskörnung GK3 (Festgestein)

3.1 Oberbeton 0/8 (Waschbeton) nach ARS 04/2013

3.1.1 60°C-Betonversuch mit externer Alkalizufuhr (3% und 10%)

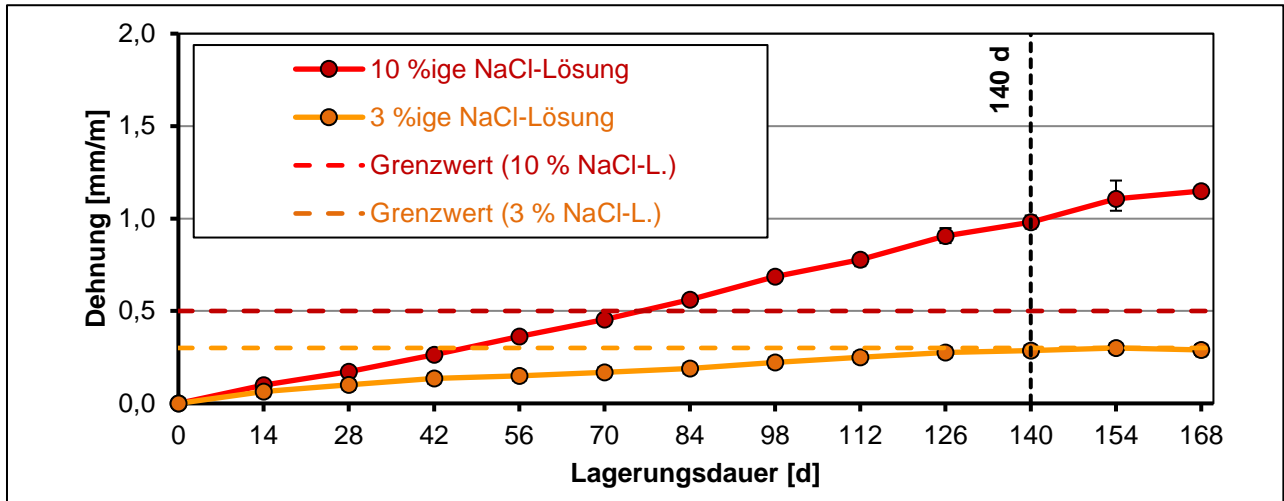


Abbildung 3.1.1 Diagramm mit Dehnungsverläufen

Tabelle 3.1.1a Einzelwerte der Dehnungsmessungen

OB 0/8	Einwirkung NaCl-Lösung (3%)			Einwirkung NaCl-Lösung (10%)		
Dauer	Probekörper 4	Probekörper 5	Probekörper 6	Probekörper 7	Probekörper 8	Probekörper 9
[d]	[mm/m]					
14	0,06	0,07	0,06	0,10	0,10	0,10
28	0,10	0,10	0,10	0,17	0,17	0,17
42	0,12	0,14	0,14	0,27	0,26	0,26
56	0,14	0,16	0,15	0,39	0,35	0,35
70	0,16	0,16	0,18	0,47	0,45	0,45
84	0,18	0,20	0,19	0,57	0,56	0,56
98	0,21	0,24	0,22	0,71	0,68	0,66
112	0,24	0,26	0,25	0,79	0,80	0,74
126	0,26	0,30	0,27	0,95	0,90	0,87
140	0,28	0,30	0,28	1,02	0,98	0,95
154	0,28	0,32	0,30	1,21	1,07	1,04
168	0,26	0,32	0,29	1,16	1,16	1,13

Tabelle 3.1.1b Einzelwerte der Massebestimmungen

OB 0/8	Einwirkung NaCl-Lösung (3%)			Einwirkung NaCl-Lösung (10%)		
Dauer	Probekörper 4	Probekörper 5	Probekörper 6	Probekörper 7	Probekörper 8	Probekörper 9
[d]	[M.-%]					
14	0,53	0,65	0,50	0,74	0,79	0,79
28	0,78	0,85	0,86	1,02	1,07	1,10
42	0,87	0,99	0,89	1,19	1,27	1,32
56	1,01	1,10	1,00	1,47	1,47	1,44
70	1,07	1,18	1,14	1,47	1,53	1,55
84	1,21	1,27	1,17	1,56	1,70	1,75
98	1,26	1,33	1,25	1,67	1,78	1,75
112	1,32	1,41	1,31	1,75	1,89	1,80
126	1,40	1,47	1,39	1,84	1,95	1,91
140	1,49	1,50	1,37	1,87	1,95	1,91
154	1,43	1,61	1,45	1,95	2,09	2,03
168	1,51	1,61	1,45	1,95	2,06	2,03

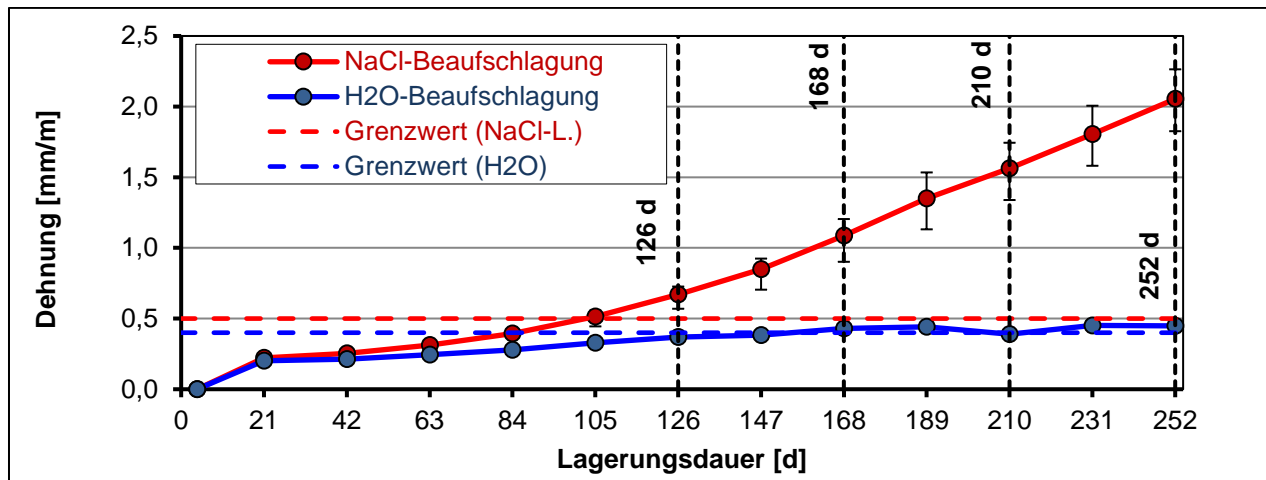
3.1.2 Klimawechsellaagerung mit H₂O - und NaCl-Beaufschlagung

Abbildung 3.1.2 Diagramm mit Dehnungsverläufen

Tabelle 3.1.2a Einzelwerte der Dehnungsmessungen

OB 0/8	Einwirkung Wasser			Einwirkung NaCl-Lösung (3,6 %)		
Dauer	Probekörper 10	Probekörper 11	Probekörper 12	Probekörper 13	Probekörper 14	Probekörper 15
[d]	[mm/m]					
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21	0,20	0,27	0,24	0,26	0,30	0,24
42	0,26	0,27	0,24	0,31	0,29	0,21
63	0,27	0,30	0,25	0,31	0,32	0,24
84	0,29	0,33	0,25	0,36	0,34	0,29
105	0,31	0,36	0,28	0,43	0,44	0,38
126	0,33	0,37	0,30	0,52	0,52	0,47
147	0,37	0,40	0,33	0,67	0,66	0,61
168	0,37	0,43	0,35	0,85	0,85	0,75
189	0,33	0,38	0,31	0,96	0,97	0,88
210	0,36	0,42	0,35	1,21	1,19	1,10
231	0,36	0,42	0,36	1,41	1,41	1,31
252	0,40	0,47	0,40	1,73	1,69	1,58

Tabelle 3.1.2b Einzelwerte der Massebestimmung

OB 0/8	Einwirkung Wasser			Einwirkung NaCl-Lösung (3,6 %)		
Dauer	Probekörper 10	Probekörper 11	Probekörper 12	Probekörper 13	Probekörper 14	Probekörper 15
[d]	[M.-%]					
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21	3,45	3,46	3,28	2,83	3,09	2,68
42	3,40	3,49	3,64	3,29	3,25	3,08
63	3,65	3,81	3,91	3,44	3,56	3,64
84	3,67	3,86	4,05	3,55	3,72	4,03
105	3,67	3,74	3,78	3,61	3,76	4,13
126	3,92	3,99	4,15	3,89	4,05	4,38
147	3,90	4,11	4,27	4,16	4,35	4,61
168	4,02	4,10	4,15	4,77	4,95	5,07
189	3,83	4,08	4,33	5,03	5,25	5,39
210	3,69	4,04	4,27	5,12	5,22	5,38
231	3,91	4,07	4,07	5,26	5,49	5,64
252	3,67	4,26	4,29	5,61	5,81	5,88

3.2 Oberbeton D>8/Unterbeton nach ARS 04/2013

3.2.1 60°C-Betonversuch mit externer Alkalizufuhr (3% und 10%)

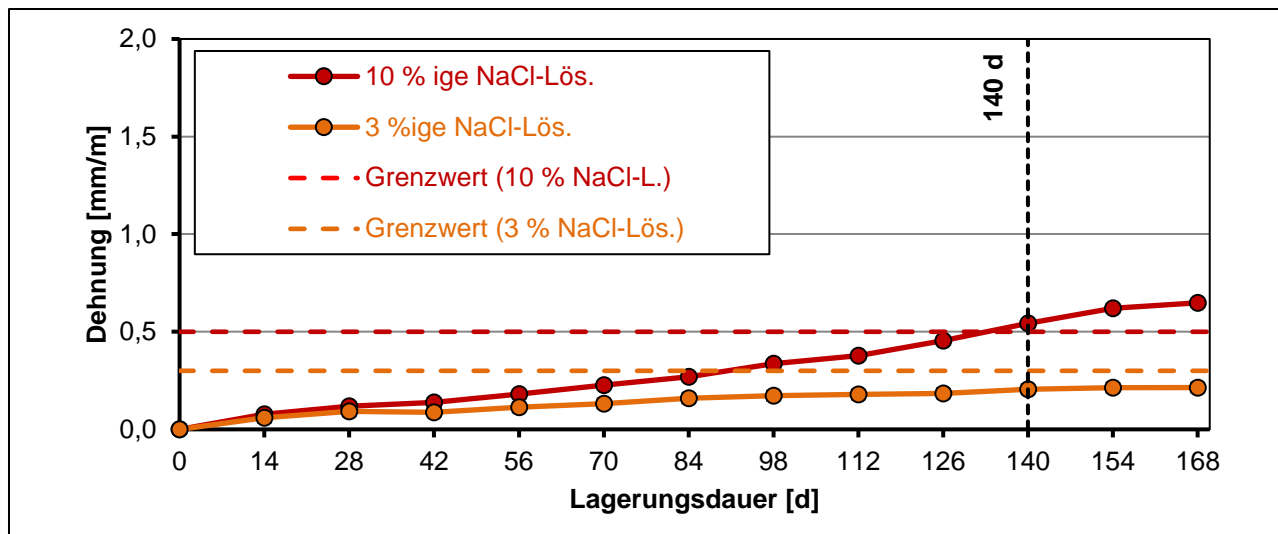


Abbildung 3.2.1 Diagramm mit Dehnungsverläufen

Tabelle 3.2.1a Einzelwerte der Dehnungsmessungen

OB/UB	Einwirkung NaCl-Lösung (3%)			Einwirkung NaCl-Lösung (10 %)		
Dauer	Probekörper 4	Probekörper 5	Probekörper 6	Probekörper 7	Probekörper 8	Probekörper 9
[d]	[mm/m]					
14	0,06	0,05	0,05	0,08	0,08	0,07
28	0,09	0,07	0,07	0,11	0,12	0,11
42	0,10	0,09	0,09	0,14	0,15	0,14
56	0,13	0,11	0,12	0,16	0,17	0,14
70	0,16	0,13	0,15	0,21	0,24	0,20
84	0,19	0,16	0,19	0,29	0,32	0,27
98	0,20	0,16	0,18	0,37	0,40	0,32
112	0,25	0,20	0,22	0,50	0,55	0,43
126	0,24	0,21	0,23	0,56	0,56	0,45
140	0,25	0,21	0,22	0,66	0,59	0,43
154	0,25	0,22	0,24	0,70	0,79	0,55
168	0,26	0,22	0,26	0,86	0,95	0,70

Tabelle 3.2.1b Einzelwerte der Massebestimmung

OB/UB	Einwirkung NaCl-Lösung (3%)			Einwirkung NaCl-Lösung (10 %)		
Dauer	Probekörper 4	Probekörper 5	Probekörper 6	Probekörper 7	Probekörper 8	Probekörper 9
[d]	[M.-%]					
14	0,39	0,24	0,32	0,52	0,66	0,50
28	0,58	0,39	0,53	0,71	0,86	0,69
42	0,81	0,64	0,77	0,89	0,92	0,82
56	0,78	0,65	0,80	1,02	0,99	0,91
70	0,93	0,76	0,86	1,04	1,18	0,98
84	1,04	0,87	1,11	1,18	1,19	1,17
98	1,12	0,92	1,11	1,27	1,26	1,16
112	1,23	1,03	1,15	1,34	1,34	1,22
126	1,27	1,04	1,18	1,39	1,33	1,25
140	1,30	1,06	1,19	1,42	1,36	1,27
154	1,30	1,15	1,23	1,39	1,49	1,38
168	1,38	1,15	1,29	1,48	1,44	1,38

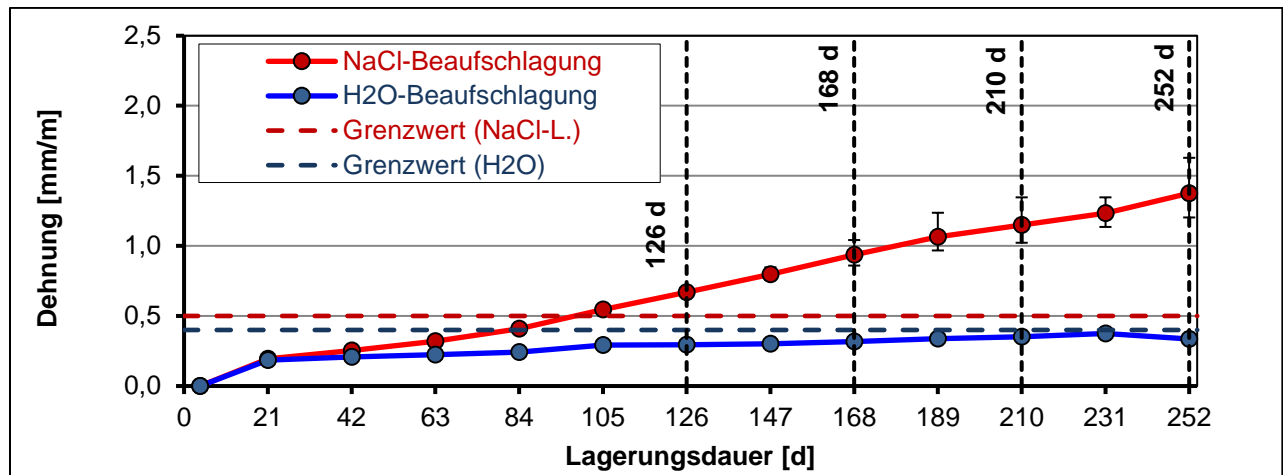
3.2.2 Klimawechsellaagerung mit H₂O - und NaCl-Beaufschlagung

Abbildung 3.2.2: Diagramm mit Dehnungsverläufen

Tabelle 3.2.2a: Einzelwerte der Dehnungsmessungen

OB/UB	Einwirkung Wasser			Einwirkung NaCl-Lösung (3,6 %)		
Dauer	Probekörper 10	Probekörper 11	Probekörper 12	Probekörper 13	Probekörper 14	Probekörper 15
[d]	[mm/m]					
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21	0,20	0,19	0,21	0,21	0,23	0,21
42	0,21	0,26	0,22	0,23	0,23	0,25
63	0,22	0,30	0,23	0,27	0,27	0,29
84	0,22	0,35	0,22	0,29	0,30	0,30
105	0,24	0,39	0,24	0,34	0,35	0,37
126	0,28	0,24	0,25	0,41	0,42	0,42
147	0,29	0,28	0,30	0,50	0,51	0,49
168	0,29	0,29	0,29	0,58	0,61	0,59
189	0,32	0,29	0,31	0,71	0,75	0,74
210	0,35	0,32	0,32	0,84	0,91	0,92
231	0,37	0,34	0,34	1,01	1,11	1,11
252	0,37	0,34	0,36	1,15	1,26	1,27

Tabelle 3.2.2b: Einzelwerte der Massebestimmungen

OB/UB	Einwirkung Wasser			Einwirkung NaCl-Lösung (3,6 %)		
Dauer	Probekörper 10	Probekörper 11	Probekörper 12	Probekörper 13	Probekörper 14	Probekörper 15
[d]	[M.-%]					
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21	2,85	2,92	2,98	2,68	2,88	2,83
42	3,12	3,31	3,30	3,06	3,27	3,18
63	2,36	3,39	2,47	3,18	3,30	3,37
84	3,24	3,40	3,37	3,51	3,64	3,63
105	3,51	3,57	3,54	3,51	3,84	3,88
126	3,43	3,74	3,72	3,80	4,14	4,28
147	3,53	3,60	3,51	4,10	4,41	4,34
168	3,65	3,58	3,73	4,28	4,59	4,54
189	3,44	3,73	3,78	4,60	4,91	4,84
210	3,46	3,73	3,78	4,81	5,05	4,97
231	3,73	3,66	3,84	4,98	4,78	5,13
252	3,52	3,65	3,67	5,16	4,85	4,81

3.3 Betonzusammensetzung nach Alkali-Richtlinie

3.3.1 60°C-Betonversuch

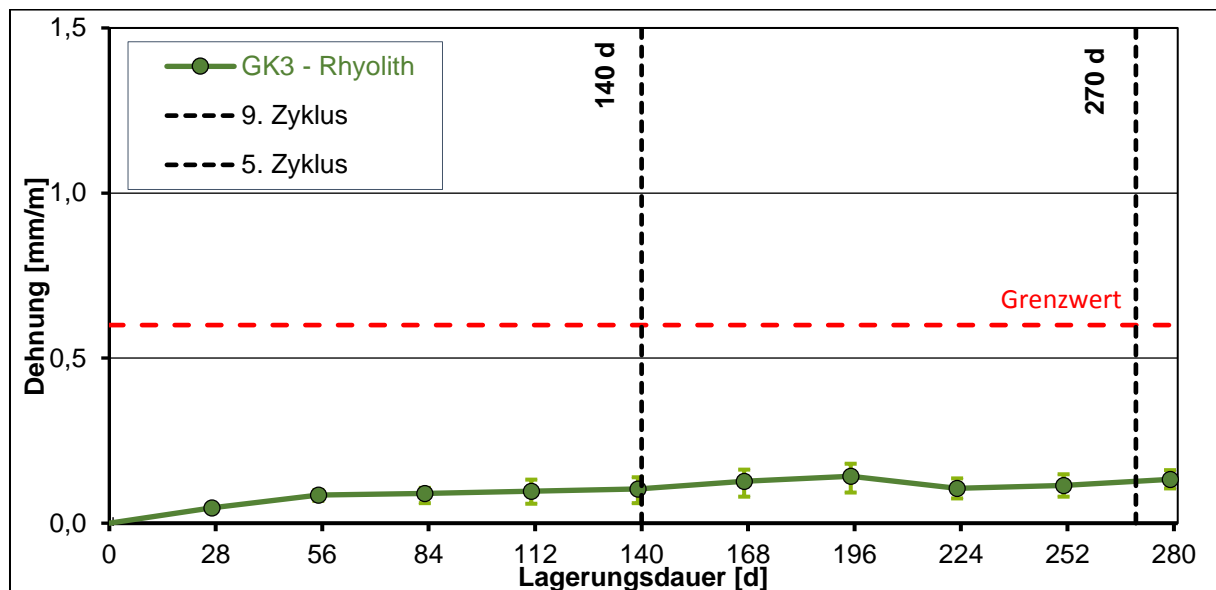


Abbildung 3.6.1: Diagramm mit Dehnungsverlauf

Tabelle 3.3.1: Einzelwerte der Dehnungsmessungen und Massebestimmungen

Beton nach Alkali-RL.	60°C-Betonversuch					
	Probekörper 16		Probekörper 17		Probekörper 18	
	Dauer	Dehnung	Massenänderung	Dehnung	Massenänderung	Dehnung
[d]	[mm/m]	[M.-%]	[mm/m]	[M.-%]	[mm/m]	[M.-%]
28	0,06	0,65	0,04	0,60	0,05	0,79
56	0,07	0,65	0,09	0,62	0,10	0,84
84	0,06	0,67	0,11	0,64	0,10	0,76
112	0,06	0,80	0,13	0,67	0,10	0,81
140	0,06	0,80	0,14	0,70	0,11	0,79
168	0,08	0,85	0,16	0,74	0,14	0,85
196	0,09	0,87	0,18	0,74	0,15	0,83

3.3.2 40°C-Betonversuch (Nebekammerlagerung)

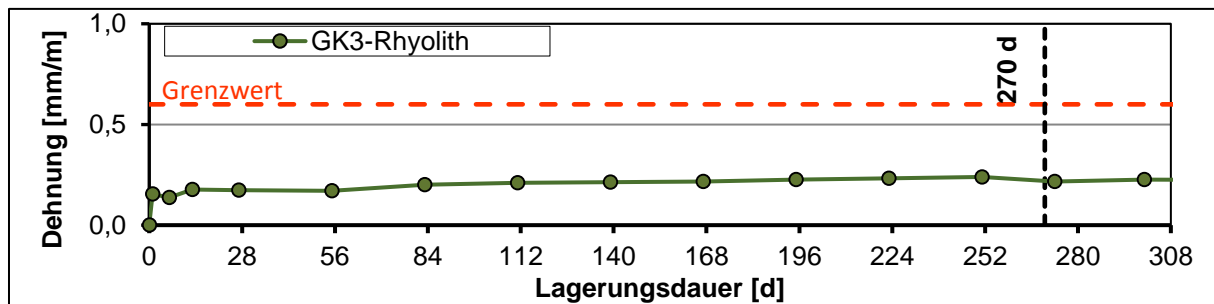


Abbildung 3.3.2: Dehnungsverlauf

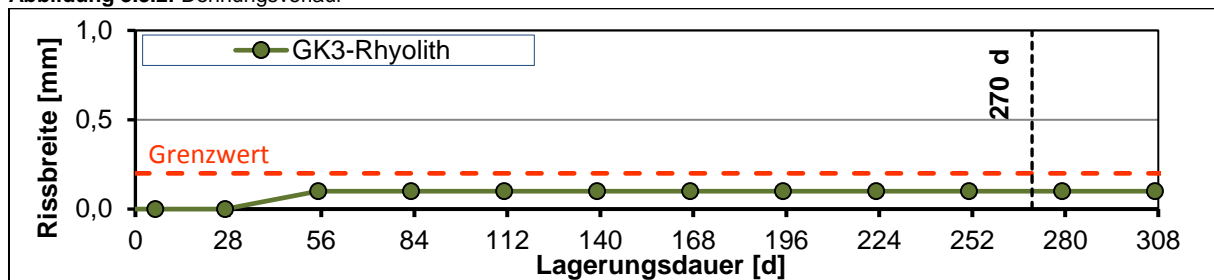


Abbildung 3.3.3: Rissweite der Würfel

Tabelle 3.3.2a: Einzelwerte der Dehnungsmessungen, Massebestimmungen und Rissweite

Beton nach Alkali-RL.	40°C-Betonversuch					
	Probekörper 19		Probekörper 20		Probekörper 21	
	Dauer	Dehnung	Massenänderung	Dehnung	Massenänderung	Dehnung
[d]	[mm/m]	[M.-%]	[mm/m]	[M.-%]	[mm/m]	[M.-%]
6	0,14	0,83	0,14	0,85	0,13	0,77
28	0,19	0,95	0,17	0,96	0,17	0,95
56	0,19	0,98	0,18	0,99	0,16	1,01
84	0,18	1,01	0,18	1,02	0,15	1,04
112	0,21	1,08	0,21	1,11	0,18	1,09
140	0,23	1,13	0,22	1,15	0,18	1,16
168	0,22	1,13	0,23	1,15	0,19	1,13
196	0,23	1,18	0,23	1,21	0,19	1,20
224	0,24	1,17	0,24	1,21	0,19	1,19
252	0,24	1,21	0,25	1,23	0,20	1,23
280	0,26	1,23	0,24	1,27	0,22	1,25
308	0,24	1,25	0,23	1,28	0,19	1,28
Dauer [d]	Rissweite der Würfel [mm]					
6	0					
28	0					
56	0					
84	0					
112	0,1					
140	0,1					
168	0,1					
196	0,1					
224	0,1					
252	0,1					
280	0,1					
308	0,1					

4 Betonversuche mit der Gesteinskörnung GK4 (Kies)

3.4 Oberbeton 0/8 (Waschbeton) nach ARS 04/2013

4.1.1 60°C-Betonversuch mit externer Alkalizufuhr (3% und 10%)

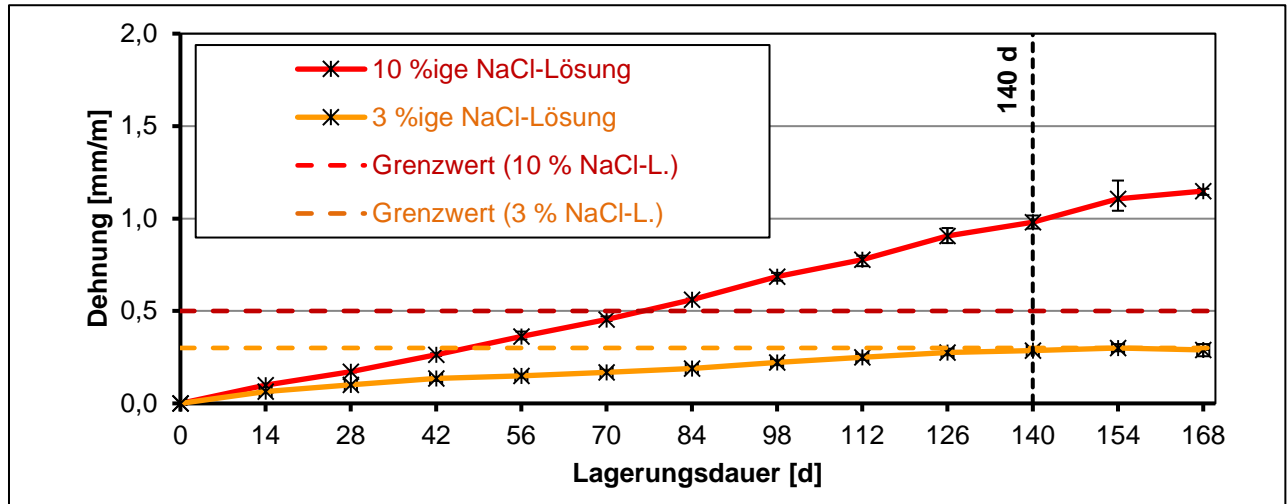


Abbildung 4.1.1 Diagramm mit Dehnungsverläufen

Tabelle 4.1.1a Einzelwerte der Dehnungsmessungen

OB 0/8	Einwirkung NaCl-Lösung (3%)			Einwirkung NaCl-Lösung (10%)		
Dauer	Probekörper 4	Probekörper 5	Probekörper 6	Probekörper 7	Probekörper 8	Probekörper 9
[d]	[mm/m]					
14	0,06	0,07	0,06	0,10	0,10	0,10
28	0,10	0,10	0,10	0,17	0,17	0,17
42	0,12	0,14	0,14	0,27	0,26	0,26
56	0,14	0,16	0,15	0,39	0,35	0,35
70	0,16	0,16	0,18	0,47	0,45	0,45
84	0,18	0,20	0,19	0,57	0,56	0,56
98	0,21	0,24	0,22	0,71	0,68	0,66
112	0,24	0,26	0,25	0,79	0,80	0,74
126	0,26	0,30	0,27	0,95	0,90	0,87
140	0,28	0,30	0,28	1,02	0,98	0,95
154	0,28	0,32	0,30	1,21	1,07	1,04
168	0,26	0,32	0,29	1,16	1,16	1,13

Tabelle 4.1.1b Einzelwerte der Massebestimmungen

OB 0/8	Einwirkung NaCl-Lösung (3%)			Einwirkung NaCl-Lösung (10%)		
Dauer	Probekörper 4	Probekörper 5	Probekörper 6	Probekörper 7	Probekörper 8	Probekörper 9
[d]	[M.-%]					
14	0,53	0,65	0,50	0,74	0,79	0,79
28	0,78	0,85	0,86	1,02	1,07	1,10
42	0,87	0,99	0,89	1,19	1,27	1,32
56	1,01	1,10	1,00	1,47	1,47	1,44
70	1,07	1,18	1,14	1,47	1,53	1,55
84	1,21	1,27	1,17	1,56	1,70	1,75
98	1,26	1,33	1,25	1,67	1,78	1,75
112	1,32	1,41	1,31	1,75	1,89	1,80
126	1,40	1,47	1,39	1,84	1,95	1,91
140	1,49	1,50	1,37	1,87	1,95	1,91
154	1,43	1,61	1,45	1,95	2,09	2,03
168	1,51	1,61	1,45	1,95	2,06	2,03

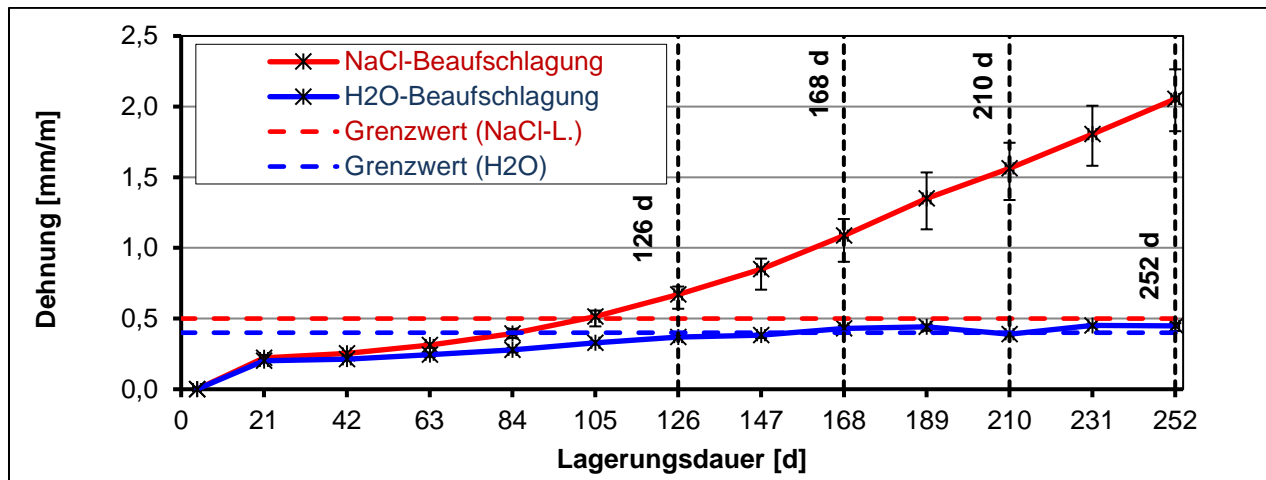
4.1.2 Klimawechsellagerung mit H₂O - und NaCl-Beaufschlagung

Abbildung 4.1.2 Diagramm mit Dehnungsverläufen

Tabelle 4.1.2a Einzelwerte der Dehnungsmessungen

OB 0/8	Einwirkung Wasser			Einwirkung NaCl-Lösung (3,6 %)		
Dauer	Probekörper 10	Probekörper 11	Probekörper 12	Probekörper 13	Probekörper 14	Probekörper 15
[d]	[mm/m]					
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21	0,26	0,28	0,24	0,31	0,26	0,30
42	0,29	0,31	0,25	0,32	0,29	0,30
63	0,33	0,34	0,28	0,35	0,31	0,32
84	0,32	0,33	0,29	0,38	0,35	0,37
105	0,31	0,33	0,29	0,42	0,38	0,39
126	0,29	0,35	0,29	0,48	0,44	0,45
147	0,35	0,38	0,32	0,57	0,49	0,54
168	0,31	0,39	0,31	0,63	0,54	0,59
189	0,34	0,37	0,30	0,69	0,57	0,64
210	0,32	0,37	0,30	0,79	0,63	0,71
231	0,32	0,36	0,32	0,86	0,68	0,77
252	0,31	0,35	0,30	0,93	0,71	0,83

Tabelle 4.1.2b Einzelwerte der Massebestimmung

OB 0/8	Einwirkung Wasser			Einwirkung NaCl-Lösung (3,6 %)		
Dauer	Probekörper 10	Probekörper 11	Probekörper 12	Probekörper 13	Probekörper 14	Probekörper 15
[d]	[M.-%]					
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21	3,54	3,18	2,97	2,84	2,76	2,74
42	3,43	3,49	3,34	3,26	2,71	3,14
63	4,01	3,83	3,67	3,91	3,84	3,90
84	3,92	3,74	3,80	4,15	4,17	4,23
105	3,94	3,84	3,58	4,35	4,40	4,32
126	4,04	3,92	3,72	4,46	4,27	4,54
147	4,02	3,92	3,61	4,68	4,13	4,64
168	4,09	3,92	3,64	4,94	4,31	4,86
189	4,10	3,98	3,62	5,11	4,51	5,02
210	3,87	3,68	3,61	5,17	4,64	5,18
231	3,78	3,67	3,65	5,20	5,03	5,34
252	3,82	3,65	3,35	5,19	4,53	5,27

3.5 Oberbeton D>8/Unterbeton nach ARS 04/2013

4.2.1 60°C-Betonversuch mit externer Alkalizufuhr (3% und 10%)

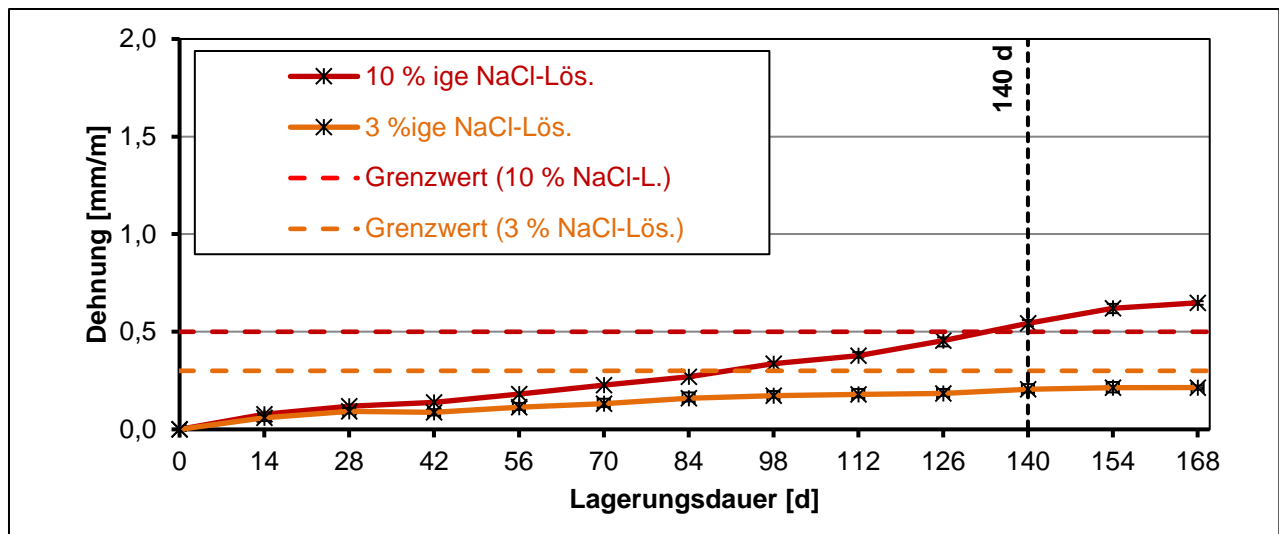


Abbildung 4.2.1 Diagramm mit Dehnungsverläufen

Tabelle 4.2.1a Einzelwerte der Dehnungsmessungen

OB/UB	Einwirkung NaCl-Lösung (3%)			Einwirkung NaCl-Lösung (10 %)		
Dauer	Probekörper 4	Probekörper 5	Probekörper 6	Probekörper 7	Probekörper 8	Probekörper 9
[d]	[mm/m]					
14	0,08	0,05	0,05	0,07	0,09	0,09
28	0,09	0,09	0,06	0,09	0,10	0,11
42	0,10	0,09	0,07	0,11	0,12	0,12
56	0,12	0,11	0,12	0,12	0,15	0,14
70	0,15	0,14	0,15	0,15	0,19	0,17
84	0,15	0,15	0,14	0,16	0,25	0,20
98	0,16	0,15	0,16	0,21	0,32	0,23
112	0,19	0,18	0,18	0,26	0,42	0,29
126	0,18	0,19	0,17	0,24	0,40	0,29
140	0,19	0,17	0,18	0,23	0,39	0,28
154	0,14	0,12	0,13	0,29	0,49	0,33
168	0,17	0,15	0,16	0,32	0,54	0,36

Tabelle 4.2.1b Einzelwerte der Massebestimmung

OB/UB	Einwirkung NaCl-Lösung (3%)			Einwirkung NaCl-Lösung (10 %)		
Dauer	Probekörper 4	Probekörper 5	Probekörper 6	Probekörper 7	Probekörper 8	Probekörper 9
[d]	[M.-%]					
14	0,68	0,45	0,61	0,61	0,91	0,82
28	0,67	0,80	0,68	0,83	0,92	1,02
42	0,88	0,91	0,97	1,00	1,14	1,19
56	0,87	0,89	1,06	1,06	1,21	1,33
70	1,01	1,01	0,98	1,12	1,27	1,31
84	1,08	1,19	1,11	1,21	1,39	1,37
98	1,17	1,27	1,38	1,37	1,43	1,44
112	1,27	1,32	1,33	1,36	1,61	1,64
126	1,30	1,32	1,30	1,47	1,60	1,63
140	1,35	1,32	1,27	1,55	1,60	1,63
154	1,32	1,46	1,43	1,49	1,73	1,63
168	1,40	1,40	1,38	1,49	1,65	1,58

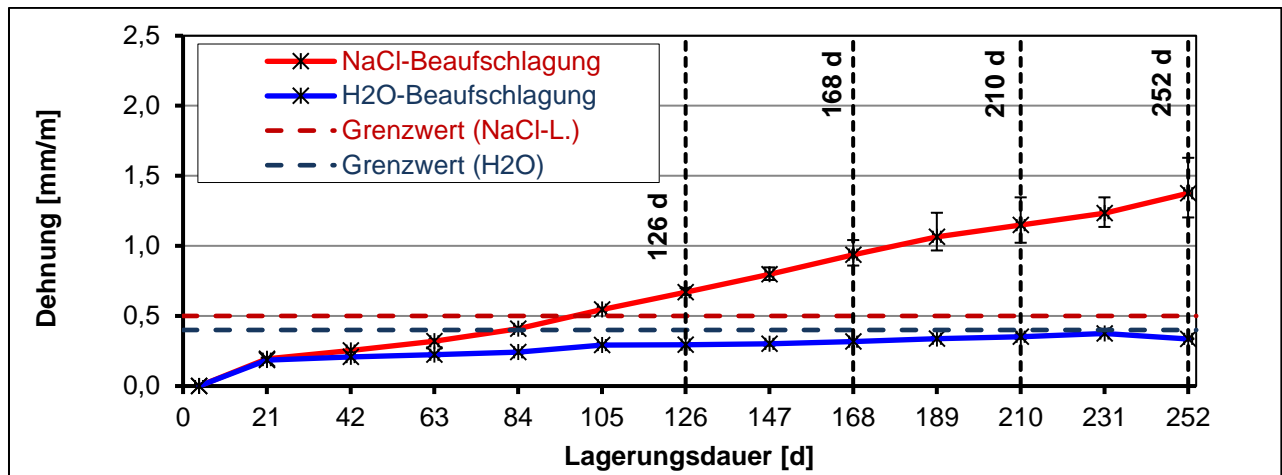
4.2.2 Klimawechsellaagerung mit H₂O - und NaCl-Beaufschlagung

Abbildung 4.2.2: Diagramm mit Dehnungsverläufen

Tabelle 4.2.2a: Einzelwerte der Dehnungsmessungen

OB/UB	Einwirkung Wasser			Einwirkung NaCl-Lösung (3,6 %)		
Dauer	Probekörper 10	Probekörper 11	Probekörper 12	Probekörper 13	Probekörper 14	Probekörper 15
[d]	[mm/m]					
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21	0,18	0,28	0,19	0,20	0,21	0,21
42	0,15	0,27	0,19	0,24	0,22	0,23
63	0,17	0,29	0,19	0,28	0,24	0,25
84	0,18	0,30	0,20	0,35	0,27	0,28
105	0,18	0,29	0,18	0,36	0,31	0,32
126	0,18	0,30	0,20	0,43	0,37	0,36
147	0,22	0,32	0,24	0,56	0,47	0,43
168	0,19	0,31	0,22	0,69	0,53	0,48
189	0,20	0,32	0,23	0,85	0,68	0,58
210	0,21	0,33	0,24	0,97	0,81	0,70
231	0,23	0,35	0,24	1,15	0,98	0,84
252	0,23	0,35	0,25	1,29	1,10	0,96

Tabelle 4.2.2b: Einzelwerte der Massebestimmungen

OB/UB	Einwirkung Wasser			Einwirkung NaCl-Lösung (3,6 %)		
Dauer	Probekörper 10	Probekörper 11	Probekörper 12	Probekörper 13	Probekörper 14	Probekörper 15
[d]	[M.-%]					
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21	2,86	3,09	3,06	2,90	2,84	2,96
42	3,19	3,39	3,25	3,22	3,22	3,24
63	2,62	3,25	2,60	3,37	3,25	3,36
84	3,21	3,44	3,28	3,65	3,53	3,61
105	3,25	3,44	3,47	3,89	3,79	3,80
126	3,32	3,41	3,46	4,35	4,14	4,44
147	3,24	3,31	3,38	4,12	4,19	4,10
168	3,29	3,41	3,43	4,65	4,71	4,27
189	3,31	3,33	3,42	4,92	4,91	4,68
210	3,33	3,48	3,48	5,16	5,12	4,93
231	3,26	3,48	3,55	5,29	5,21	5,12
252	3,23	3,18	3,43	5,45	5,18	5,30

4.3 Betonzusammensetzung nach Alkali-Richtlinie

4.3.1 60°C-Betonversuch

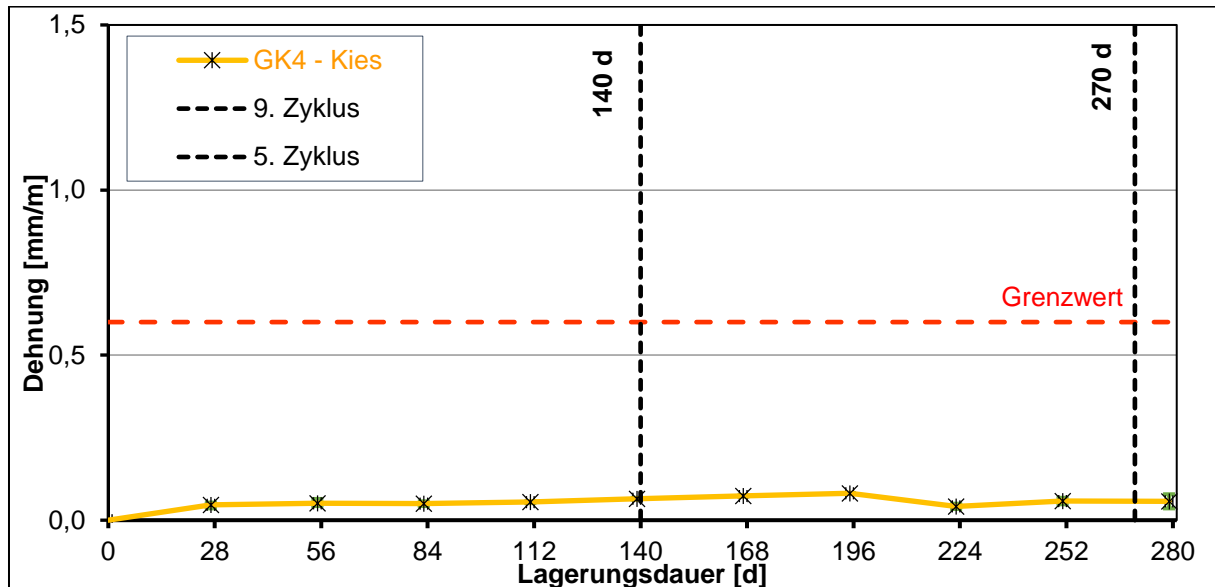


Abbildung 4.7.1: Diagramm mit Dehnungsverlauf

Tabelle 4.3.1: Einzelwerte der Dehnungsmessungen und Massebestimmungen

Beton nach Alkali-RL.	60°C-Betonversuch					
	Probekörper 16		Probekörper 17		Probekörper 18	
Dauer	Dehnung	Massenänderung	Dehnung	Massenänderung	Dehnung	Massenänderung
[d]	[mm/m]	[M.-%]	[mm/m]	[M.-%]	[mm/m]	[M.-%]
28	0,04	0,57	0,05	0,43	0,05	0,44
56	0,04	0,73	0,05	0,48	0,06	0,49
84	0,04	0,62	0,06	0,50	0,05	0,54
112	0,05	0,66	0,06	0,54	0,06	0,58
140	0,07	0,71	0,06	0,60	0,06	0,63
168	0,07	0,71	0,07	0,61	0,07	0,62
196	0,08	0,74	0,08	0,66	0,08	0,67

4.3.2 40°C-Betonversuch (Nebekammerlagerung)

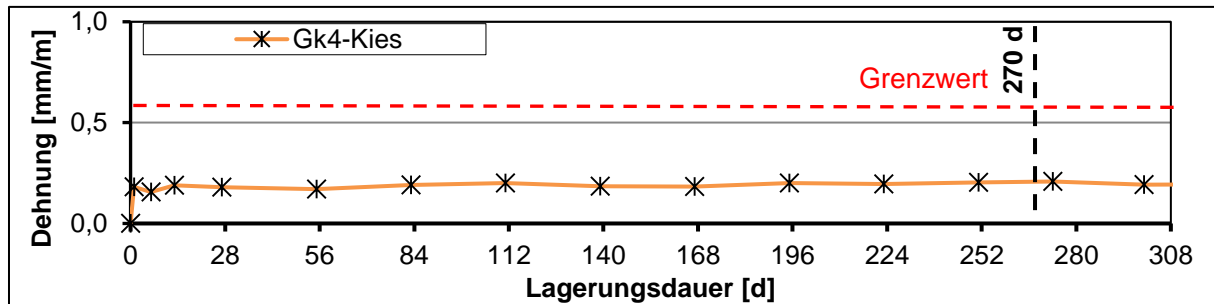


Abbildung 4.3.2: Dehnungsverlauf

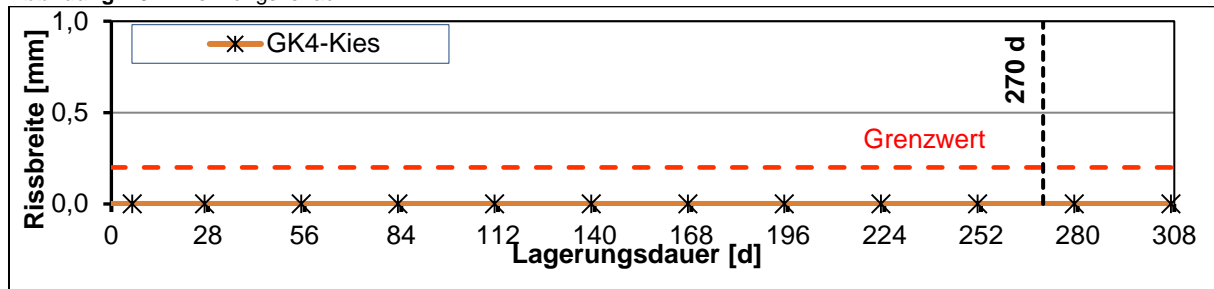


Abbildung 4.3.3: Rissweite der Würfel

Tabelle 4.3.2a: Einzelwerte der Dehnungsmessungen, Massebestimmungen und Rissweite

Beton nach Alkali-RL.	40°C-Betonversuch					
	Probekörper 19		Probekörper 20		Probekörper 21	
Dauer	Dehnung	Massenänderung	Dehnung	Massenänderung	Dehnung	Massenänderung
[d]	[mm/m]	[M.-%]	[mm/m]	[M.-%]	[mm/m]	[M.-%]
6						
28	0,20	0,88	0,21	0,93	0,16	1,00
56	0,19	0,92	0,20	0,96	0,15	1,04
84	0,18	0,94	0,19	0,99	0,14	1,10
112	0,19	0,99	0,22	1,03	0,16	1,14
140	0,20	1,03	0,22	1,09	0,18	1,19
168	0,18	1,04	0,22	1,05	0,15	1,17
196	0,19	1,07	0,21	1,11	0,15	1,22
224	0,21	1,05	0,22	1,10	0,17	1,21
252	0,19	1,09	0,22	1,15	0,17	1,25
280	0,21	1,12	0,22	1,18	0,18	1,29
308	0,21	1,13	0,23	1,18	0,18	1,28
Dauer [d]	Rissweite der Würfel [mm]					
6	0					
28	0					
56	0					
84	0					
112	0					
140	0					
168	0					
196	0					
224	0					
252	0					
280	0					
308	0					

Anlage A5

AKR-Identifikationsprüfung mittels Dünnschliffmikroskopie - verschiedenartig hergestellte Laborbetone

Inhalt

1	Ergebnisübersicht.....	2
2	Beschreibung durchgeführter petrografischer Untersuchungen	3
3	Einzelergebnisse der 60°C Betonversuche mit externer Alkalizufuhr	5
4	Einzelergebnisse der Klimawechsellagerung mit H ₂ O- und NaCl- Beaufschlagung	25

1 Ergebnisübersicht

Tabelle 1: Zusammenfassung der Ergebnisse der Dünnschliffmikroskopie zur AKR-Identifikation aller Probekörper

Bezeichnung des Dünnschliffs	Beton nach ARS 04/2013		Art der Performanceprüfung				WS-Prüfsand	Befund der Dünnschliffmikroskopie											Ausprägung der		Befund der AKR-provozierenden Lagerung
			60 °C-BV mit Alkalizufuhr		KWL mit			Hauptbestandteile der groben GK							AKR	SEB					
	Oberbeton 0/8	Oberbeton (D>8) /Unterbeton	3 %ige NaCl-Lösung	10 %ige NaCl-Lösung	NaCl-L.	H ₂ O		Rhyolith	Basalt	Granit	Grauwacke	Quarzit	Sandstein	Kieselschiefer	Flint	Tonstein	Merkmale				
																	Beaufschlagung				
GK 2 (2-08-60-3)	X	-	X	-			-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	(+)	++			
GK 3 (3-08-60-3)	X	-	X	-			-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	(+)	++			
GK 1 (1-08-60-10)	X	-	-	X			-	X	-	-	X	X	X	X	-	-	+++	(+)			
GK 2 (2-08-60-10)	X	-	-	X			-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	+++	-			
GK 3 (3-08-60-10)	X	-	-	X			-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	+++	-			
GK 1 (1-22-60-10)	-	X	-	X			-	X	X	-	-	X	X	X	X	-	+++	(+)			
GK 2 (2-22-60-10)	-	X	-	X			-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	+++	-			
GK 3 (3-22-60-10)	-	X	-	X			-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	+++	-			
GK 1 (1-08-KWL H ₂ O)	X	-	-	-		X		X	-	-	-	X	X	X	X	-	++	+			
GK 3 (3-08-KWL H ₂ O)	X	-	-	-		X		X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+			
GK 1 (1-08-KWL NaCl)	X	-	-	-	X			X	-	-	X	X	X	X			+++	++			
GK 2 (2-08-KWL NaCl)	X	-	-	-	X		X	X	-	-	X	-	-	-	-	-	+++	+++			
GK 3 (3-08-KWL NaCl)	X	-	-	-	X		X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	+++	++			
GK 4 (4-08-KWL NaCl)	X	-	-	-	X			-	-	-	X	X	X	-	-	X	+ ¹⁾	+++			
GK 2 (2-22-KWL NaCl)	-	X	-	-	X			-	-	-	X	-	-	-	-	-	+++	+++			
GK 3 (3-22-KWL NaCl)	-	X	-	-	X			X	-	-	-	-	-	-	-	-	+++	+++			
GK 4 (4-22-KWL NaCl)	-	X	-	-	X		X	-	-	-	X	X	X	-	-	X	+++ ¹⁾	++			

Legende:

X	Herkunft des AKR-Gels im Dünnschliff	-	Kein Merkmal erkennbar	+	vereinzelte Merkmale	++	häufig eindeutige Merkmale	+++	vorhandene Merkmale im betonschädigenden Ausmaß		unter	Dehnungs-grenzwert
										nahe		
										über		

1) Besonderheit bei den Proben mit GK4 in den Fraktionen 8/16 mm und 16/ 22mm: AKR ja, aber wenn, dann an der Sandfraktion

2 Beschreibung durchgeführter petrographischer Untersuchungen

Die in dieser Arbeit durchgeführten petrographischen Untersuchungen von Betonproben umfassen die Feststellung des mineralogischen Aufbaus und des Gefüges sowie die Identifikation von Schadensmerkmalen, bevorzugt jene, die durch eine Alkali-Kieselsäure-Reaktion (AKR) hervorgerufen werden. Für die Untersuchung der Betonproben werden Dünnschliffe (DS) hergestellt. Dies sind ca. 25-30 μm dünne Plättchen der zu untersuchenden Probe, befestigt auf einem Glasträger, an denen die kristallografischen Eigenschaften der Gesteine und Minerale exakt bestimmt werden können. Zudem können kleinste Risse, sowohl in der Gesteinskörnung (GK) wie auch in der Zementsteinmatrix (ZSM), detailreich visualisiert werden. Die DS-Mikroskopie ist ein essentielles Untersuchungsverfahren der Mineralogie und Petrologie.

Bei der Präparation der Betonproben werden diese mit einem unter UV-Licht fluoreszierendem Epoxidharz eingebettet. Dies bildet die Grundlage für die Bestimmung etwaiger Rissstrukturen im Betonprobekörper. Die weitere wasserfreie Präparation erfolgt mittels mehrerer Schneid- und Schleifphasen. Als Kühlmittel beim Schneiden der Proben wird zumeist Petroleum eingesetzt. Für die Durchführung der petrographischen Untersuchung kommt vorrangig das Polarisationsmikroskop (PLM) **Axioskop 40 der Firma Zeiss ??** (Abbildung 2.1). Das Mikroskop ist mit einer Auflicht-Fluoreszenz-Einrichtung sowie einer Kamera für hochauflösende Bildverarbeitungen (AxioCam MRc5 mit der Software Axiovision der Firma Zeiss) ausgestattet.

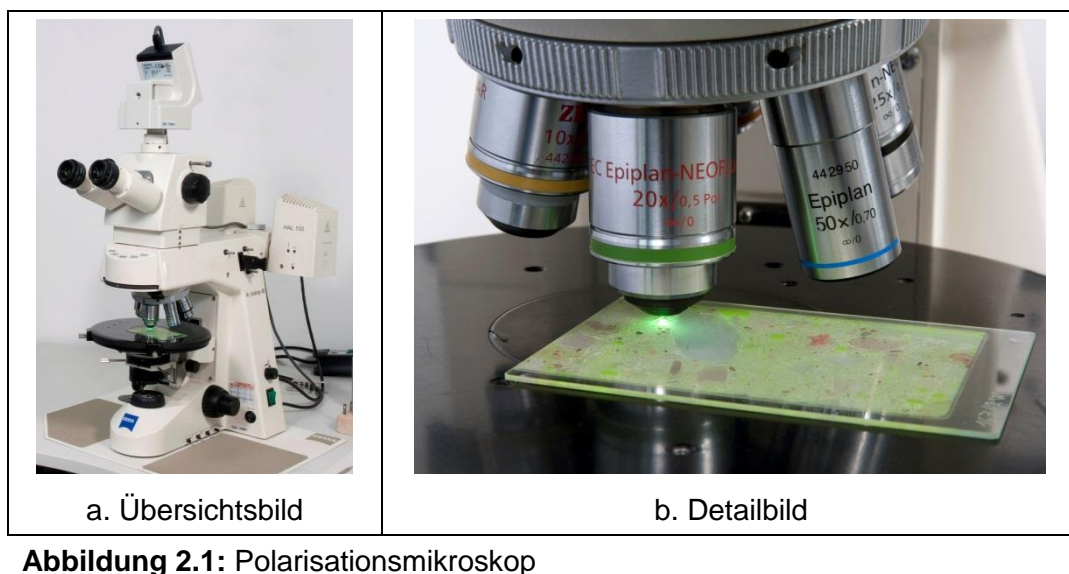


Abbildung 2.1: Polarisationsmikroskop

Die anschließende ausführliche petrographische Untersuchung der DS erfolgt mit dem PLM. Dabei werden die Proben nach folgendem Schema untersucht:













- Charakterisierung der GK > 2 mm
- Art der GK < 2 mm
- Charakterisierung der Porenfüllung
- Risscharakterisierung
- Zusammenfassende Bewertung der AKR und SEB-Schadensmerkmale
- Dokumentation mikroskopischer Aufnahmen

Die bei der Dokumentation der Untersuchungsergebnisse verwendeten Abkürzungen sind der Tabelle 1 zu entnehmen. Die Kriterien für die zwei- und dreidimensional Charakterisierung der Kornform der Gesteinskörnung mittels Sphärizität und Rundungsgrad sind der Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2.1 Verwendete Abkürzungen

Abkürzung	Definition
AKR	Alkali-Kieselsäure-Reaktion
AKRP	Alkali-Kieselsäure-Reaktionsprodukt
DS	Dünnschliff
GK	Gesteinskörnung
LPL	linear polarisiertes Licht
OB	Oberbeton
PLM	Polarisationsmikroskop
QSF	Querscheinfuge
SEB	sekundäre Ettringitbildung
UB	Unterbeton
WB	Waschbeton
XPL	gekreuzte Nicols
ZSM	Zementsteinmatrix

Tabelle 2.2 Rundungsgrad von Körnern mit geringer und hoher Sphärizität in Anlehnung an [1]

Sphärizität	Rundungsgrad					
	gut gerundet	gerundet	angerundet	subangular	angular	stark angular
gering						
hoch						

[1] Pettijohn, F.J., Potter, P.E. und Siever R. (1973): Sand and Sandstones. Springer-Verlag, New York, Berlin, Heidelberg, 617 Seiten.

3 Einzelergebnisse der 60°C Betonversuche mit externer Alkalizufuhr

Tabelle 3a: Befund der petrografischen Untersuchungen der Probe 2-08-60-3 (Grauwacke) mittels Polarisationsmikroskopie

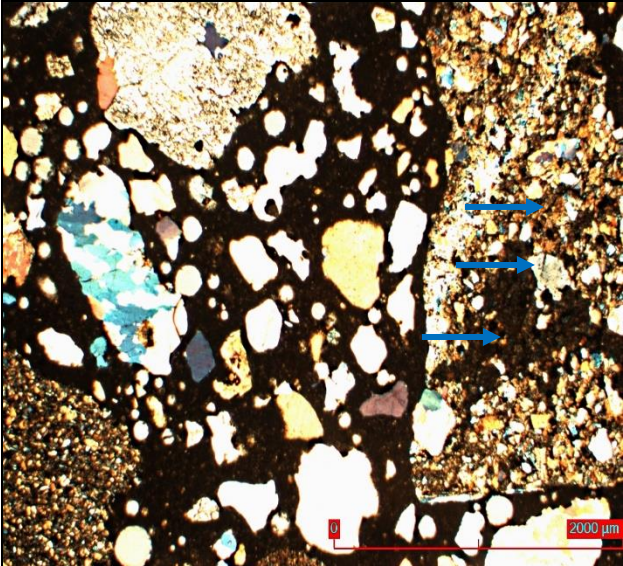
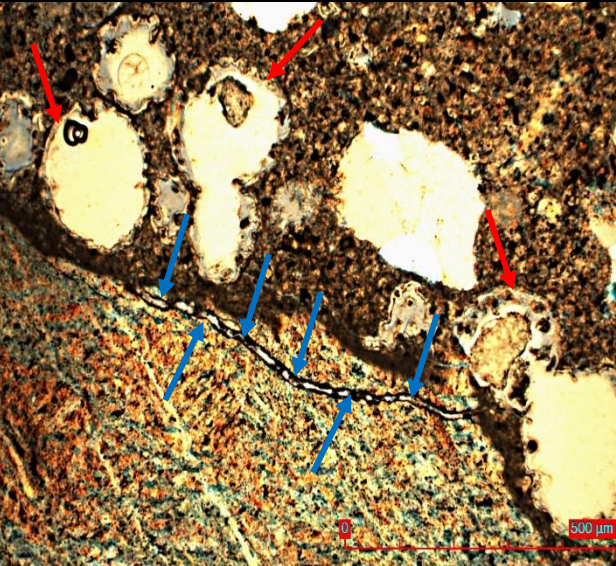
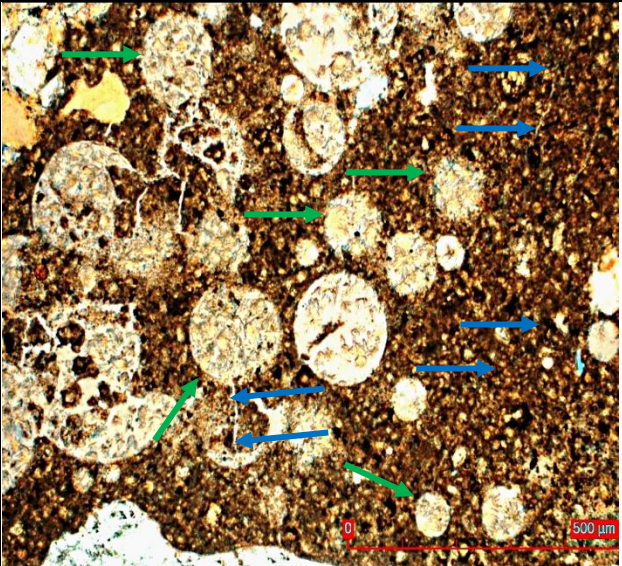
Gesteinskörnung: GK2		Betonart: OB 0/8 (WB) nach ARS 04/2013		AKR-Prüfverfahren: 60°C BV mit ext. Alkalizufuhr (3%)	
Bild 25		Bild 26		Bild 27	
					
<p>Eingebettet in eine Matrix aus Zementstein, feiner Gesteinskörnung und vielen Poren findet man grobe gebrochene Körner (Grauwacke), die z.T. von Rissen durchzogen sind.</p>		<p>Zu sehen sind Risse in einem Korn und Rissfortsetzung in die Matrix. Dort angeordnet findet man zahlreiche Poren, wobei viele randlich mit gelartigen Reaktionsprodukten gefüllt sind, was als eindeutiger Hinweis für eine AKR anzusehen ist.</p>		<p>Es gibt zahlreiche Bereiche im Zementstein, die mit Rissen netzartig durchzogen sind. In solchen Gefügebereichen konzentriert sind Poren, die mit Ettringit gefüllt sind.</p>	
Fazit:					
<p>Legende: → Ettringit → AKR-Gel → Rissverlauf</p>					

Tabelle 3b: Befund der petrografischen Untersuchungen der **Probe 2-08-60-3 (Grauwacke)** mittels Polarisationsmikroskopie

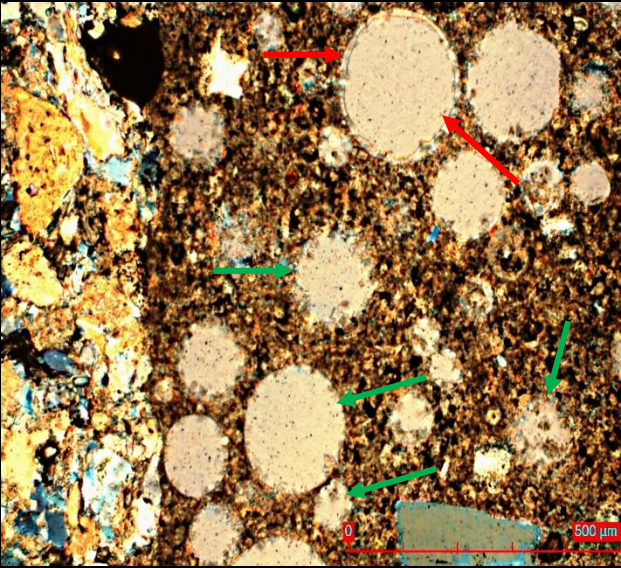
Gesteinskörnung:	GK2	Betonart:	OB 0/8 (WB) nach ARS 04/2013	AKR-Prüfverfahren:	60°C BV mit ext. Alkalizufuhr (3%)
Bild 28					
					
<p>Im Bild sind Poren zu erkennen, die randlich mit Ettringit bedeckt sind. Es ist aber auch eine Pore zu sehen, die randlich auch geringe Mengen an AKR-Gel enthält.</p>					
<p><u>Legende:</u> → Ettringit → AKR-Gel → Rissverlauf</p>					

Tabelle 4a: Befund der petrografischen Untersuchungen der **Probe 3-08-60-3 (Rhyolith)** mittels Polarisationsmikroskopie

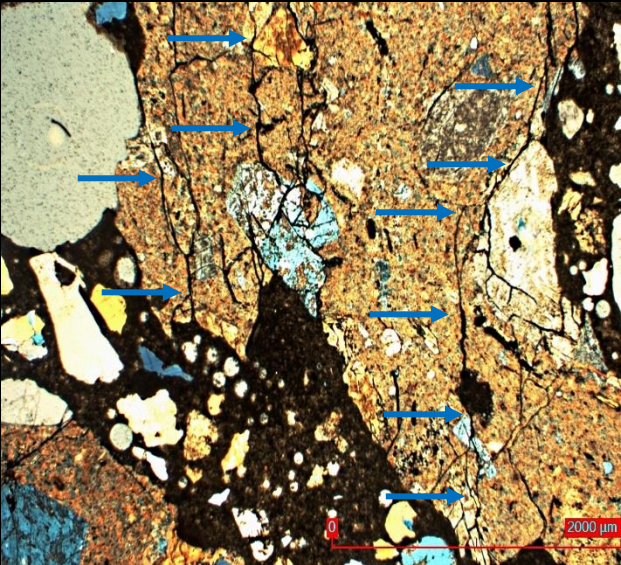
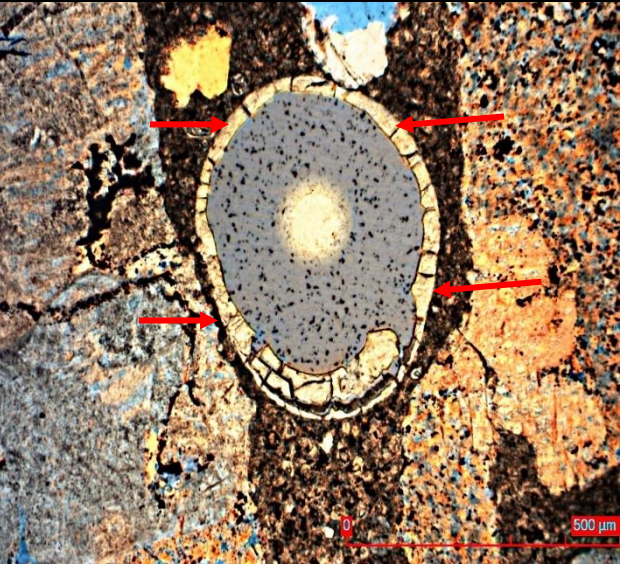
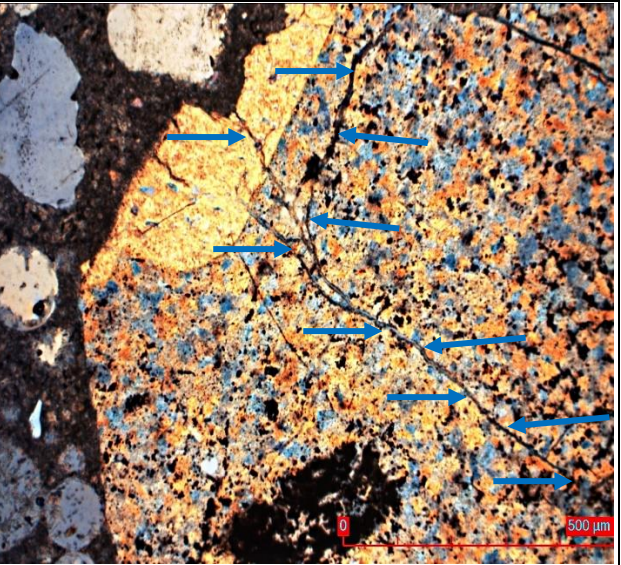
Gesteinskörnung: GK3		Betonart: OB 0/8 (WB) nach ARS 04/2013		AKR-Prüfverfahren: 60°C BV mit ext. Alkalizufuhr (3%)	
Bild 29		Bild 30		Bild 31	
					
<p>Eingebettet in eine Matrix aus Zementstein, feiner Gesteinskörnung und Poren findet man grobe Rhyolithkörner, die von zahlreichen Rissen durchzogen sind.</p>		<p>AKR-Gelablagerung in einer Pore</p>		<p>Rissbildung im Korn. Die Risse hier setzen sich aber nicht in die Matrix fort und es wird kein AKR-Gel vorgefunden.</p>	
<p><u>Legende:</u> → Ettringit → AKR-Gel → Rissverlauf</p>					

Tabelle 4b: Befund der petrografischen Untersuchungen der **Probe 3-08-60-3 (Rhyolith)** mittels Polarisationsmikroskopie

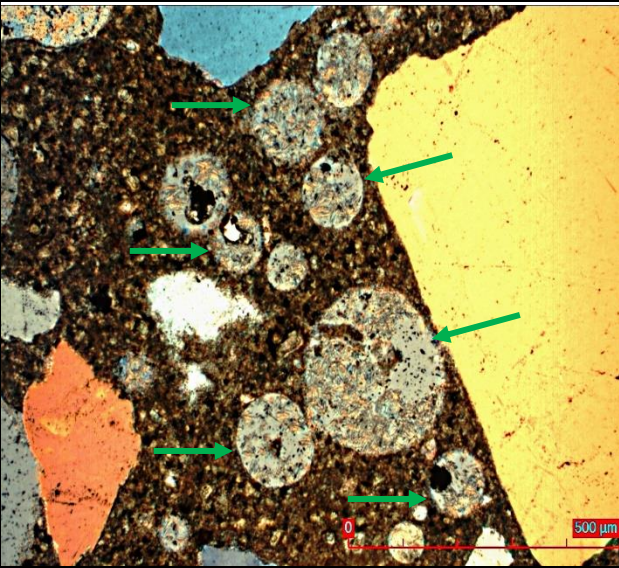
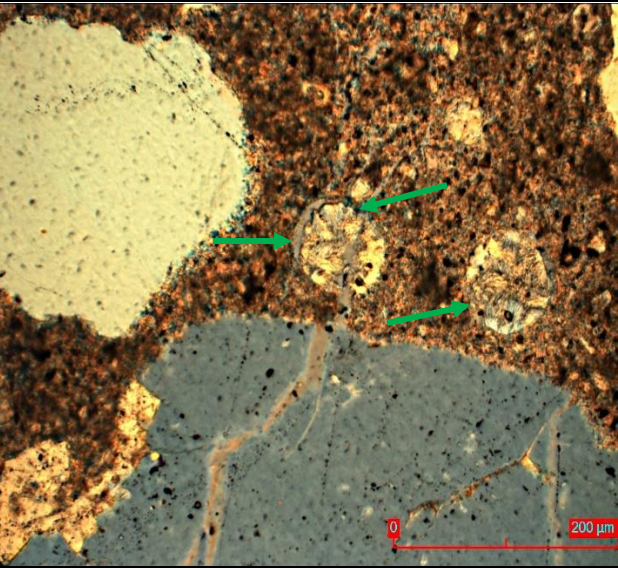
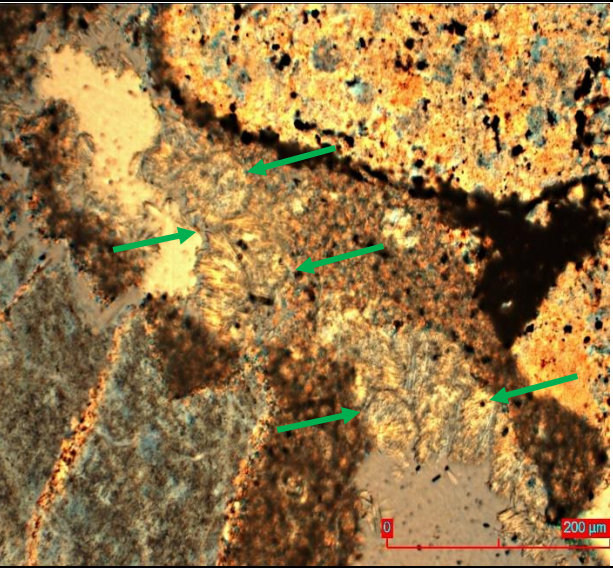
Gesteinskörnung: GK3		Betonart: OB 0/8 (WB) nach ARS 04/2013		AKR-Prüfverfahren: 60°C BV mit ext. Alkalizufuhr (3%)	
Bild 32		Bild 33		Bild 34	
					
<p>Man findet zahlreiche Poren, die mit Ettringitnadeln gefüllt sind. Die Poren hier im Bild sind nicht vollständig gefüllt, aber von der Menge her ist die Ettringitbildung trotzdem bemerkenswert.</p>		<p>Die Poren hier im Bild sind nicht vollständig gefüllt, aber von der Menge her ist die Ettringitbildung trotzdem bemerkenswert.</p>		<p>Zu sehen ist der Ablauf und das Schadenspotenzial einer SEB im Betongefüge. Nadlige Ettringitkristalle sind in einer Pore bzw. in einem Zwischenraum zwischen Gesteinskörnern angereichert und haben diesen geweitet. Ettringit wird an dieser Stelle auch massiv gefunden, was jedoch in der Intensität einen Einzelfall für die Probe darstellt.</p>	
<p>Legende: → Ettringit → AKR-Gel → Rissverlauf</p>					

Tabelle 5a: Befund der petrographischen Untersuchungen der **Probe 1-08-60-10 (Kies)** mittels Polarisationsmikroskopie

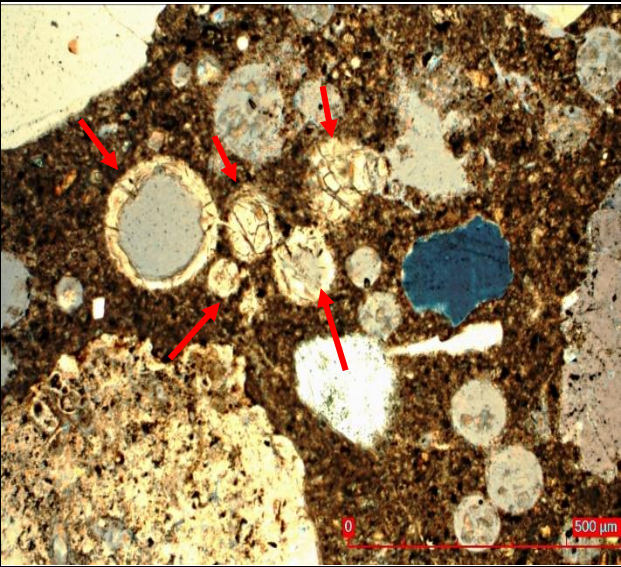
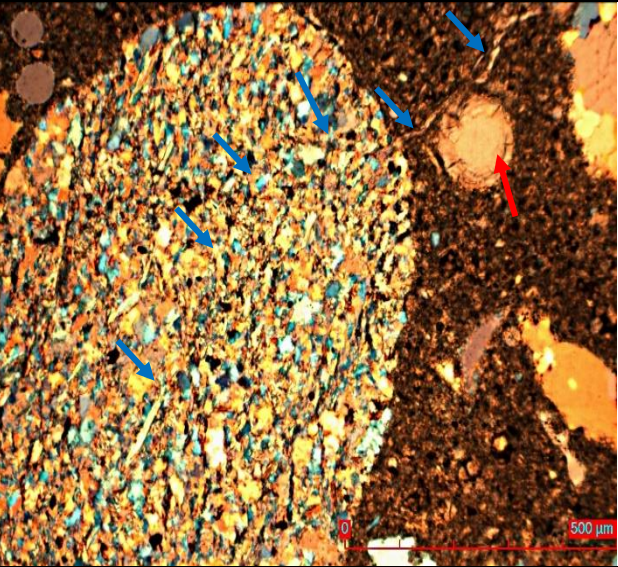
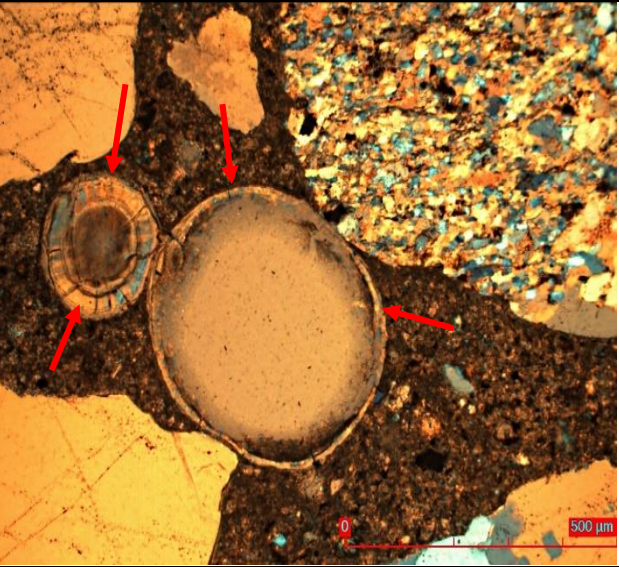
Gesteinskörnung: GK1		Betonart: OB 0/8 (WB) nach ARS 04/2013		AKR-Prüfverfahren: 60°C BV mit ext. Alkalizufuhr (10%)	
Bild 1		Bild 2		Bild 3	
					
<p>Dokumentation bei 125-facher Vergrößerung. Im Bild sind zahlreiche Poren im Zementstein mit AKR-Gel gefüllt zu sehen, es gibt, sichtbar anhand von Rissen, Gefügeschädigungen im Zementstein.</p>		<p>Typischer Ablauf einer AKR an einem quarzitisches Kieskorn. Zu sehen sind: Riss im Korn, Rissfortsetzung in die Matrix, im Riss und in einer angrenzenden Pore AKR-Gel.</p>		<p>Sandsteinkorn mit randlicher Reaktion und AKR-Gelablagerung in angrenzenden Poren.</p>	
<p>Legende: → Ettringit → AKR-Gel → Rissverlauf</p>					

Tabelle 5b: Befund der petrographischen Untersuchungen der **Probe 1-08-60-10 (Kies)** mittels Polarisationsmikroskopie

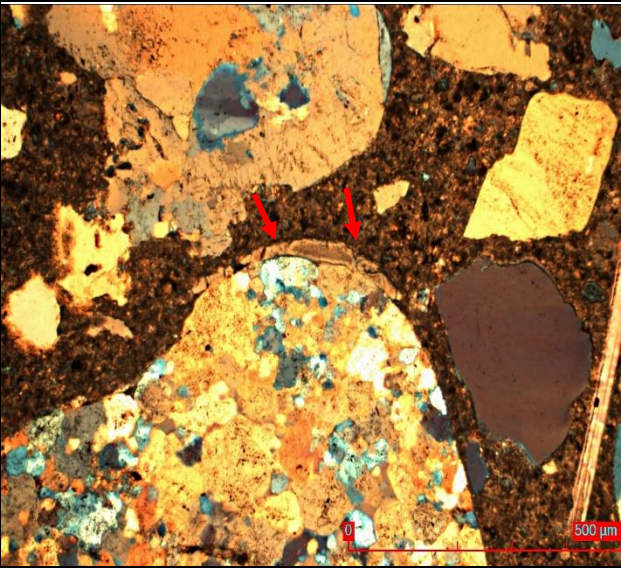
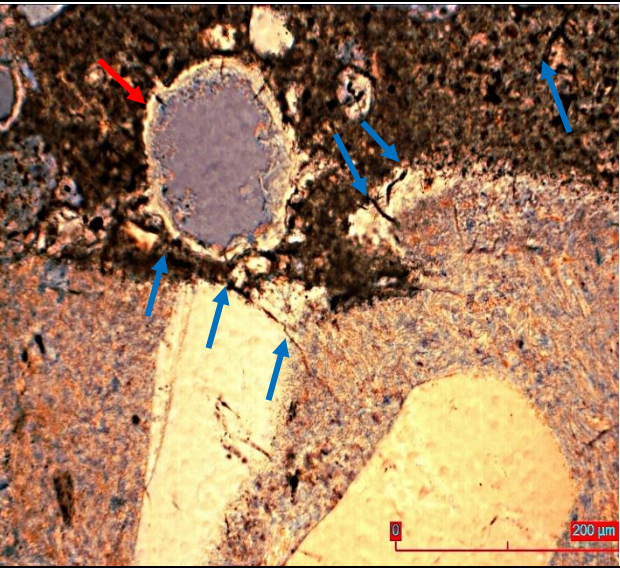

Gesteinskörnung: GK1		Betonart: OB 0/8 (WB) nach ARS 04/2013		AKR-Prüfverfahren: 60°C BV mit ext. Alkalizufuhr (10%)	
Bild 4		Bild 5		Bild 6	
					
<p>Reaktionssaum aus AKR-Gel an einer Stelle eines Mikroquarzkornes.</p>		<p>Randbereich eines Rhyolithkornes mit Rissen in der Grundmasse. An der Kornoberfläche ist ein Reaktionssaum aus AKR-Gel erkennbar. Identifikation einer AKR-Gelablagerung in einer Pore am Rand des Kornes.</p>		<p>Großflächige, massive AKR-Gelbildung in den Poren des Zementsteins.</p>	
<p>Legende: → Ettringit → AKR-Gel → Rissverlauf</p>					

Tabelle 5c: Befund der petrographischen Untersuchungen der **Probe 1-08-60-10 (Kies)** mittels Polarisationsmikroskopie

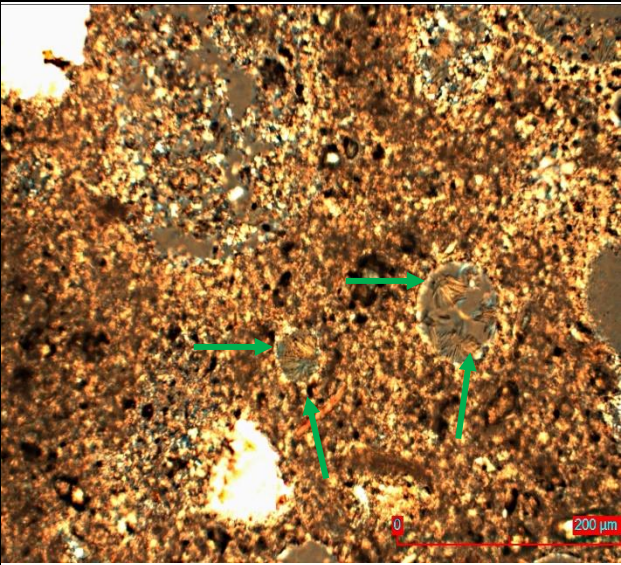

Gesteinskörnung: GK1		Betonart: OB 0/8 (WB) nach ARS 04/2013		AKR-Prüfverfahren: 60°C BV mit ext. Alkalizufuhr (10%)	
Bild 7		Bild 8			
					
<p>Ettringit in den Poren des Zementsteines. Dabei handelt es sich nicht um einen Einzelfall, die Poren sind stellenweise auch vollständig gefüllt.</p>		<p>Im Bild ist ein Zementsteinbereich mit Poren zu sehen, die mit AKR-Gel aber auch mit Ettringit gefüllt sind. An dieser Stelle wird eine Gefügeschädigung durch Treibprozesse sichtbar.</p>			
<p>Legende: → Ettringit → AKR-Gel → Rissverlauf</p>					

Tabelle 6a: Befund der petrografischen Untersuchungen der **Probe 2-08-60-10 (Grauwacke)** mittels Polarisationsmikroskopie

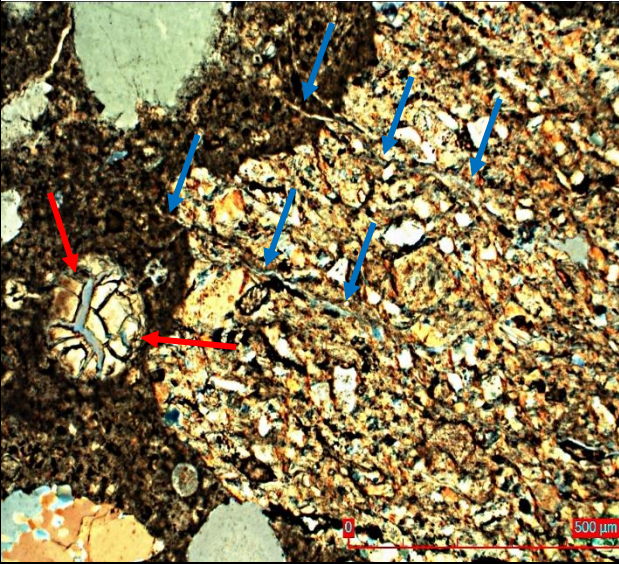
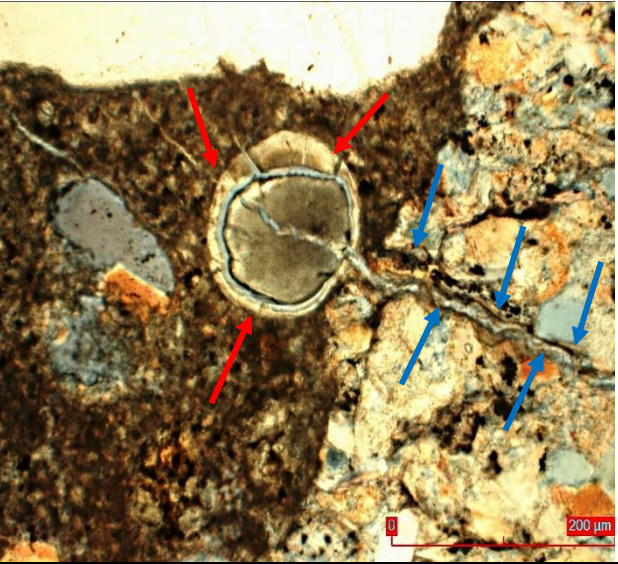
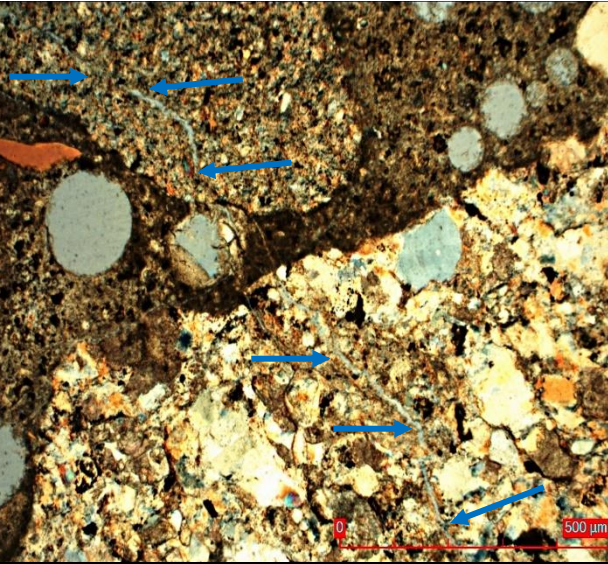
Gesteinskörnung: GK2		Betonart: OB 0/8 (WB) nach ARS 04/2013		AKR-Prüfverfahren: 60°C BV mit ext. Alkalizufuhr (10%)	
Bild 9		Bild 10		Bild 11	
					
<p>Das Bild dokumentiert das hohe Schädigungspotenzial der Grauwackekörner. Im Korn sind mehrere Risse zu erkennen, eine Rissfortsetzung fast von jedem Riss aus gesehen erfolgt in die Matrix hinein, eine Pore in der Nähe ist massiv mit AKR-Gel gefüllt.</p>		<p>Riss im Grauwackekorn, Rissfortsetzung in die Matrix, Gelagerung in der Pore im Rissverlauf und von der Pore ausgehend radialstrahlige Risse netzartig in die Matrix belegen das hohe Schadenspotenzial der Grauwacke-Gesteinskörner.</p>		<p>Das Bild zeigt zwei Grauwackekörner unmittelbar nebeneinander. Beide sind mit Rissen durchsetzt und die Risse beider Körner befüllen die Pore zwischen beiden Körnern.</p>	
<p>Legende: → Ettringit → AKR-Gel → Rissverlauf</p>					

Tabelle 6b: Befund der petrografischen Untersuchungen der **Probe 2-08-60-10 (Grauwacke)** mittels Polarisationsmikroskopie

Gesteinskörnung: GK2 Betonart: OB 0/8 (WB) nach ARS 04/2013 AKR-Prüfverfahren: 60°C BV mit ext. Alkalizufuhr (10%)		
Bild 12	Bild 13	Bild 14
<p>AKR-Gel an den Rändern einer Pore.</p>	<p>Das Bild zeigt eine massive Schädigung des Gefüges durch relativ hohe Gelmengen, die aus der Grauwacke (Korn rechts) freigesetzt werden. Die Poren sind fast alle vollständig mit Gel gefüllt. Auch das Korn links, ein quarzitisches Sandkorn, ist am Schadensprozess beteiligt.</p>	<p>Riss im Sandkorn, Rissfortsetzung von dort ausgehend netzartig, nur die Gelmengen hier sind gering und kaum festzustellen.</p>
<p>Legende: → Ettringit → AKR-Gel → Rissverlauf</p>		

Tabelle 6c: Befund der petrografischen Untersuchungen der **Probe 2-08-60-10 (Grauwacke)** mittels Polarisationsmikroskopie

Gesteinskörnung: GK2		Betonart: OB 0/8 (WB) nach ARS 04/2013		AKR-Prüfverfahren: 60°C BV mit ext. Alkalizufuhr (10%)	
Bild 15			Bild 16		
<p>Die feine Fraktion zeigt typische AKR-Merkmale. Zu erkennen sind ein Riss im Sandkorn, Rissfortsetzung in die Matrix und dort sich auch verzweigend, sowie Gelablagerung in der Pore.</p>			<p>Stellenweise, von der Menge aber gering, findet man auch Ettringit in den Poren des Zementsteins, Das Grauwackekorn rechts im Bild ist von Mikrorissen durchsetzt, die Rissbildung setzt sich angedeutet auch in der Matrix fort. In den Poren in der Nähe hat sich aber kein Gel, sondern Ettringit abgelagert. Die Poren sind nicht vollständig gefüllt, aber Ettringit ist deutlich nachweisbar.</p>		
<p>Legende: → Ettringit → AKR-Gel → Rissverlauf</p>					

Tabelle 7a: Befund der petrografischen Untersuchungen der **Probe 3-08-60-10 (Rhyolith)** mittels Polarisationsmikroskopie

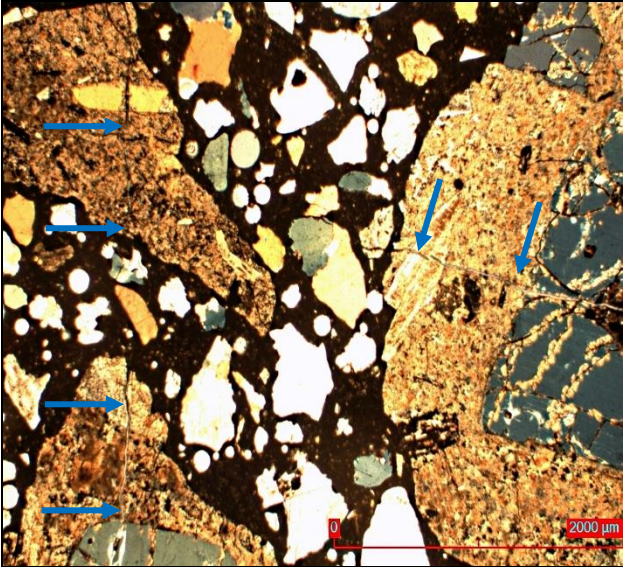
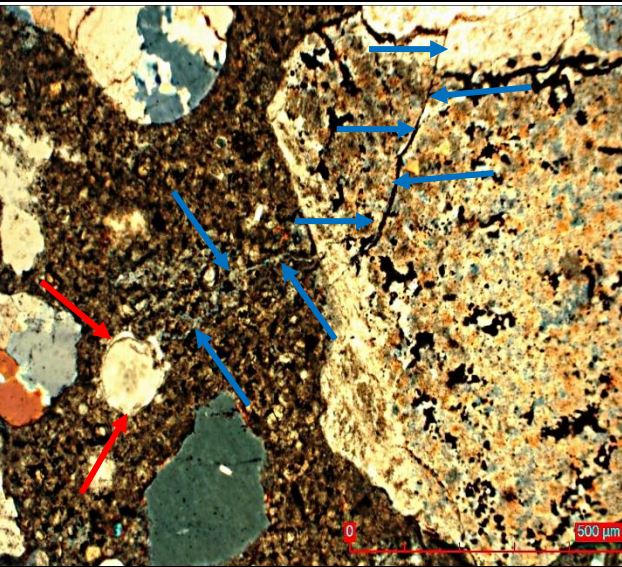
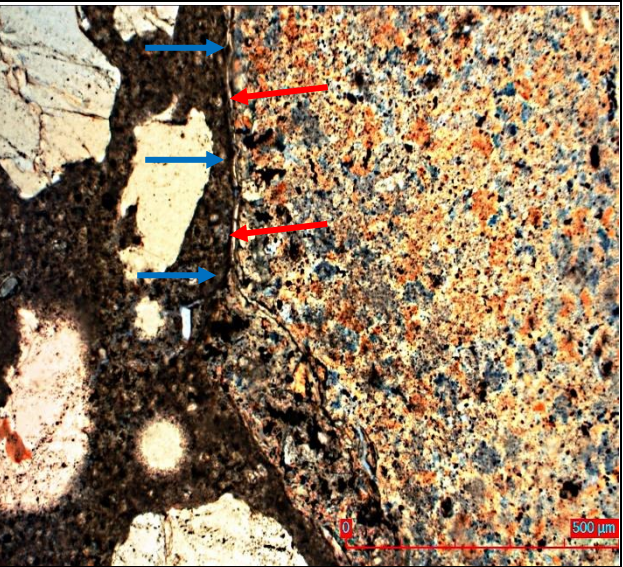
Gesteinskörnung: GK3		Betonart: OB 0/8 (WB) nach ARS 04/2013		AKR-Prüfverfahren: 60°C BV mit ext. Alkalizufuhr (10%)	
Bild 17		Bild 18		Bild 19	
					
<p>Das Gefüge ist dicht, grobe gebrochene Rhyolithkörner sind eingebettet in eine Matrix aus feinen Körnern und Zementstein. Die Rhyolithkörner weisen Risse auf, die sich stellenweise im Zementstein fortsetzen.</p>		<p>Das Bild zeigt die typischen AKR-Merkmale des Betons mit GK3, Riss im Korn (Rhy), Rissfortsetzung verzweigt in der Matrix und am Ende des Risses eine Pore mit Gel gefüllt.</p>		<p>Gelablagerung im Risskanal parallel zur Kornoberfläche</p>	
<p>Legende: → Ettringit → AKR-Gel → Rissverlauf</p>					

Tabelle 7b: Befund der petrografischen Untersuchungen der **Probe 3-08-60-10 (Rhyolith)** mittels Polarisationsmikroskopie

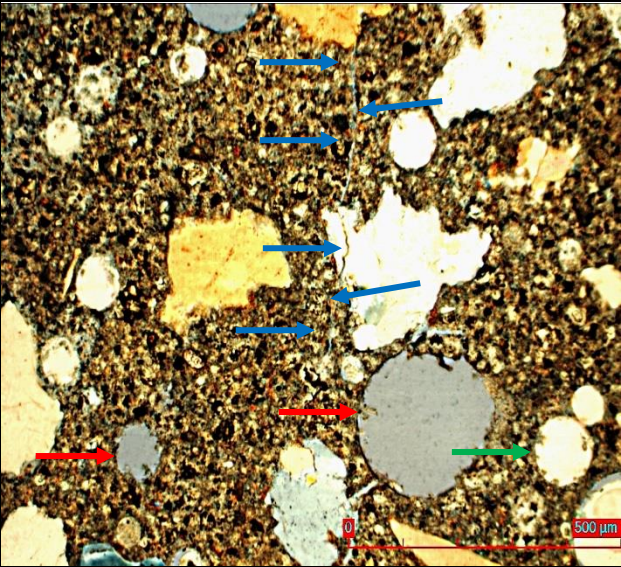
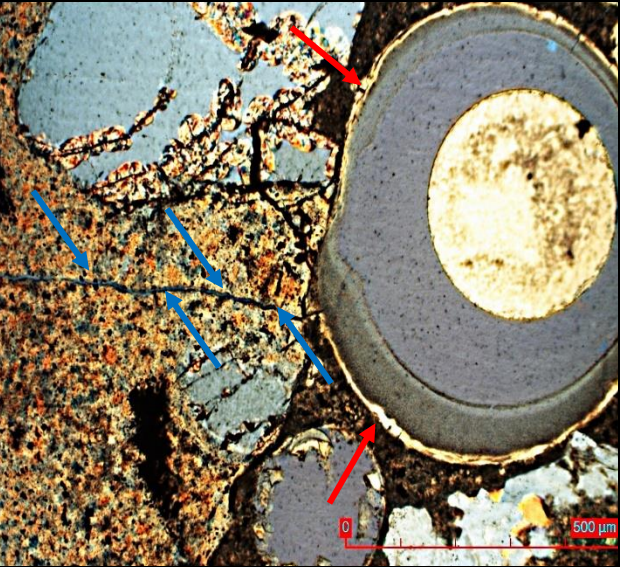

Gesteinskörnung: GK3		Betonart: OB 0/8 (WB) nach ARS 04/2013		AKR-Prüfverfahren: 60°C BV mit ext. Alkalizufuhr (10%)	
Bild 20		Bild 21		Bild 22	
					
<p>Im Bild sind netzartige Risse im Gefüge zu sehen, der Verursacher bleibt an dieser Stelle erst einmal unklar, da kein grobes Korn in der Nähe liegt. Das Gefüge ist gekennzeichnet durch zahlreiche Poren, die sich am Rand von groben Rhyolith-Körnern angeordnet haben. Dort wird häufig Gel, stellenweise auch Ettringit gefunden, wobei die Poren durchaus als Pufferraum für Treibprozesse dienen können.</p>		<p>Das Bild zeigt einen typischem Gefügebereich (Riss + gefüllte Pore). Es sind doch sehr zahlreiche Rhyolith-Körner betroffen, die gerissen sind, Rissfortsetzung in die Matrix verursachen und Gel bilden.</p>		<p>Risse im Korn deuten auf ein hohes Potential hin.</p>	
<p>Legende: → Ettringit → AKR-Gel → Rissverlauf</p>					

Tabelle 7c: Befund der petrografischen Untersuchungen der **Probe 3-08-60-10 (Rhyolith)** mittels Polarisationsmikroskopie

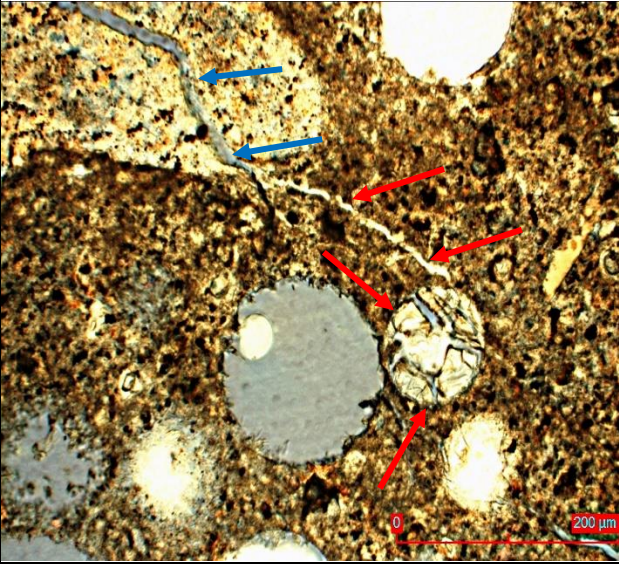
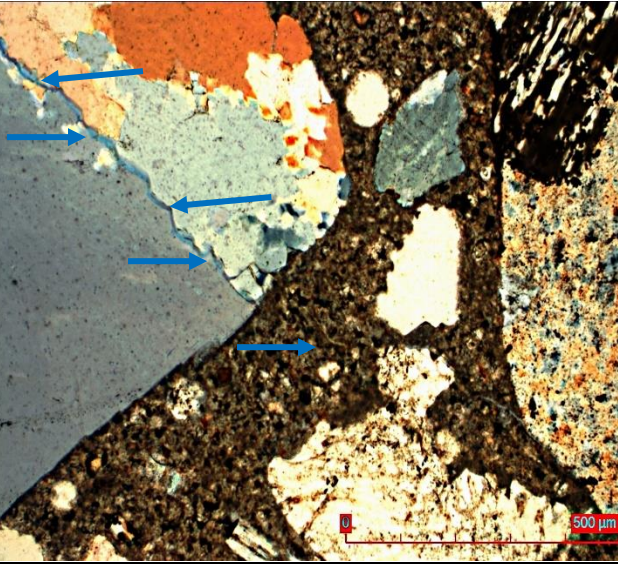
Gesteinskörnung: GK3		Betonart: OB 0/8 (WB) nach ARS 04/2013		AKR-Prüfverfahren: 60°C BV mit ext. Alkalizufuhr (10%)	
Bild 23			Bild 24		
					
<p>Das Bild dokumentiert ein weiteres Rhyolit-Korn mit Riss und Rissaustritt, in angrenzender Pore deutlich Gelablagerung. Die Pore ist fast vollständig mit Gel gefüllt und von der Pore gehen weitere Risse radialstrahlig aus.</p>			<p>Gefunden werden aber auch stressquarzhaltige Körner aus dem Sand, die Risse und Rissfortsetzungen zeigen, wie das Bild eindeutig belegt.</p>		
<p>Legende: → Ettringit → AKR-Gel → Rissverlauf</p>					

Tabelle 8a: Befund der petrographischen Untersuchungen der **Probe 1-22-60-10** mittels Polarisationsmikroskopie

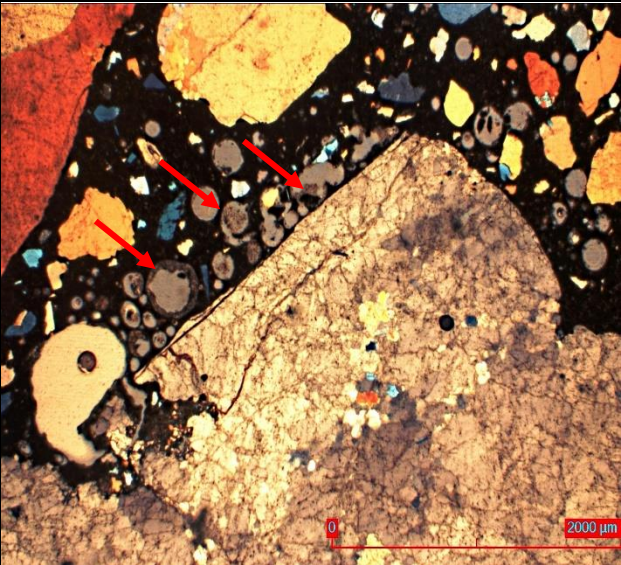
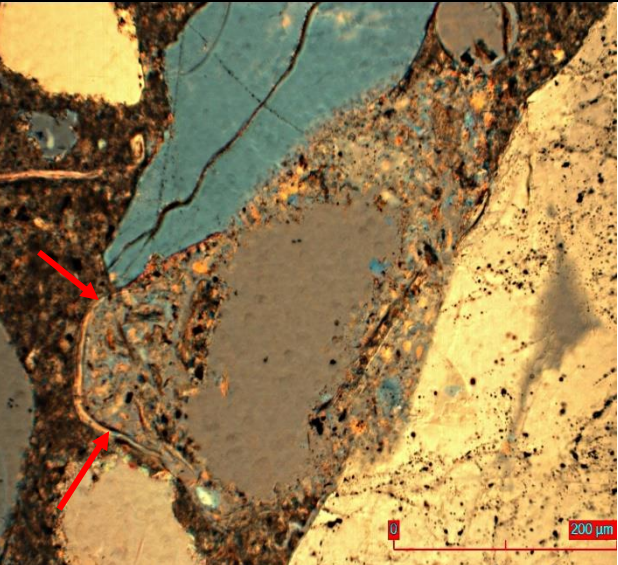
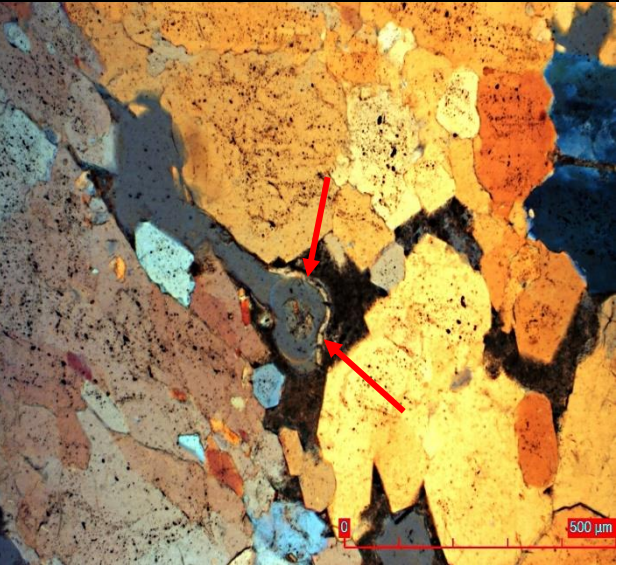
Gesteinskörnung: GK1		Betonart: OB (D>8)/UB nach ARS 04/2013		AKR-Prüfverfahren: 60°C BV mit ext. Alkalizufuhr (10%)	
Bild 35		Bild 36		Bild 37	
					
<p>In den Poren, die am Rand des groben Kieskornes liegen, zeigen sich AKR-Ablagerungen.</p>		<p>Offensichtlich kommt es zu einem oberflächlichen Anlösen des Kornes und daraus resultierend der Gelbildung, wie das das Bild eindrucksvoll belegt.</p>		<p>In einem Lunker eines groben Kieskornes findet man an zwei Stellen Ablagerung von Gel. Das Korn besteht aus Stressquarzbereichen</p>	
<p><u>Legende:</u> → Ettringit → AKR-Gel → Rissverlauf</p>					

Tabelle 8b: Befund der petrographischen Untersuchungen der **Probe 1-22-60-10** mittels Polarisationsmikroskopie

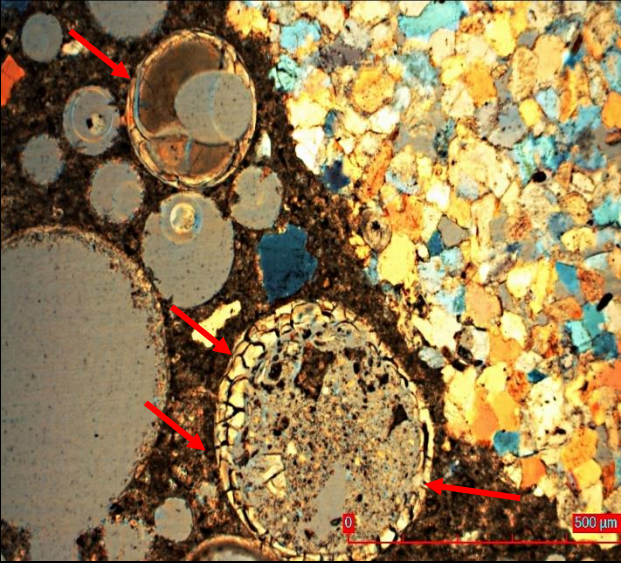
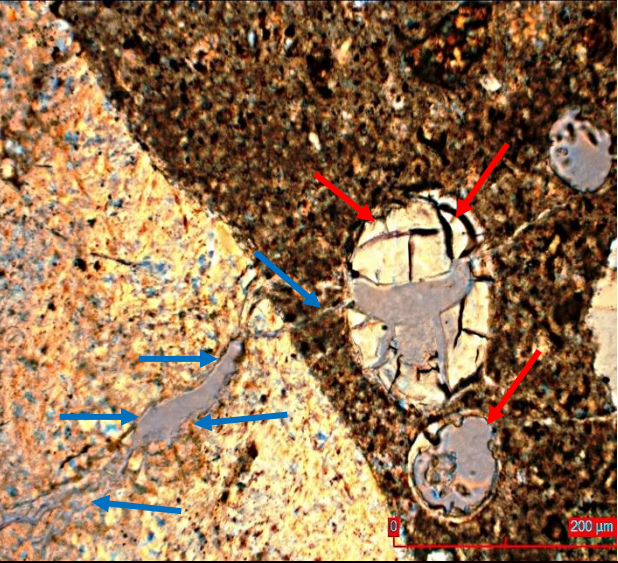
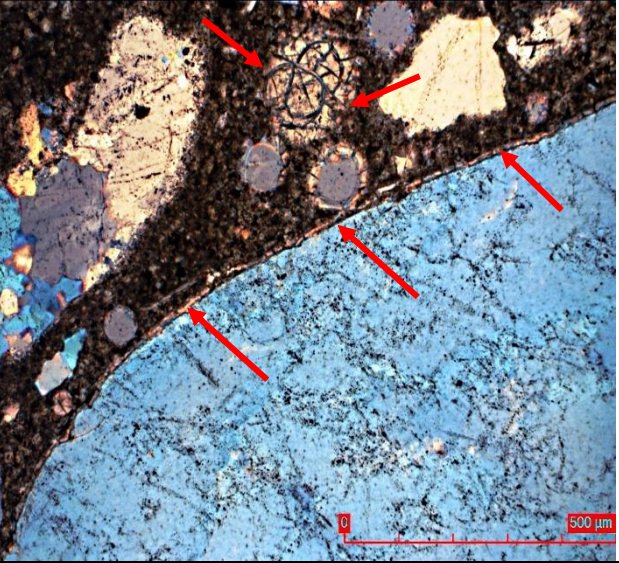
Gesteinskörnung: GK1		Betonart: OB (D>8)/UB nach ARS 04/2013		AKR-Prüfverfahren: 60°C BV mit ext. Alkalizufuhr (10%)	
Bild 38		Bild 39		Bild 40	
					
<p>Dokumentiert sind hier anhand eines mikrokristallinen Quarzkornes aus dem Kies mit oberflächlichen Anlöseerscheinungen und Gelablagerungen in den angrenzenden Poren eine AKR.</p>		<p>Die typischen Merkmale einer AKR, wie Riss im Korn, Rissfortsetzung in die Matrix, hier bis zu den Poren, und dort massive Gelablagerung und Schädigung an einem Rhyolithkorn der Kiesfraktion sind hier dokumentiert</p>		<p>Das Bild zeigt auf der Oberfläche eines Quarzkornes einen Reaktionssaum aus AKR-Gel. Von dort ausgehend erfolgt auch die Porenfüllung von angrenzenden Poren im Gefüge.</p>	
<p>Legende: → Ettringit → AKR-Gel → Rissverlauf</p>					

Tabelle 8c: Befund der petrographischen Untersuchungen der **Probe 1-22-60-10** mittels Polarisationsmikroskopie

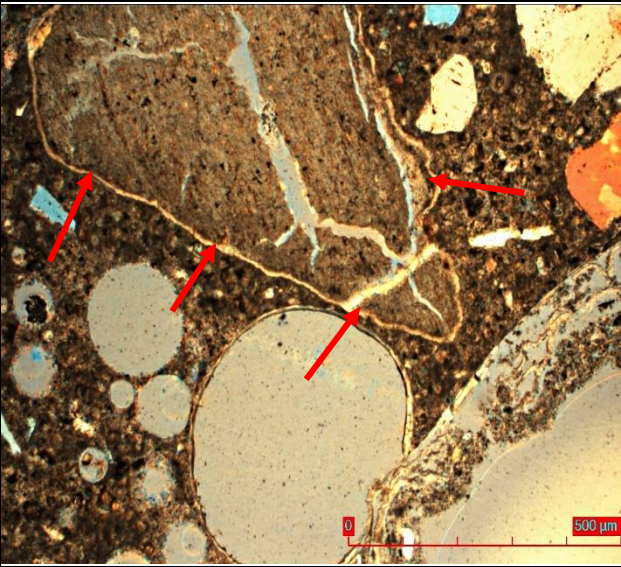
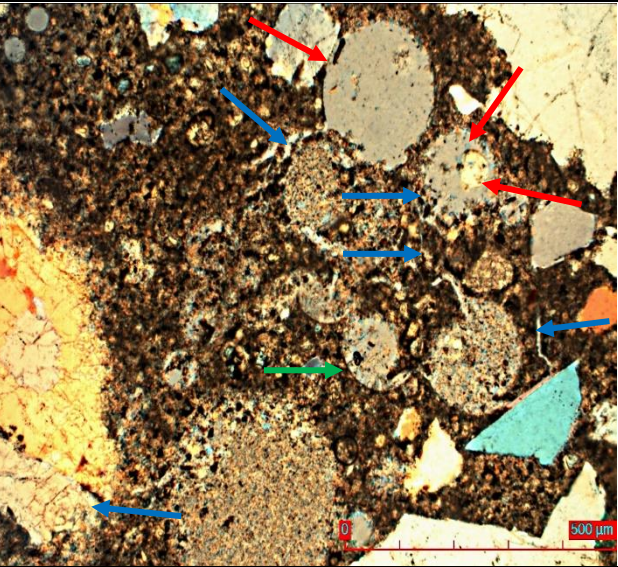
Gesteinskörnung: GK1		Betonart: OB (D>8)/UB nach ARS 04/2013		AKR-Prüfverfahren: 60°C BV mit ext. Alkalizufuhr (10%)		
Bild 41			Bild 42			
						
<p>Das Bild zeigt ein Flintkorn aus Sandfraktion? mit Reaktionssaum und massiver Gelablagerung angrenzend in den Poren. Eine AKR ausgehend von Körnern der feinen Gesteinskörnung ist somit nicht auszuschließen</p>			<p>Massive Gefügeschädigung durch netzartige Risse im Zementstein. Dort in den Poren findet man Ettringit, eventuell auch AKR-Gel, so dass es zu einer Überlagerung beider Prozesse im Beton gekommen ist.</p>			
<p>Legende: → Ettringit → AKR-Gel → Rissverlauf</p>						

Tabelle 9a: Befund der petrographischen Untersuchungen der **Probe 2-22-60-10** mittels Polarisationsmikroskopie

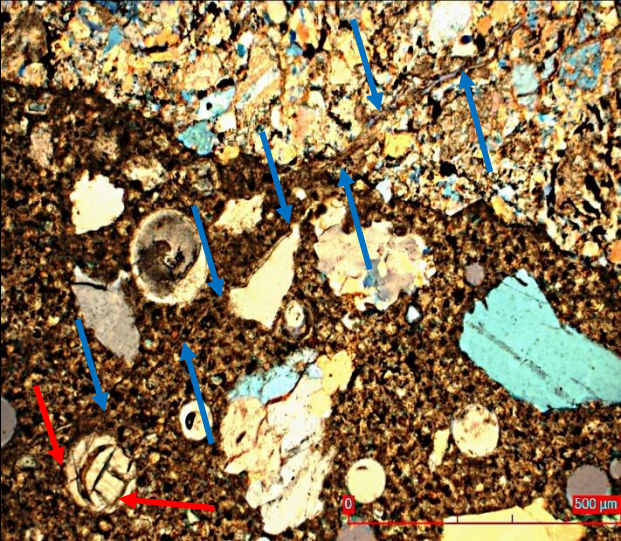
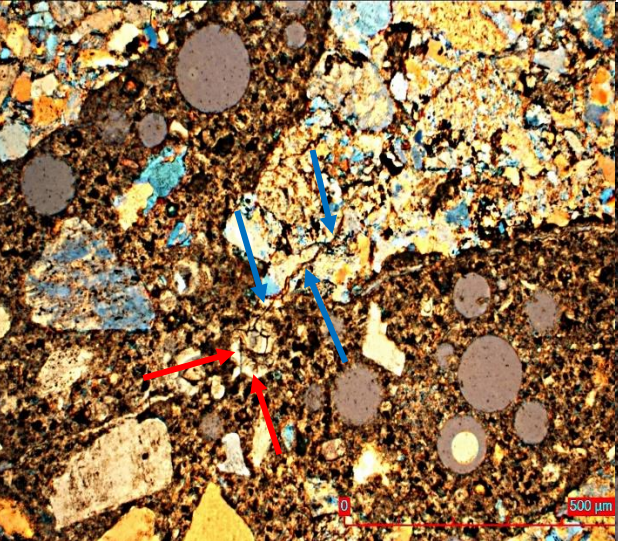
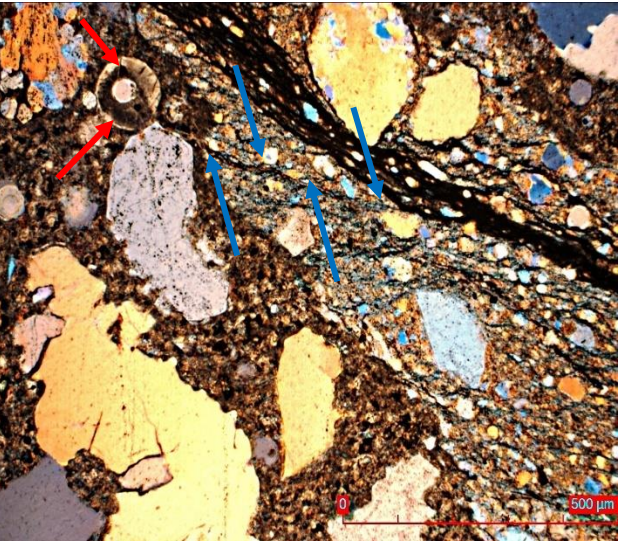
Gesteinskörnung: GK2		Betonart: OB (D>8)/UB nach ARS 04/2013		AKR-Prüfverfahren: 60°C BV mit ext. Alkalizufuhr (10%)	
Bild 43		Bild 44		Bild 45	
					
<p>Typischer Schadensmechanismus mit Grauwacke, Risse im Korn, Rissfortsetzungen in die Matrix und dort AKR-Gel im Risskanal und in den angrenzenden Poren.</p>		<p>Typischer Schadensmechanismus mit Grauwacke, Risse im Korn, Rissfortsetzungen in die Matrix und dort AKR-Gel im Risskanal und in den angrenzenden Poren.</p>		<p>Typischer Schadensmechanismus mit Grauwacke, Risse im Korn, Rissfortsetzungen in die Matrix und dort AKR-Gel im Risskanal und in den angrenzenden Poren.</p>	
<p>Legende: → Ettringit → AKR-Gel → Rissverlauf</p>					

Tabelle 9b: Befund der petrographischen Untersuchungen der **Probe 2-22-60-10** mittels Polarisationsmikroskopie

Gesteinskörnung: GK2		Betonart: OB (D>8)/UB nach ARS 04/2013		AKR-Prüfverfahren: 60°C BV mit ext. Alkalizufuhr (10%)	
Bild 46			Bild 47		
<p>Zu sehen sind Gelablagerungen in Poren des Zementsteins, auch ein Riss ist zu erkennen, der seinen Ursprung im Korn links im Bild hat. Bei diesem Korn handelt es sich aus der Korngröße heraus um ein Sandkorn aus Quarz (Mikroquarz), AKR mit Sand.</p>			<p>Bildung von AKR-Gel aus einem Korn, welches ebenfalls eher der Sandfraktion zugeordnet werden muss. Riss im Korn, Rissfortsetzung in die Matrix, Ablagerung des Gels in den Poren in der Nähe sind typische Merkmale einer AKR, die an diesem Korn beobachtet werden können.</p>		
<p>Legende: → Ettringit → AKR-Gel → Rissverlauf</p>					

Tabelle 10a: Befund der petrographischen Untersuchungen der **Probe 3-22-60-10 (Rhyolith)** mittels Polarisationsmikroskopie

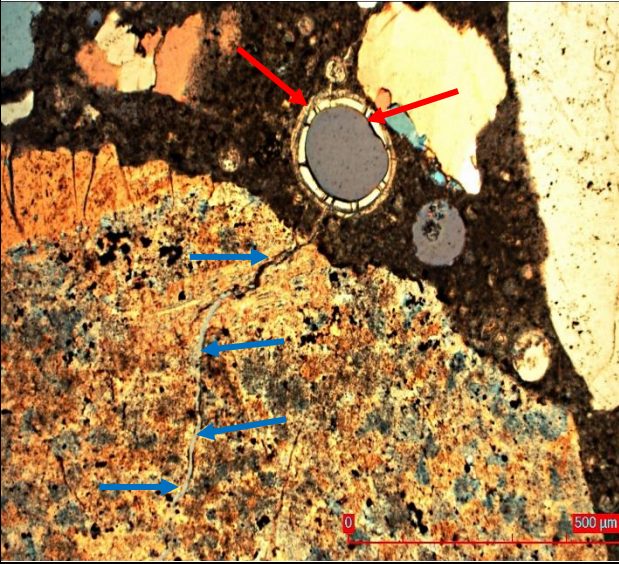
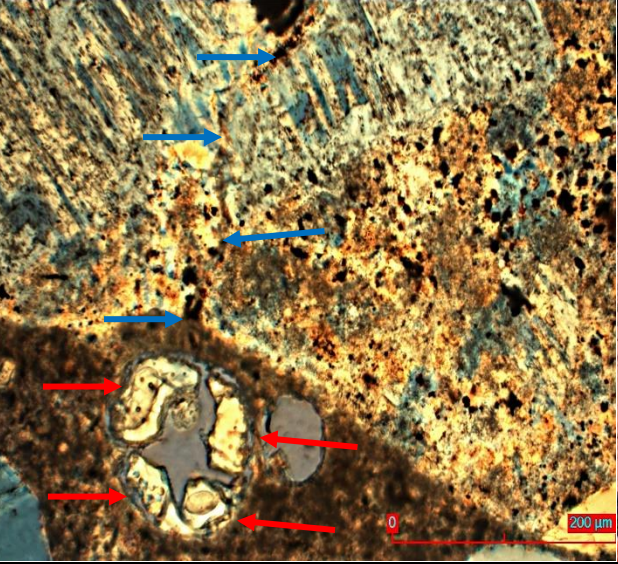
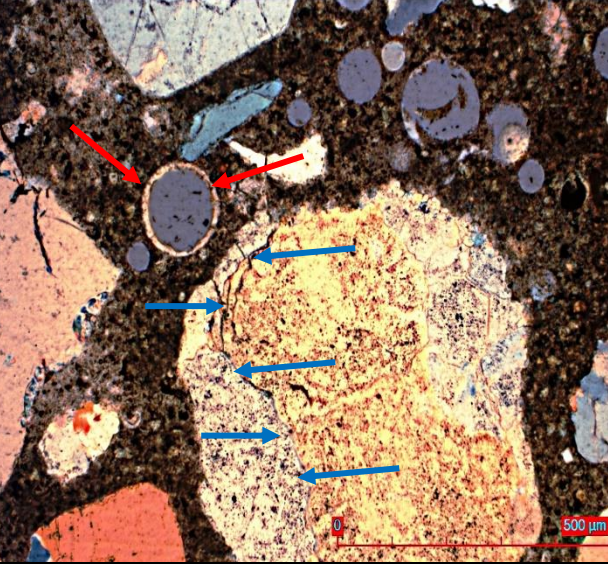
Gesteinskörnung: GK3		Betonart: OB (D>8)/UB nach ARS 04/2013		AKR-Prüfverfahren: 60°C BV mit ext. Alkalizufuhr (10%)	
Bild 48		Bild 49		Bild 50	
					
<p>Typischen Merkmale einer AKR mit einem groben Rhyolithkorn, Riss im Korn, Rissfortsetzung in die Matrix bis zu einer Pore. Im Riss und in der Pore findet man Gelablagerung</p>		<p>Dieses Bild dokumentiert anhand eines angedeuteten Risses in einem Rhyolithkorn und der angrenzenden mit Gel gefüllt Pore das Stattfinden einer AKR im Betongefüge der Probe GK3.</p>		<p>Eine AKR mit den typischen Merkmalen zeigt hier ein Korn der feinen Gesteinskörnung. Der Riss in dem Sandkorn (im Bild unten), darüber eine Pore mit Gelablagerung, dokumentieren diesen Sachverhalt.</p>	
<p>Legende: → Ettringit → AKR-Gel → Rissverlauf</p>					

Tabelle 10b: Befund der petrographischen Untersuchungen der **Probe 3-22-60-10 (Rhyolith)** mittels Polarisationsmikroskopie

Gesteinskörnung: GK3		Betonart: OB (D>8)/UB nach ARS 04/2013		AKR-Prüfverfahren: 60°C BV mit ext. Alkalizufuhr (10%)	
Bild 51			Bild 52		
<p>Auch hier ist der Ablauf einer AKR mit einem Sandkorn zu sehen. Das feine Gesteinskorn links im Bild ist in Zersetzung begriffen, so dass möglicherweise das Gel in den beiden Poren aus diesem Prozess stammt.</p>			<p>Das Gefüge des Betons wird von zahlreichen Poren durchzogen. Diese sind meist leer, manche mit Zementstein gefüllt.</p>		
<p>Legende: → Ettringit → AKR-Gel → Rissverlauf</p>					

4 Einzelergebnisse der Klimawechsellagerung mit H₂O- und NaCl- Beaufschlagung

Tabelle 11a: Befund der petrographischen Untersuchungen der **Probe 1-08-KWL-H₂O (Kies)** mittels Polarisationsmikroskopie

Gesteinskörnung:	GK1	Betonart:	Alkali-Richtline des DAfStb	AKR-Prüfverfahren:	Klimawechsellagerung (H ₂ O)
Bild 53		Bild 54		Bild 55	
<p>Am Rande des groben Kieskornes ist eine Pore zu erkennen, randlich mit AKR-Gel gefüllt. Risse im Korn sind angedeutet.</p>		<p>Das Bild zeigt ein mit Rissen durchzogenes Sandkorn (feine Gesteinskörnung). An der Oberfläche des Kornes hin zur Pore daneben findet man AKR-Gel (gering, von der Menge her aber nachweisbar).</p>		<p>Zu sehen ist ein grobes quarzitisches Korn mit einem Riss. Im angrenzenden Zementschein sind Poren zu erkennen, die fast alle massiv mit Gel gefüllt sind. An dieser Stelle gelingt eindeutig der Nachweis einer AKR bei Wasserbeaufschlagung.</p>	
<p>Legende: → Ettringit → AKR-Gel → Rissverlauf</p>					

Tabelle 11b: Befund der petrographischen Untersuchungen der **Probe 1-08-KWL-H₂O (Kies)** mittels Polarisationsmikroskopie


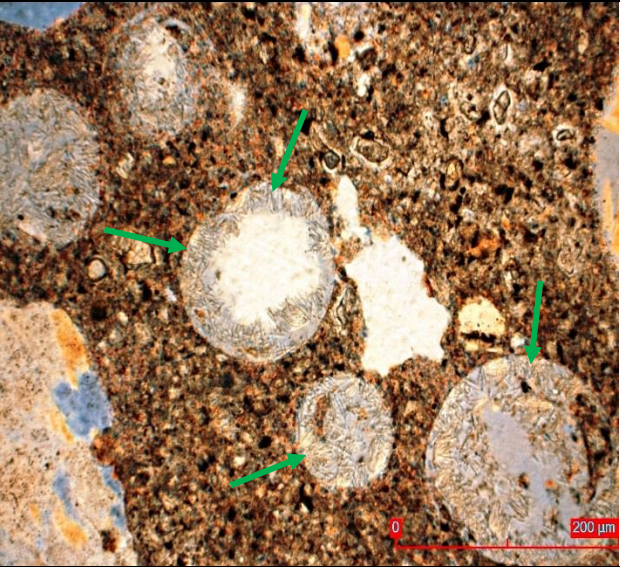

Gesteinskörnung:	GK1	Betonart:	Alkali-Richtlinie des DAfStb	AKR-Prüfverfahren:	Klimawechsellaagerung (H ₂ O)
Bild 56		Bild 57		Bild 58	
					
<p>Das Bild dokumentiert Ettringitbildung in Poren. Diese ist erst einmal nicht schädigend, aber trotzdem von der Menge her bemerkenswert.</p>		<p>Gezeigt sind Ettringitablagerungen in nahezu jeder Pore. Der Füllgrad ist geringer im Vergleich zur NaCl-Lagerung, jedoch durchaus vergleichbar.</p>		<p>Eine Gefügeschädigung der Zementsteinmatrix durch Ettringitbildung in den Poren (SEB) wird in diesem Bild belegt.</p>	
<p>Legende: → Ettringit → AKR-Gel → Rissverlauf</p>					

Tabelle 12a: Befund der petrographischen Untersuchungen der **Probe 3-08-KWL-H₂O (Kies)** mittels Polarisationsmikroskopie

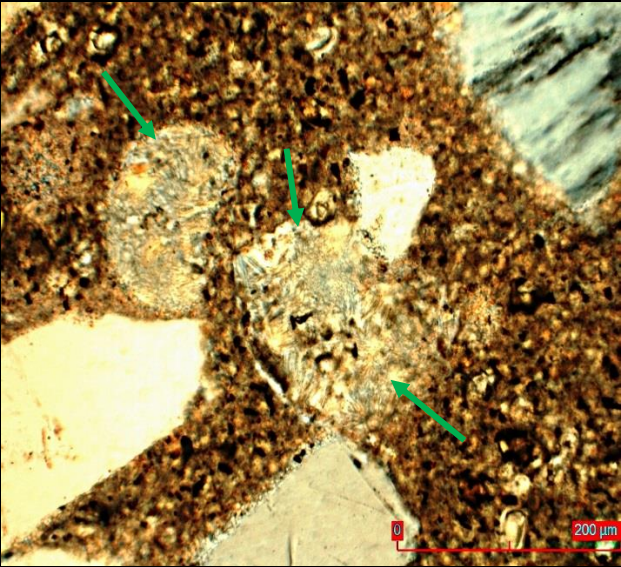
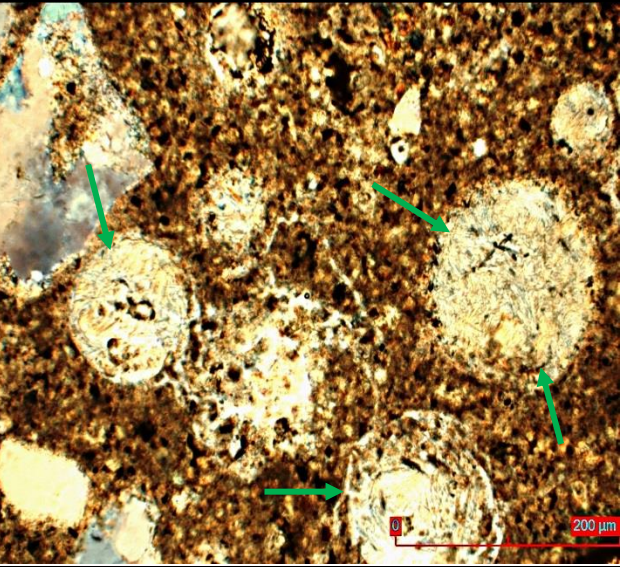
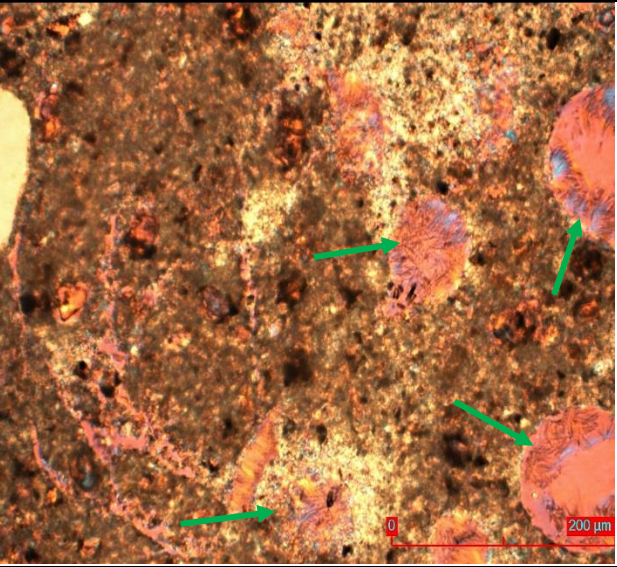
Gesteinskörnung: GK3		Betonart: Alkali-Richtlinie des DAfStb		AKR-Prüfverfahren: Klimawechsellagerung (H₂O)	
Bild 59		Bild 60		Bild 61	
					
<p>Zu sehen sind mit Ettringit gefüllte Poren. Im Gefüge sind insgesamt zahlreiche so gefüllte anzutreffen.</p>		<p>Dieses Bild belegt eine Gefügeschädigung durch Ettringitbildung in den Poren und von dort ausgehende Rissbildung.</p>		<p>Eine durch stärkere Interferenzfarben hervorgehobene Ettringitbildung im Gefüge, sowohl in den Poren, als auch im Zementstein, wird in diesem Bild dokumentiert. Dadurch hervorgerufen ist es zur Rissbildung und somit zur Schädigung des Zementsteingefüges gekommen. Das Schadensbild ist eindeutig einer SEB zuzuordnen.</p>	
<p>Legende: → Ettringit → AKR-Gel → Rissverlauf</p>					

Tabelle 12b: Befund der petrographischen Untersuchungen der **Probe 3-08-KWL-H₂O (Kies)** mittels Polarisationsmikroskopie

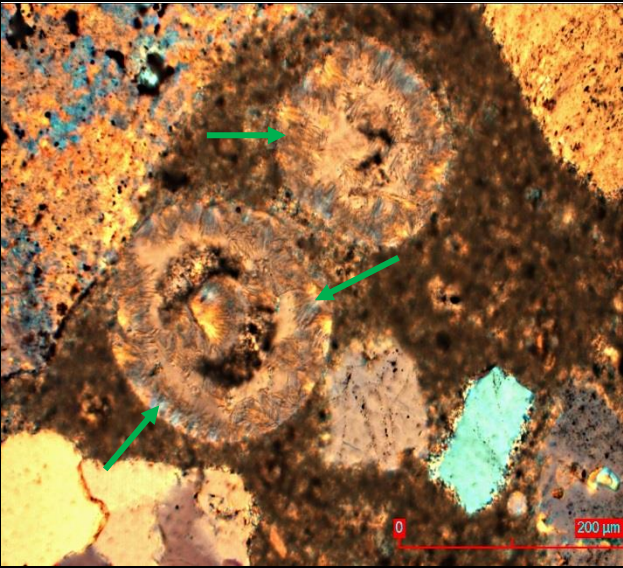
Gesteinskörnung:	GK3	Betonart:	Alkali-Richtlinie des DAfStb	AKR-Prüfverfahren:	Klimawechsellagerung (H ₂ O)
Bild 62					
					
<p>Die durchaus erhebliche Menge an Ettringit in den Poren ist diesem Bild zu entnehmen. Zu sehen sind hier zwei Poren massiv mit Ettringit gefüllt, was über das normale Maß einer Zementhydratation hinausgeht.</p>					
<p><u>Legende:</u> → Ettringit → AKR-Gel → Rissverlauf</p>					

Tabelle 13a: Befund der petrographischen Untersuchungen der **Probe 1-08-KWL-NaCl (Kies)** mittels Polarisationsmikroskopie

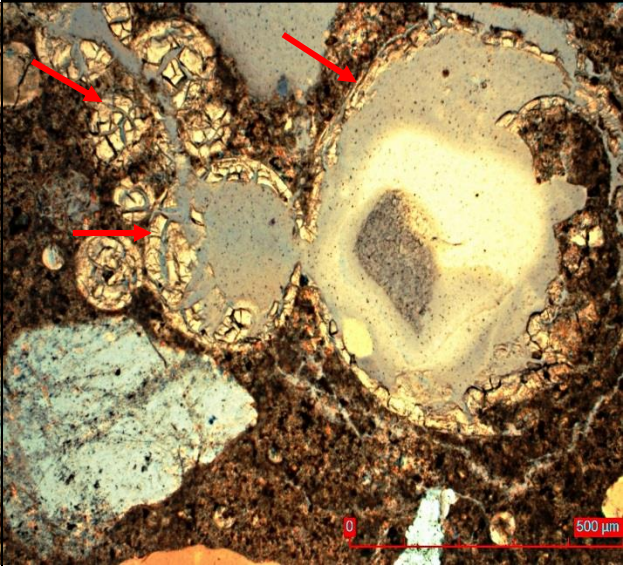
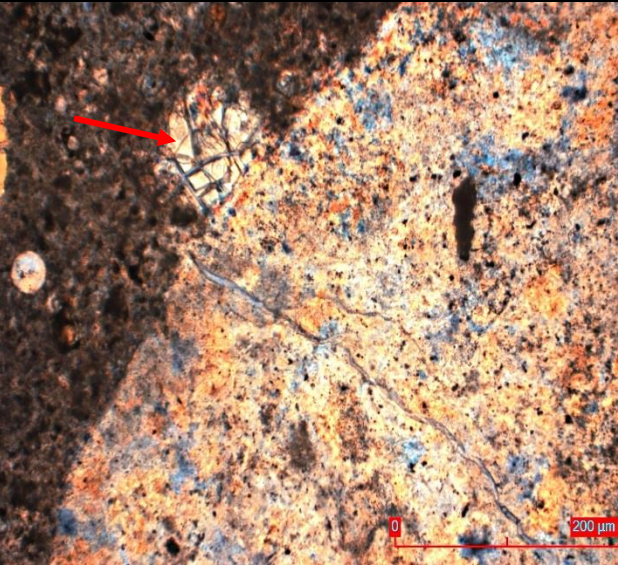
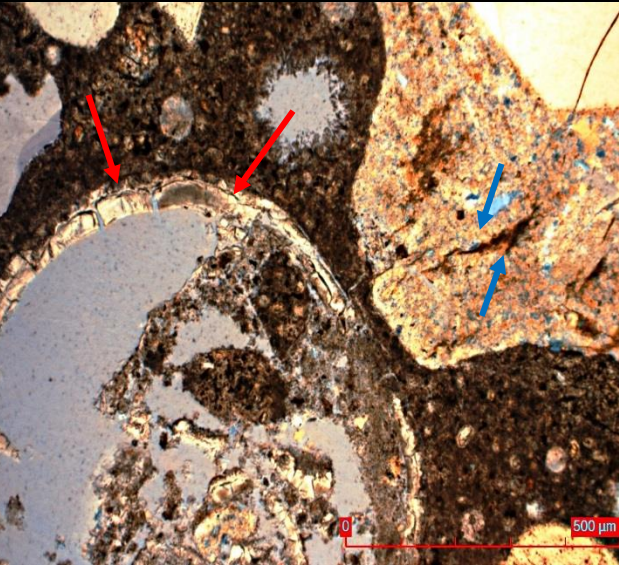
Gesteinskörnung:	GK1	Betonart:	Alkali-Richtlinie des DAfStb	AKR-Prüfverfahren:	Klimawechselagerung (NaCl)
Bild 63		Bild 64		Bild 65	
					
<p>Gezeigt ist das typische Gefüge des Betons der Probe, sehr häufig werden Bereiche mit massiver AKR-Bildung gefunden bis hin zur Zerstörung des Gefüges.</p>		<p>Verursache für die AKR sind die groben Sandsteinkörner, die im Bild zu sehen sind.</p>		<p>Auch Rhyolithkörner sind als Ursache der AKR in diesem Bild zu erkennen.</p>	
<p>Legende: → Ettringit → AKR-Gel → Rissverlauf</p>					

Tabelle 13b: Befund der petrographischen Untersuchungen der **Probe 1-08-KWL-NaCl (Kies)** mittels Polarisationsmikroskopie


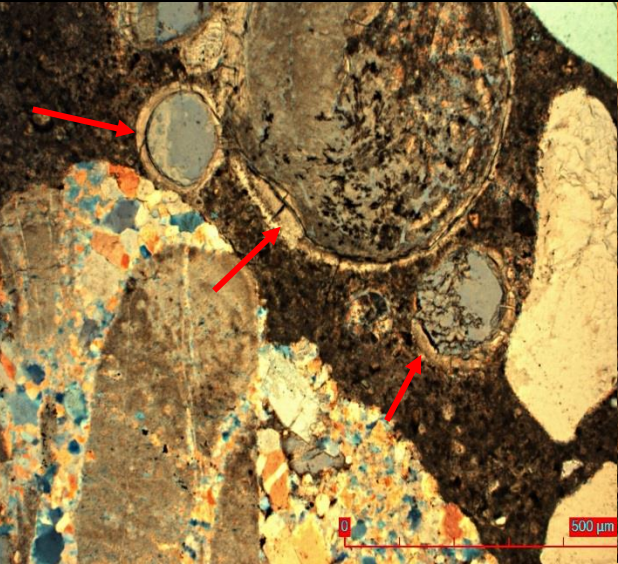
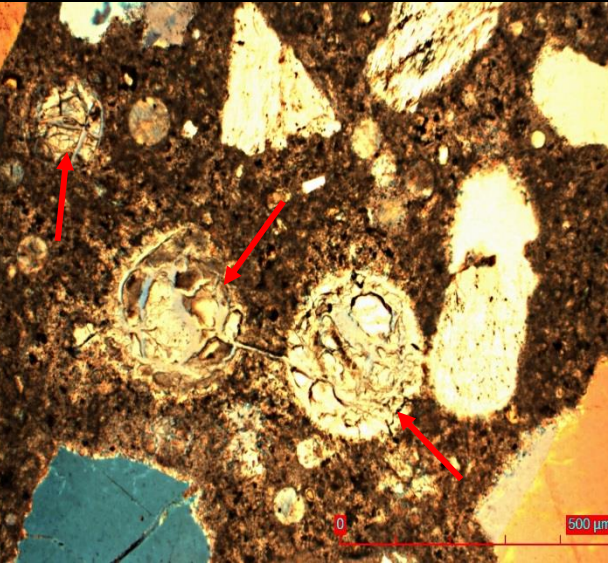
Gesteinskörnung:	GK1	Betonart:	Alkali-Richtlinie des DAfStb	AKR-Prüfverfahren:	Klimawechsellagerung (NaCl)
Bild 66	Bild 67			Bild 68	
					
Beteiligt sind weiterhin Flintkörner mit Riss und massiver Gelbildung im Bereich der Oberfläche und der angrenzenden Poren.	Zu sehen sind stressquarzhaltige Körner neben Mikroquarzkornbereichen, ebenfalls mit massiver Gelbildung am Kornrand und in den dortigen Poren.			Im Bild dokumentiert sind zahlreiche Poren im Gefüge, die massiv mit Gelablagerungen gefüllt sind.	
Legende: → Ettringit → AKR-Gel → Rissverlauf					

Tabelle 13c: Befund der petrographischen Untersuchungen der **Probe 1-08-KWL-NaCl (Kies)** mittels Polarisationsmikroskopie

Gesteinskörnung: GK1	Betonart:	Alkali-Richtlinie des DAfStb	AKR-Prüfverfahren:	Klimawechsellagerung (NaCl)
Bild 69	Bild 70	Bild 71		
<p>Das Bild zeigt exemplarisch den typischen Mechanismus der AKR in einem Quarzkorn mit mikrokristallinen Bereichen mit Riss im Quarzkorn (Mikroquarz) und Rissfortsetzung in die Matrix und Pore mit Gelablagerungen.</p>	<p>Dieses Bild weist darauf hin, dass auch hier die feine Gesteinskörnung zumindest an der Reaktion beteiligt ist. Es ist eine massive Gelablagerung am Porenrand des Sandkornes oben im Bild aus Quarz zu sehen.</p>	<p>Zu sehen ist im Bild eine Gelablagerung im Porenrand, wobei auch hier ein Verursacher nicht in unmittelbarer Nähe liegt. In den Poren daneben fand eine Ettringitbildung statt, sodass beide Reaktionen im Betongefüge nachweisbar sind.</p>		
<p>Legende: → Ettringit → AKR-Gel → Rissverlauf</p>				

Tabelle 13d: Befund der petrographischen Untersuchungen der **Probe 1-08-KWL-NaCl (Kies)** mittels Polarisationsmikroskopie

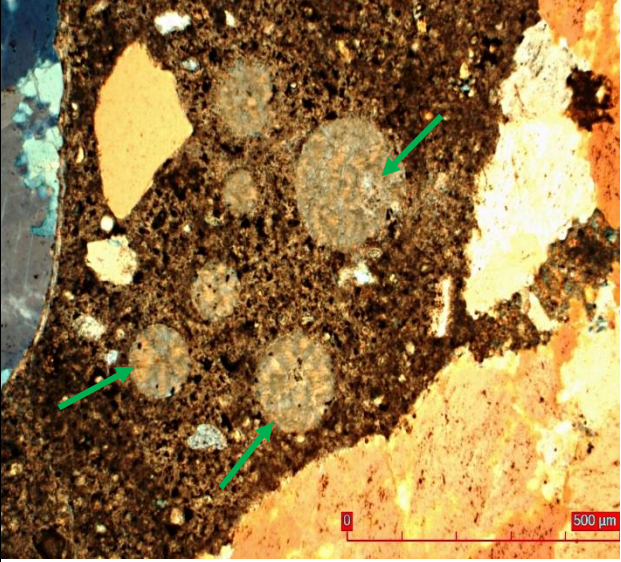
Gesteinskörnung:	GK1	Betonart:	Alkali-Richtlinie des DAfStb	AKR-Prüfverfahren:	Klimawechsellagerung (NaCl)
Bild 72					
					
<p>Fast alle Poren im Gefüge sind nahezu vollständig mit Ettringit gefüllt, wobei die Pore rechts auf Treiberscheinungen bis zur Zerstörung des Zementsteingefüges hinweist.</p>					
<p><u>Legende:</u> → Ettringit → AKR-Gel → Rissverlauf</p>					

Tabelle 14a: Befund der petrographischen Untersuchungen der **Probe 2-08-KWL-NaCl** mittels Polarisationsmikroskopie

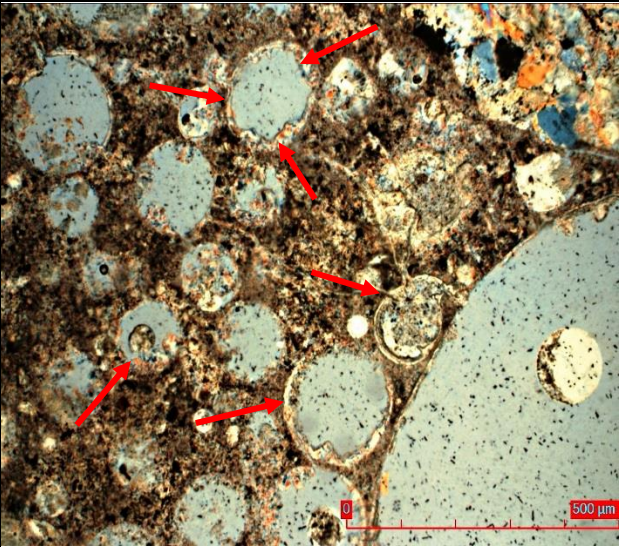
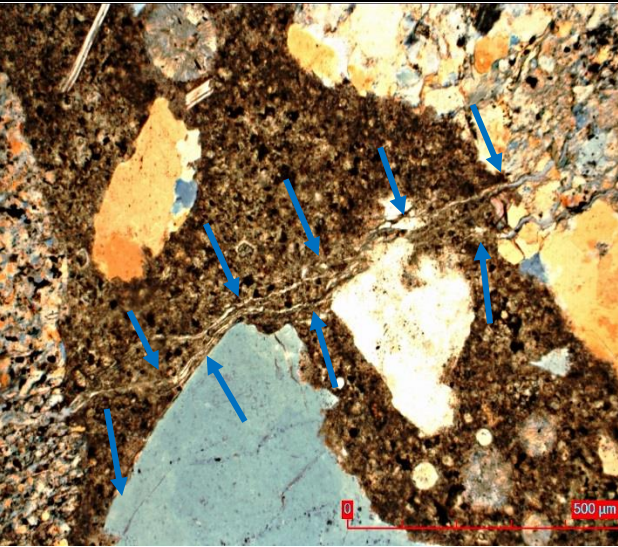
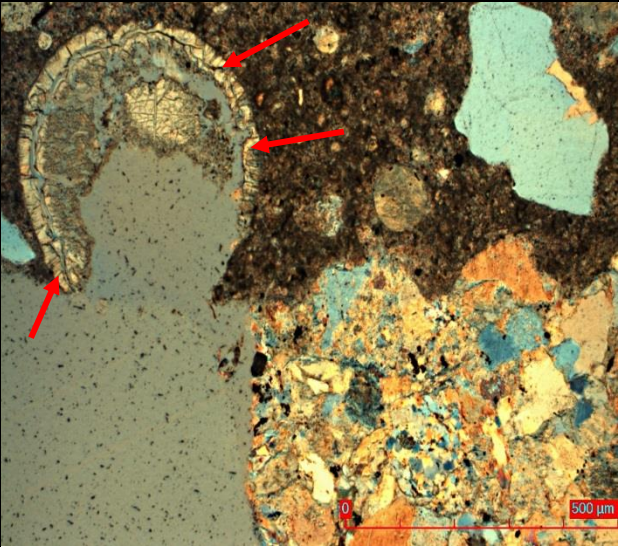



Gesteinskörnung:	GK2	Betonart:	Alkali-Richtlinie des DAfStb	AKR-Prüfverfahren:	Klimawechsellagerung (NaCl)
Bild 73		Bild 74		Bild 75	
					
<p>Dargestellt ist das typische Gefügebild des Betons. Es handelt sich häufig um eine großflächige Gefügestörung, die sich in einer Anreicherung von AKR-Gel in Poren dokumentiert, so dass solche Bereiche mit Rissen durchsetzt sind. Aus der Beobachtung kann festgehalten werden, dass nahezu jedes Grauwackekorn geschädigt ist.</p>		<p>Es sind zwei Grauwackekörner zu sehen. Von beiden geht ein Riss in die Matrix, welcher als Ausgang der AKR-Gelbildung dient.</p>		<p>Es ist deutlich AKR-Gel in einer Pore zu sehen. Verursacher ist das Grauwackekorn am unteren Bildrand. Auch hier sind die gebildeten Gelmengen beträchtlich. Kennzeichen des Betons ist auch eine Kombination aus AKR und SEB.</p>	
<p>Legende:  Ettringit  AKR-Gel  Rissverlauf</p>					

Tabelle 14b: Befund der petrographischen Untersuchungen der **Probe 2-08-KWL-NaCl** mittels Polarisationsmikroskopie

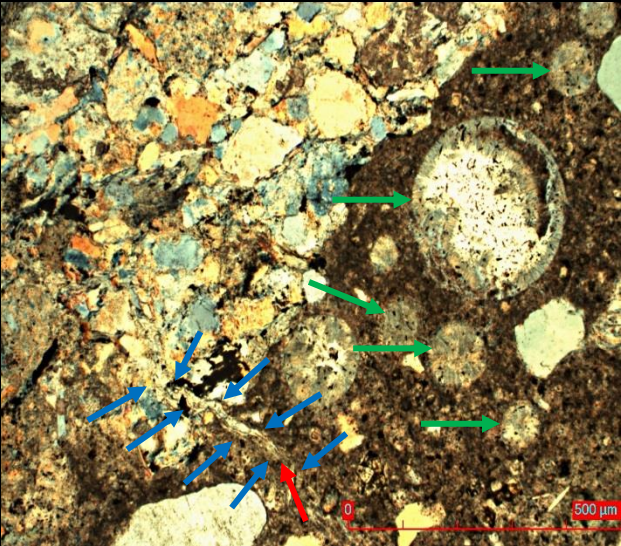

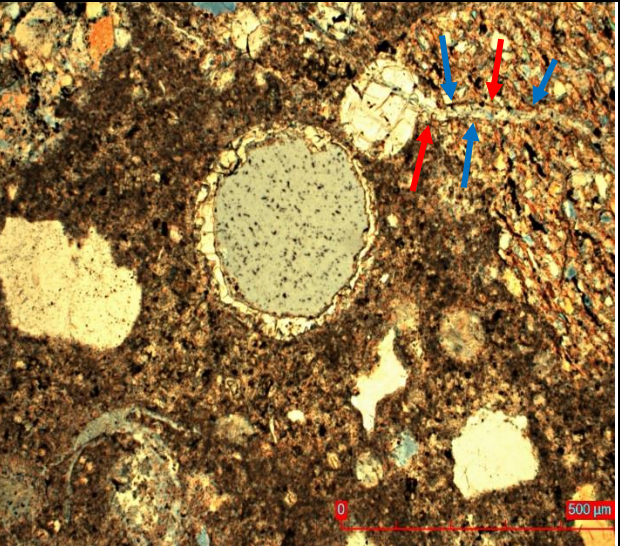
Gesteinskörnung: GK2		Betonart: Alkali-Richtlinie des DAfStb		AKR-Prüfverfahren: Klimawechsellagerung (NaCl)	
Bild 76		Bild 77		Bild 78	
					
<p>Im Bild ist ein Riss in einem Grauwackekorn mit Rissfortsetzung in die Matrix zu erkennen. Der Nachweis von AKR-Gel in diesem Bereich lässt auf Schädigung schließen. In den angrenzenden Poren um das Korn und den Riss wird zusätzlich Ettringit nachgewiesen. Die Poren sind stellenweise massiv gefüllt, sodass auch eine SEB an dieser Stelle stattgefunden hat.</p>		<p>In diesem Bild gelingt der Nachweis einer SEB. Von einer mit Ettringit massiv gefüllten Pore gehen radialstrahlige Risse in die Matrix. In der Nähe eines Grauwackekorns können ebenfalls beide schädigenden Mechanismen beobachtet werden.</p>		<p>Es sind typische Merkmale einer AKR am Grauwackekorn zu erkennen.</p>	
<p>Legende: → Ettringit → AKR-Gel → Rissverlauf</p>					

Tabelle 14c: Befund der petrographischen Untersuchungen der **Probe 2-08-KWL-NaCl** mittels Polarisationsmikroskopie

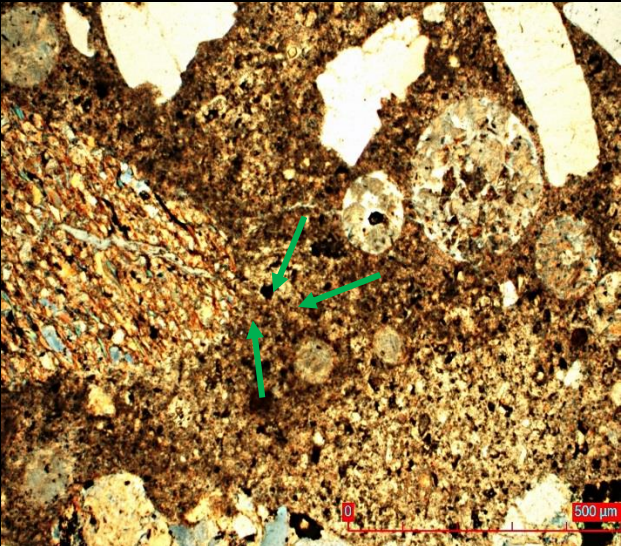
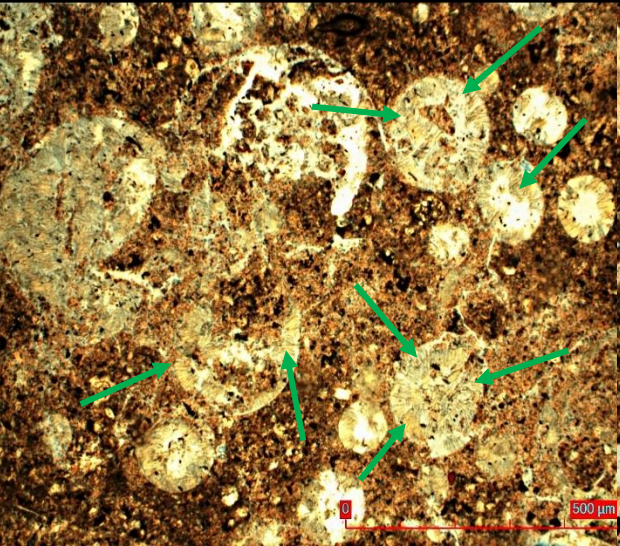
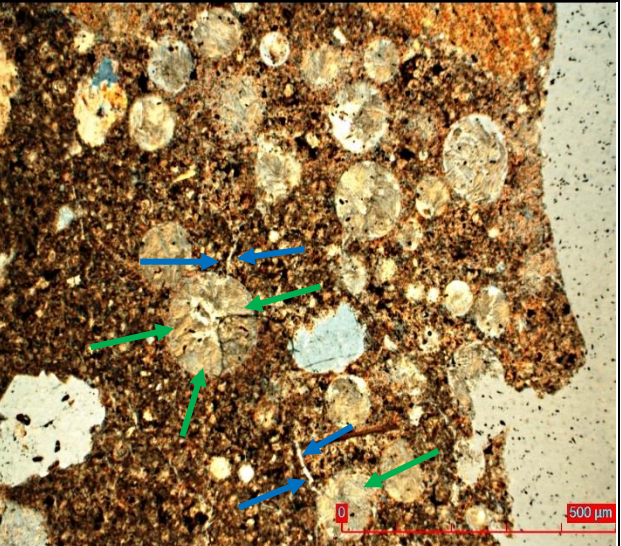
Gesteinskörnung: GK2		Betonart: Alkali-Richtlinie des DAfStb		AKR-Prüfverfahren: Klimawechselagerung (NaCl)	
Bild 79		Bild 80		Bild 81	
					
<p>Am Grauwackekorn treten typische Erscheinungsformen einer SEB auf. Beide Schädigungsmechanismen treten sehr häufig gemeinsam.</p>		<p>Das Bild dokumentiert die massive Gefügeschädigung durch SEB (massiv mit Ettringit gefüllte Poren, netzartig deutlich sichtbares Rissbild im Zementstein). Man findet im Gefüge viele Bereiche der AKR-Bildung (Körner, Risse, Poren), jedoch liegen im Betongefüge mehr Bereiche mit Schädigung durch SEB vor.</p>		<p>Viele Poren sind mit Ettringit gefüllt und von diesen Poren gehen netzartige Risse in die Matrix aus, was somit zu einer massiven Gefügeschädigung führt.</p>	
<p>Legende: → Ettringit → AKR-Gel → Rissverlauf</p>					

Tabelle 14d: Befund der petrographischen Untersuchungen der Probe 2-08-KWL-NaCl mittels Polarisationsmikroskopie

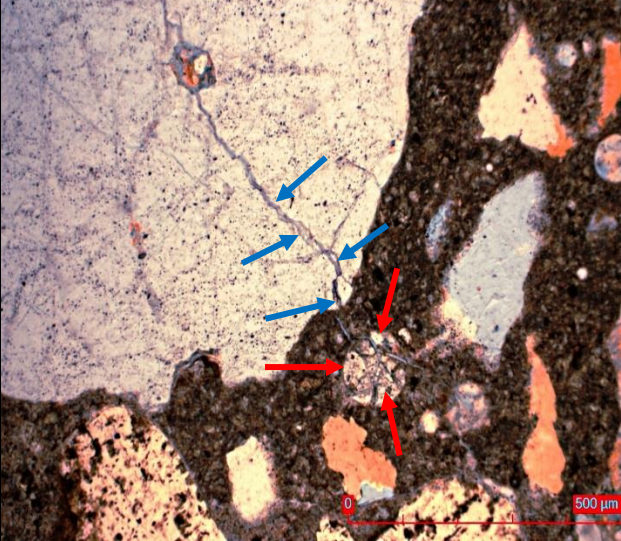
Gesteinskörnung:	GK2	Betonart:	Alkali-Richtlinie des DAfStb	AKR-Prüfverfahren:	Klimawechselagerung (NaCl)
Bild 82					
 <p>The image shows a sand grain (ca. 1mm) with cracks and ettringite deposits. Blue arrows point to the crack path, and red arrows point to the ettringite deposits. A scale bar indicates 500 μm.</p>					
<p>Dass am Schadensbild auch die feine Gesteinskörnung beteiligt ist, kann diesem Bild entnommen werden. Zu sehen ist ein Sandkorn (ca. 1mm), mit Rissen im und ausgehen des Kornes. Es sind Gelagerungen im Riss und in der angrenzenden Pore zu sehen.</p>					
<p><u>Legende:</u> → Ettringit → AKR-Gel → Rissverlauf</p>					

Tabelle 15a: Befund der petrographischen Untersuchungen der **Probe 3-08-KWL-NaCl (Kies)** mittels Polarisationsmikroskopie

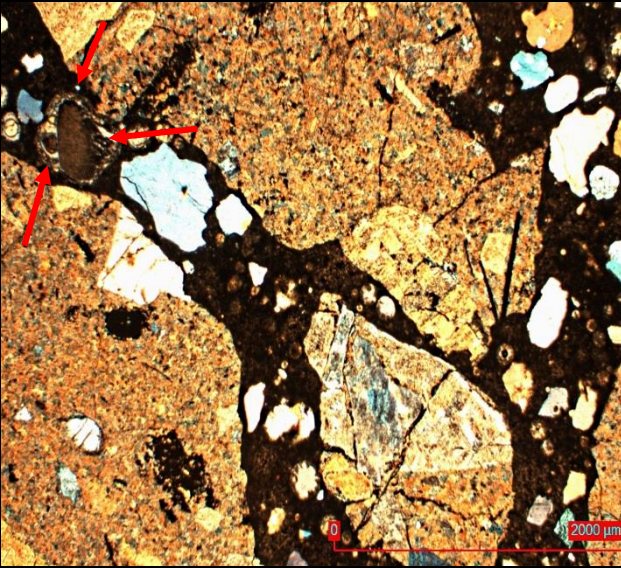
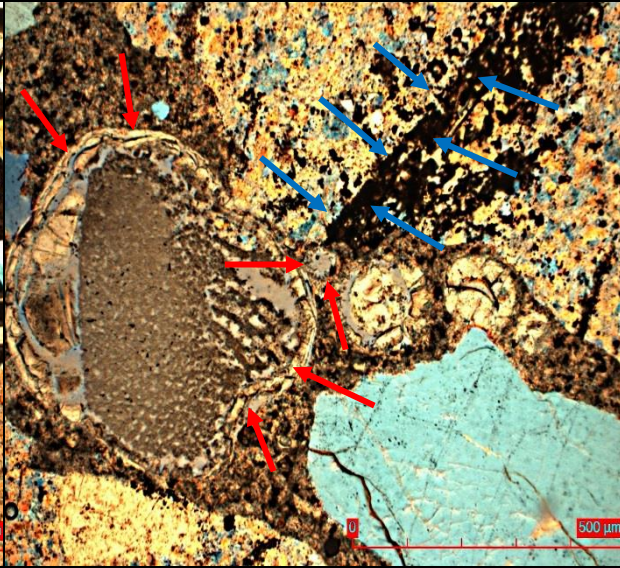
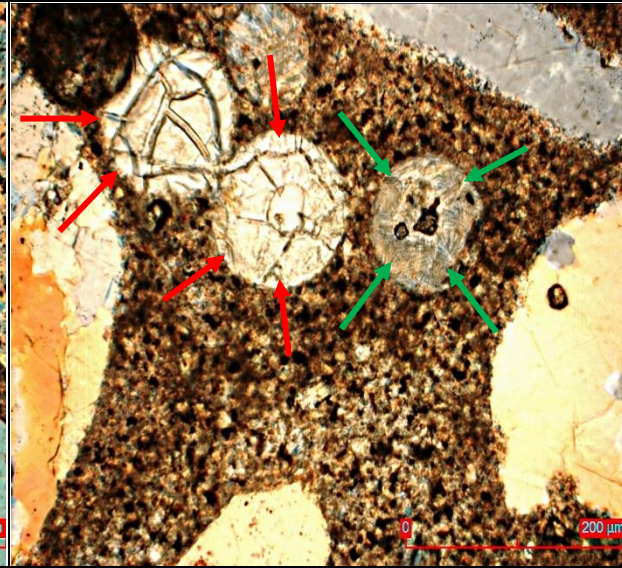
Gesteinskörnung: GK3		Betonart: Alkali-Richtlinie des DAfStb		AKR-Prüfverfahren: Klimawechsellagerung (NaCl)	
Bild 83		Bild 84		Bild 85	
					
<p>Zu sehen ist eine Übersicht zum Betongefüge bei 32-facher Vergrößerung. Grobe Rhyolithkörner sind eingebettet in eine Matrix aus Sand und Zementstein. Im Bild (oben links) ist eine Pore zu sehen, die mit gelartigen Reaktionsprodukten gefüllt ist.</p>		<p>Bei 125-facher Vergrößerung findet man eine massive AKR-Gelbildung im Betongefüge, hier am Rand eines Rhyolithkorns (im Bild oben). Der Riss im Korn ist zu erkennen, offensichtlich Verursacher der Gelbildung und Ablagerung in den Poren in der Nähe.</p>		<p>AKR-Gelablagerungen und massive Ettringitbildungen in Poren in der Nähe eines Sandkorns (Quarz) zeigt dieses Bild.</p>	
<p>Legende: → Ettringit → AKR-Gel → Rissverlauf</p>					

Tabelle 15b: Befund der petrographischen Untersuchungen der **Probe 3-08-KWL-NaCl (Kies)** mittels Polarisationsmikroskopie

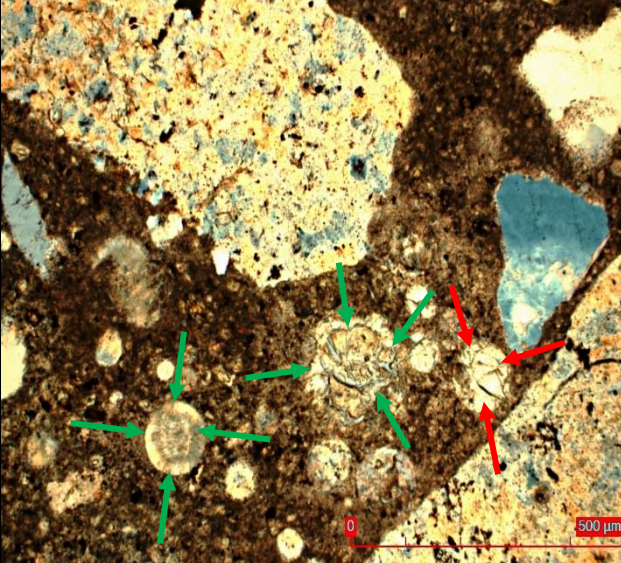
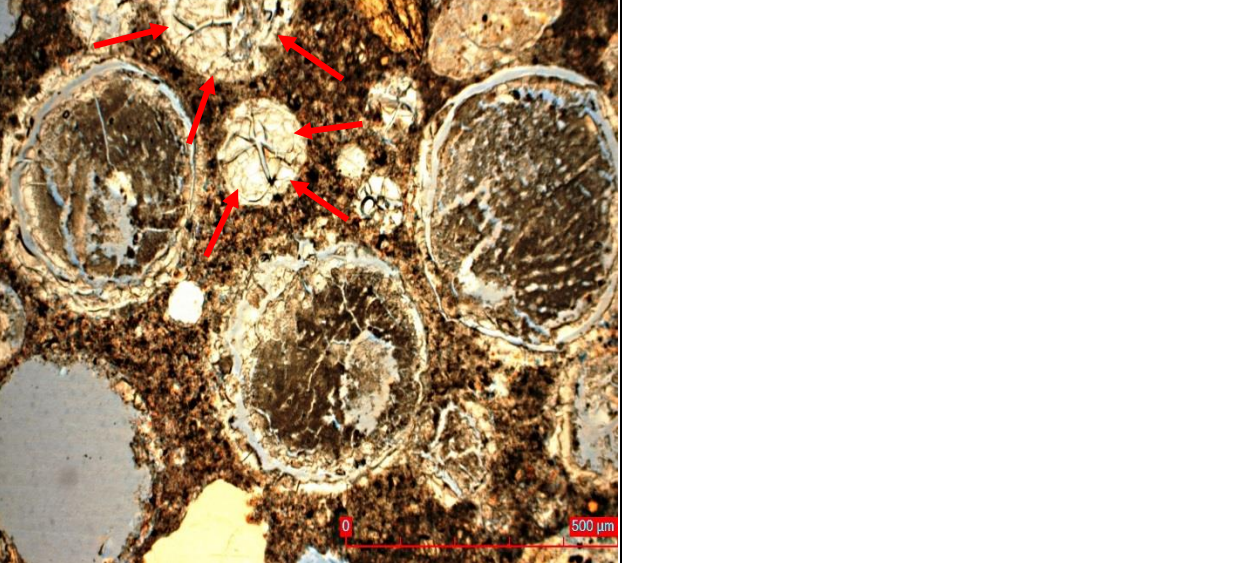
Gesteinskörnung:	GK3	Betonart:	Alkali-Richtlinie des DAfStb	AKR-Prüfverfahren:	Klimawechselagerung (NaCl)
Bild 86			Bild 87		
					
<p>Das Bild dokumentiert AKR-Gelablagerungen und massive Ettringitbildungen in Poren in der Nähe eines Sankorns (Quarz).</p>			<p>Dass es in den Poren im Zementsteingefüge doch massive Gelablagerungen gibt, deren Verursache nicht immer klar auszumachen sind, ist in diesem Bild zu sehen.</p>		
<p>Legende: → Ettringit → AKR-Gel → Rissverlauf</p>					

Tabelle 16a: Befund der petrographischen Untersuchungen der **Probe 4-08-KWL-NaCl (Kies)** mittels Polarisationsmikroskopie

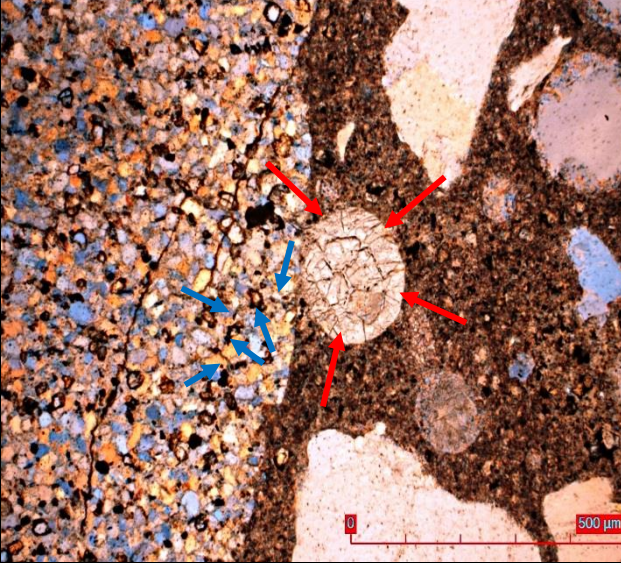
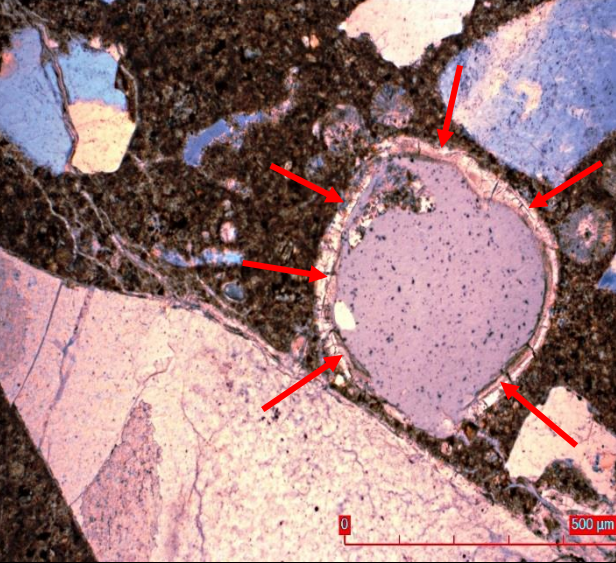
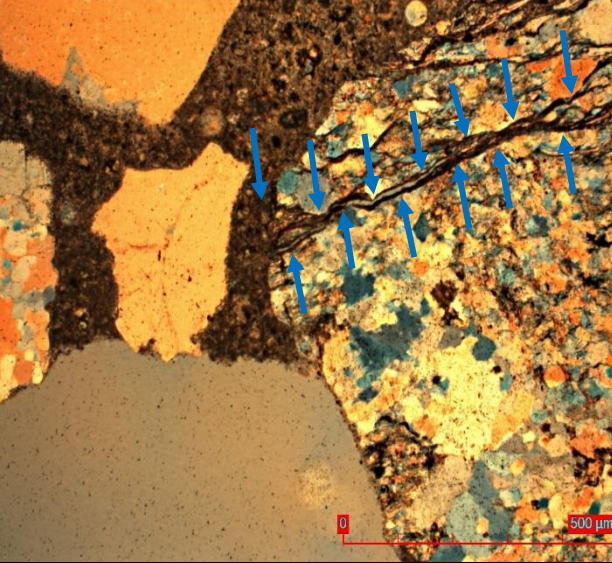
Gesteinskörnung:	GK4	Betonart:	Alkali-Richtlinie des DAfStb	AKR-Prüfverfahren:	Klimawechsellagerung (NaCl)
Bild 88		Bild 89		Bild 90	
					
<p>Gezeigt ist ein Korn der deinen Gesteinskörnung (Sand) mit Rissen, im Bereich des Rissaustritts erfolgt Gelbildung in einer Pore.</p>		<p>Das Bild dokumentiert deutlich Anzeichen einer AKR, massive Gelbildung am Rand eines kleinen, gebrochenen Kornes (vollständig amorph) von der Größe her aus der Sandfraktion und auch von hier Risse ausgehend.</p>		<p>Zu sehen ist ein erkennbarer Riss in einem mikrokristallinem Quarkorn mit angedeuteter Rissfortsetzung in die Matrix. Es ist jedoch kaum Gel zu finden.</p>	
<p>Legende: → Ettringit → AKR-Gel → Rissverlauf</p>					

Tabelle 16b: Befund der petrographischen Untersuchungen der **Probe 4-08-KWL-NaCl (Kies)** mittels Polarisationsmikroskopie

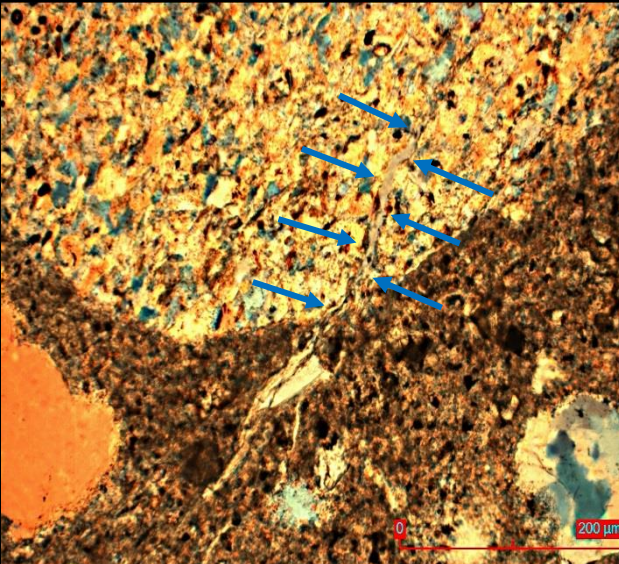
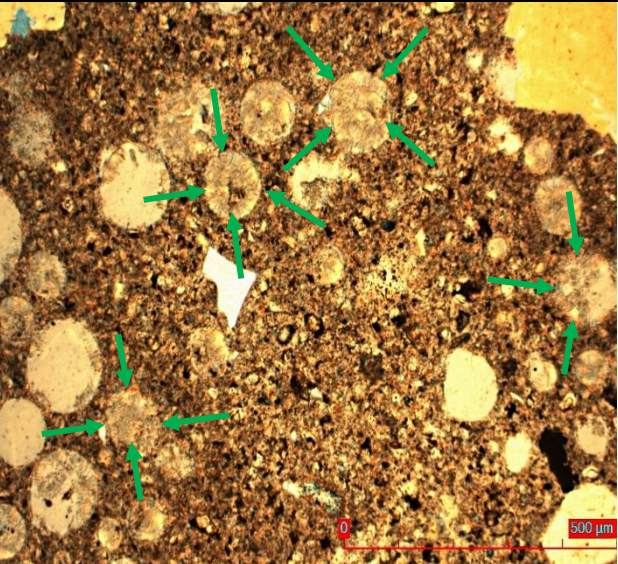
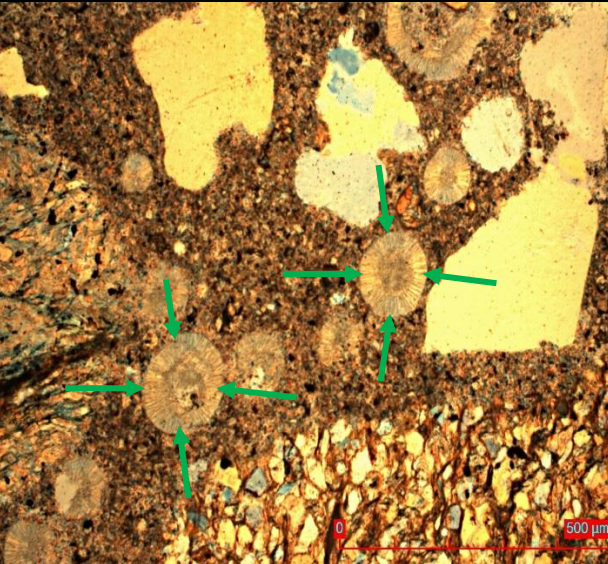
Gesteinskörnung:	GK4	Betonart:	Alkali-Richtlinie des DAfStb	AKR-Prüfverfahren:	Klimawechselagerung (NaCl)
Bild 91		Bild 92		Bild 93	
					
<p>Auch hier gibt es Anzeichen für eine AKR. Zu sehen ist ein Riss in einem Grauwackekorn mit Rissfortsetzung in die Matrix. Dort ist eine geringe Menge an AKR-Gel zu finden.</p>		<p>In diesem Gefüge zeigt jede Pore eine Ettringitfüllung.</p>		<p>Dieses Bild zeigt ebenfalls vollständig mit Ettringit gefüllte Poren.</p>	
<p>Legende: → Ettringit → AKR-Gel → Rissverlauf</p>					

Tabelle 16c: Befund der petrographischen Untersuchungen der Probe 4-08-KWL-NaCl (Kies) mittels Polarisationsmikroskopie

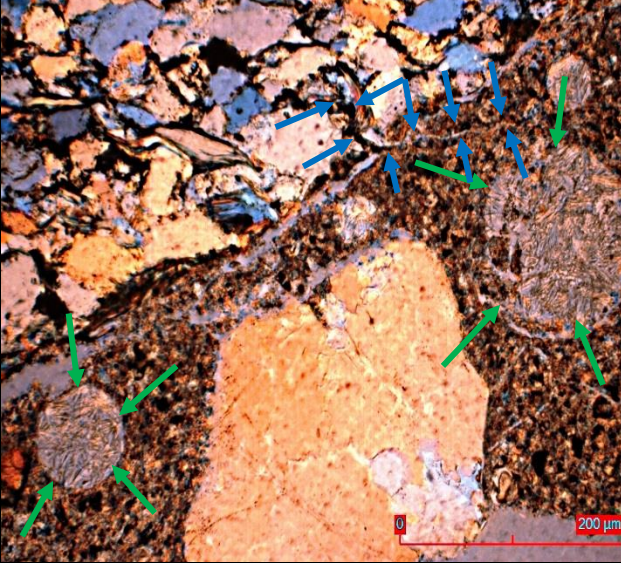
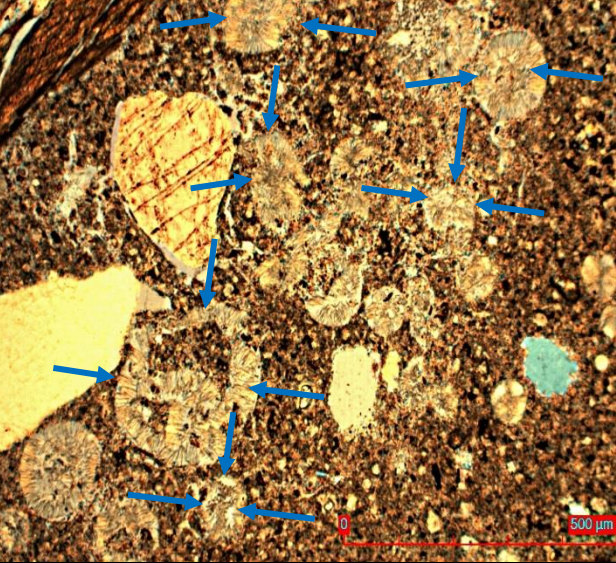
Gesteinskörnung:	GK4	Betonart:	Alkali-Richtlinie des DAfStb	AKR-Prüfverfahren:	Klimawechsellagerung (NaCl)
Bild 94			Bild 95		
					
<p>Durch dieses bild gelingt ebenfalls der Nachweis einer SEB im Betongefüge. Zwei Poren am Rand des Sandkorns sind beide massiv mit Ettringit gefüllt und von beiden gehen Risse in die umgebende Matrix aus. Das grobe Korn ist an der Schädigung nicht beteiligt.</p>			<p>In diesem Bild ist eine massive Ettringitbildung im Zementsteingefüge des Betons zu sehen.</p>		
<p>Legende: → Ettringit → AKR-Gel → Rissverlauf</p>					

Tabelle 17a: Befund der petrographischen Untersuchungen der **Probe 2-22-KWL-NaCl** mittels Polarisationsmikroskopie

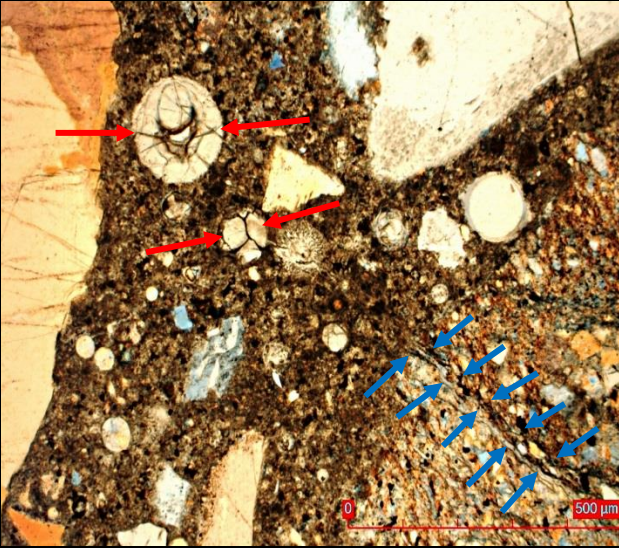
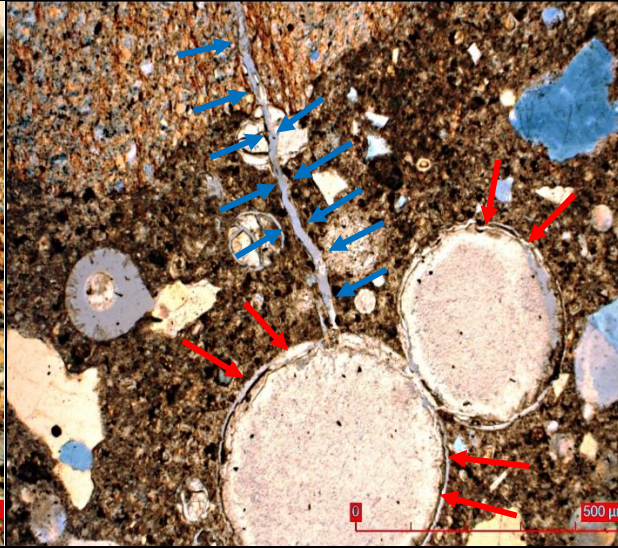
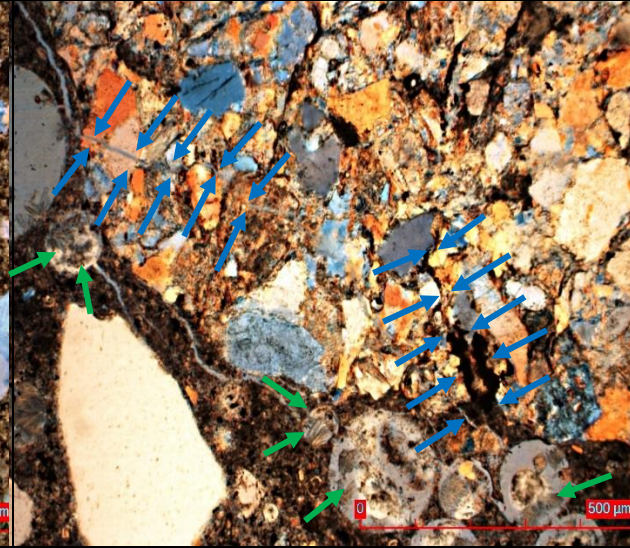
Gesteinskörnung:	GK2	Betonart:	Alkali-Richtlinie des DAfStb	AKR-Prüfverfahren:	Klimawechselagerung (NaCl)
Bild 96		Bild 97		Bild 98	
					
<p>Das Bild dokumentiert eindeutig das Ablauen einer AKR mit Grauwacke im Betongefüge. Zu sehen sind Risse im Korn, Rissfortsetzungen in der Matrix und dort in den Poren Ablagerungen von Gel.</p>		<p>Ebenfalls hier zeigt sich das Ablauen einer AKR mit Grauwacke. Zu sehen sind ein Riss im Korn mit Rissfortsetzungen in der Matrix und dort Gelablagerungen in den Poren.</p>		<p>Zu sehen ist ein Bereich mit massiven Gefügeschädigungen am Rand eines Grauwackekorns. Im Korn sind Risse zu erkennen, die sich bis an die Oberfläche und hinein in die Matrix fortsetzen. In den Rissen und in den Poren wird Ettringit nachgewiesen.</p>	
<p>Legende: → Ettringit → AKR-Gel → Rissverlauf</p>					

Tabelle 17b: Befund der petrographischen Untersuchungen der **Probe 2-22-KWL-NaCl** mittels Polarisationsmikroskopie

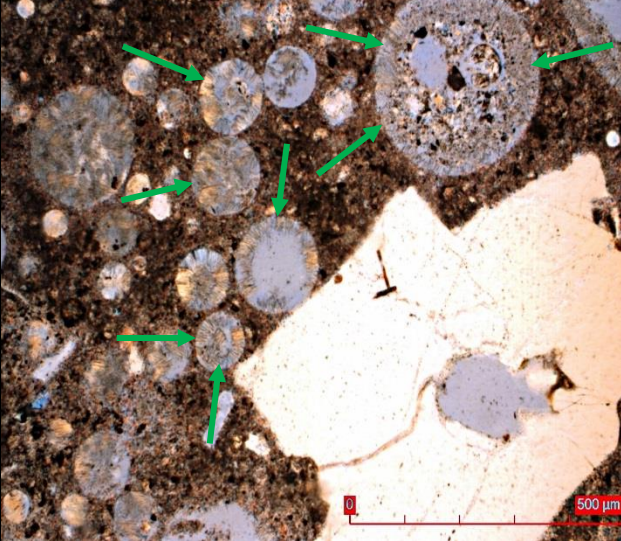
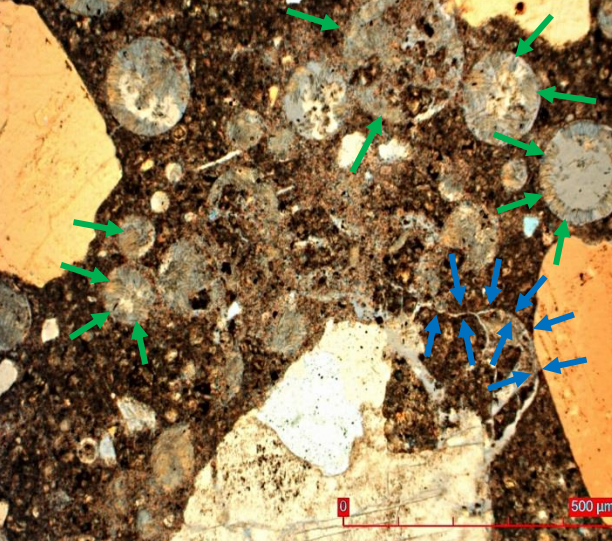
Gesteinskörnung:	GK2	Betonart:	Alkali-Richtlinie des DAfStb	AKR-Prüfverfahren:	Klimawechselagerung (NaCl)			
Bild 99			Bild 100					
								
<p>Im Bild sind zahlreiche Poren im Gefüge sind teilweise massiv mit Ettringit gefüllt. An manchen Stellen ist sogar eine Gefügeauflockerungen infolge SEB zu beobachten.</p>			<p>Netzartige Risse im Zementstein infolge einer SEB offenbart dieses Bild. Es sind zahlreiche Poren mit massiver ettringitfüllung zu sehen, das Treibpotenzial ist gut zu erkennen und ebenfalls ist die Rissbildung zu sehen.</p>					
<p><u>Legende:</u> → Ettringit → AKR-Gel → Rissverlauf</p>								

Tabelle 18a: Befund der petrographischen Untersuchungen der **Probe 2-22-KWL-NaCl (Kies)** mittels Polarisationsmikroskopie

Gesteinskörnung:	GK3	Betonart:	Alkali-Richtlinie des DAfStb	AKR-Prüfverfahren:	Klimawechsellagerung (NaCl)
Bild 101		Bild 102		Bild 103	
<p>Das Bild dokumentiert eindeutig den Ablauf einer AKR mit Rhyolith. Zu erkennen sind: Riss im Korn links, Rissfortsetzung in die Matrix und im Risskanal und in den Poren AKR-Gelablagerungen.</p>		<p>Zu sehen ist die erfolgte massive Gefügeschädigung durch AKR-Gelbildung in Poren im Zementstein am Rand des groben Rhyolithkornes.</p>		<p>Auch dieses Bild bestätigt anhand der in mehreren Poren am Rand eines Rhyolithkornes erfolgten AKR-Gelablagerungen das hohe Schädigungspotenzial des Rhyolit mit 22mm Größtkorn.</p>	
<p>Legende: → Ettringit → AKR-Gel → Rissverlauf</p>					

Tabelle 18b: Befund der petrographischen Untersuchungen der Probe 2-22-KWL-NaCl (Kies) mittels Polarisationsmikroskopie

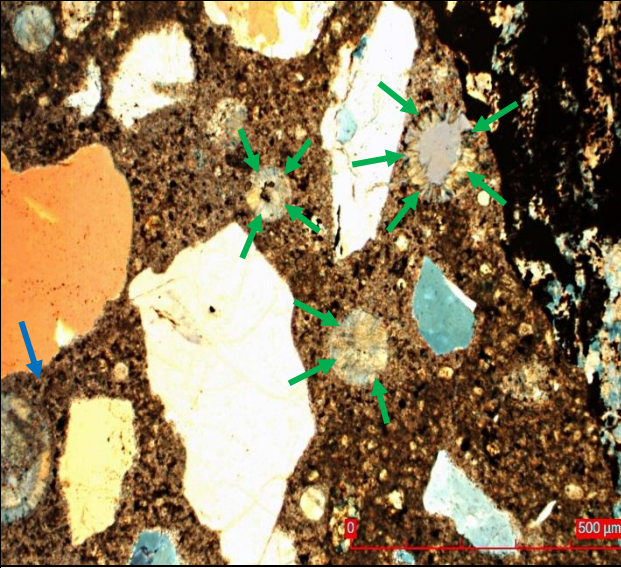
Gesteinskörnung:	GK3	Betonart:	Alkali-Richtlinie des DAfStb	AKR-Prüfverfahren:	Klimawechselagerung (NaCl)
Bild 104					
					
<p>Auch in diesem Bild findet man Bereiche mit massiver Ettringitbildung in den Poren. Und von einigen Poren gehen auch Risse radialstrahlig in die Matrix aus, so dass eine SEB am Schadensmechanismus beteiligt ist.</p>					
<p>Legende: → Ettringit → AKR-Gel → Rissverlauf</p>					

Tabelle 19a: Befund der petrographischen Untersuchungen der **Probe 4-22-KWL-NaCl (Kies)** mittels Polarisationsmikroskopie

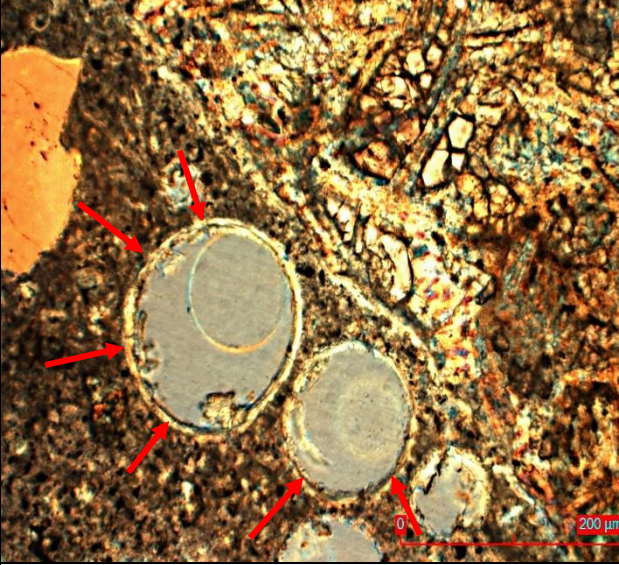
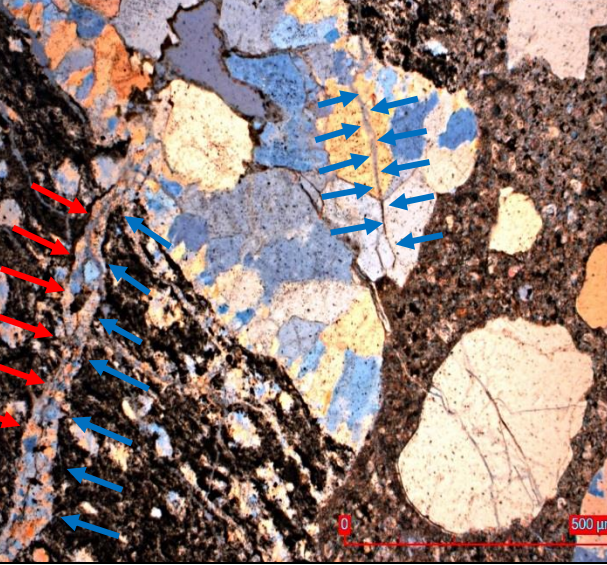
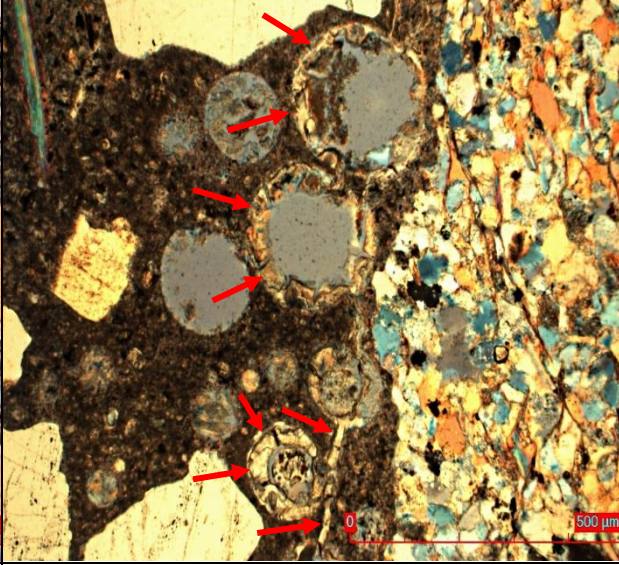
Gesteinskörnung:	GK4	Betonart:	Alkali-Richtlinie des DAfStb	AKR-Prüfverfahren:	Klimawechsellagerung (NaCl)
Bild 105		Bild 106		Bild 107	
					
<p>Das Bild zeigt im Bereich der Oberfläche eines groben Kornes magmatischen Ursprungs Gelablagerung randlich und in geringer Menge in einer Pore.</p>		<p>Das Bild dokumentiert den Ablauf einer AKR, hier an einem größeren Korn (2-8mm), ausgehend vom Mikroquarzbereich eines Kornes. Typische Merkmale, wie Riss im Korn, Rissfortsetzung in die Matrix und im Risskanal Gelablagerungen, werden gefunden.</p>		<p>Anhand eines groben Mikroquarzkorns mit Gelbildung entlang der Oberfläche wird veranschaulicht, dass es eine AKR mit Körnern der groben Fraktionen durchaus gegeben hat.</p>	
<p>Legende: → Ettringit → AKR-Gel → Rissverlauf</p>					

Tabelle 19b: Befund der petrographischen Untersuchungen der **Probe 4-22-KWL-NaCl (Kies)** mittels Polarisationsmikroskopie

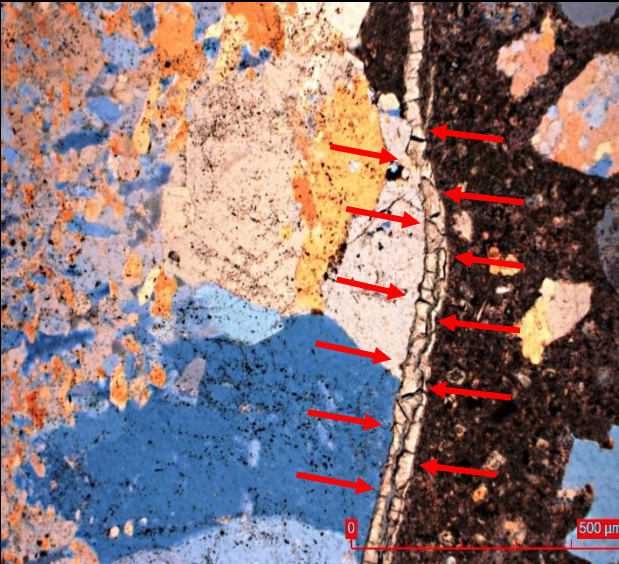
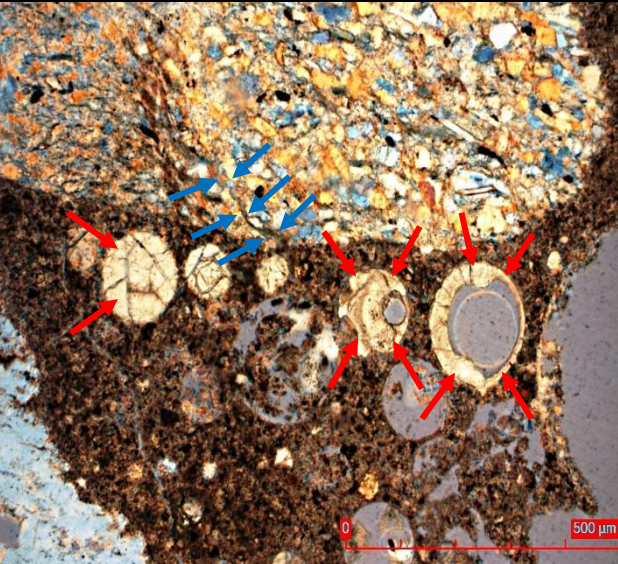
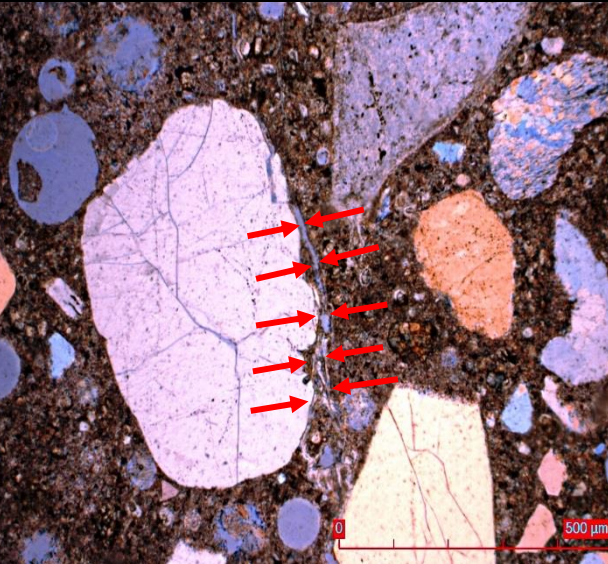
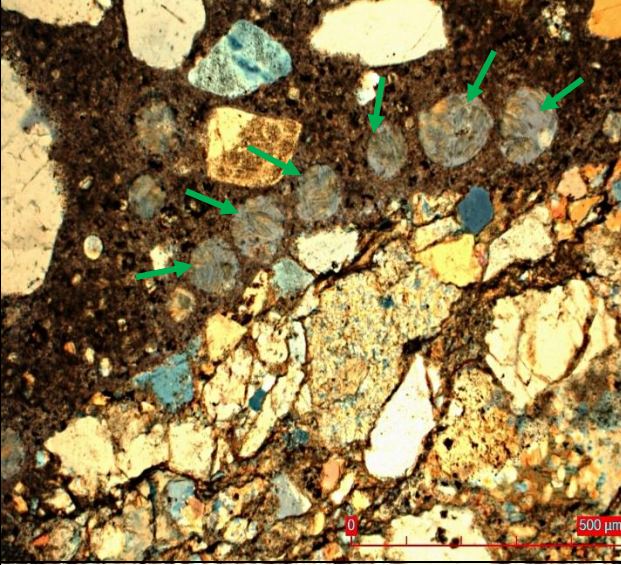
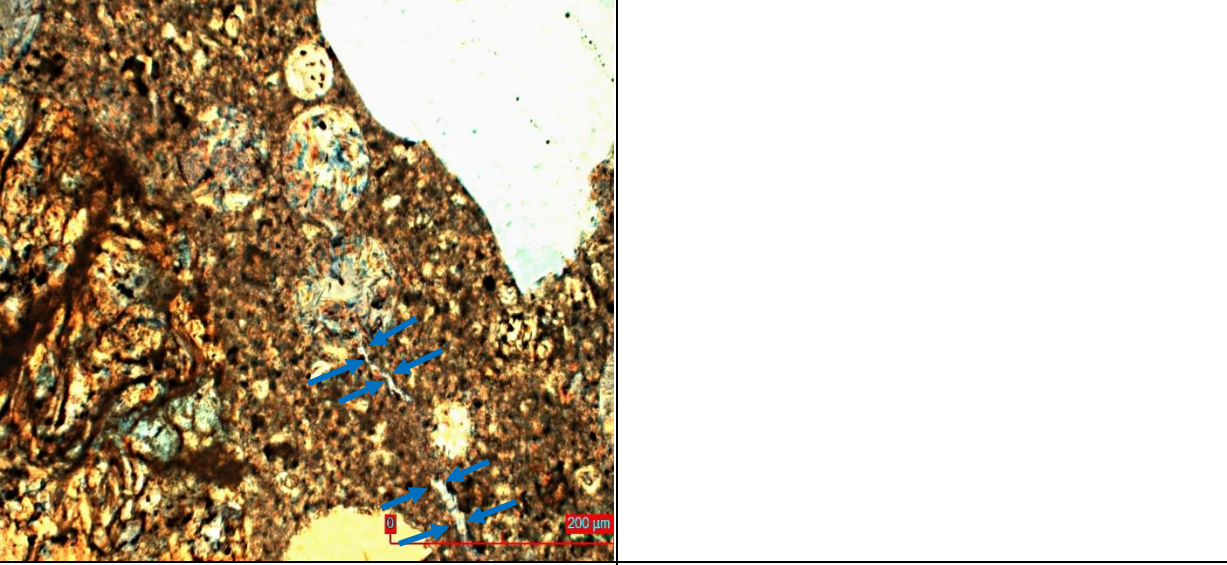
Gesteinskörnung:	GK4	Betonart:	Alkali-Richtlinie des DAfStb	AKR-Prüfverfahren:	Klimawechsellagerung (NaCl)
Bild 108		Bild 109		Bild 110	
					
<p>Der eindeutige und ausgeprägte Hinweis auf eine AKR mit Grobkorn liefert dieses Bild. Hier ist der Oberflächenbereich eines stressquarzhaltigen 22er-Korns mit Reaktionssaum aus AKR-Gel an der Oberfläche zu beobachten. Trotzdem bleibt die Intensität der Schädigung solcher groben Körner gering.</p>		<p>Das Bild liefert Hinweise, dass vielmehr die feine Gesteinskörnung an einer Schädigung beteiligt ist. Am oberen Bildrand ist ein Korn der Sandfraktion zu sehen (1-2mm Korngröße), bestehend aus mikrokristallinem Quarz oder Grauwacke. Deutlich kann der Riss von dort ausgehend und die Gelbildung in den Poren am Kornrand zu Matrix gesehen werden.</p>		<p>Das Sandkorn in diesem Bild zeigt eine Oberflächenreaktion und Gelbildung. Und sogar Risse gehen von dem Korn in die Matrix aus.</p>	
<p>Legende: → Ettringit → AKR-Gel → Rissverlauf</p>					

Tabelle 19c: Befund der petrographischen Untersuchungen der **Probe 4-22-KWL-NaCl (Kies)** mittels Polarisationsmikroskopie

Gesteinskörnung:	GK4	Betonart:	Alkali-Richtlinie des DAfStb	AKR-Prüfverfahren:	Klimawechsellagerung (NaCl)
Bild 111		Bild 112		Bild 113	
<p>Kennzeichen des Betongefüges sind durchaus massive Gelablagerungen im Zementsteingefüge, wie in diesem Bild entlang des Risses zu sehen ist. Es sind in der Nähe weit und breit keine Grobkörner zu finden, sondern mehrere Sandkörner.</p>		<p>Das Bild stellt eine massive Gelbildung in den Poren dar.</p>		<p>Im Betongefüge sind zahlreiche Poren zu finden, die mit Ettringit gefüllt sind. An dieser Stelle gibt es erst mal keinen Hinweis auf eine akute Gefügeschädigung, aber trotzdem aus der Menge an Ettringit doch bemerkenswert.</p>	
<p>Legende: Ettringit AKR-Gel Rissverlauf</p>					

Tabelle 19d: Befund der petrographischen Untersuchungen der Probe 4-22-KWL-NaCl (Kies) mittels Polarisationsmikroskopie

Gesteinskörnung:	GK4	Betonart:	Alkali-Richtlinie des DAfStb	AKR-Prüfverfahren:	Klimawechsellagerung (NaCl)
Bild 114			Bild 115		
					
<p>Auch dieses Bild zeigt entlang der Oberfläche eines groben Gesteinskorns zahlreiche Poren mit Etringit gefüllt.</p>			<p>Durch dieses Bild gelingt der Nachweis eine Gefügeschädigung durch SEB. In den Poren im Zementstein sind doch zahlreiche davon mit Etringit gefüllt, hier im Bild gehen Risse von solchen Poren aus. Das Resultat ist eine Gefügeschädigung durch Treibwirkung infolge SEB.</p>		
<p>Legende: → Etringit → AKR-Gel → Rissverlauf</p>					

Anlage A6

Analyse des Alkali- und Chlorideintrag mittels LIBS

Inhalt

1 Einzelergebnisse der Gesteinskörnung 1 (Kies)	2
2 Einzelergebnisse der Gesteinskörnung 2 (Festgestein: Grauwacke)	16
3 Einzelergebnisse der Gesteinskörnung 3 (Festgestein: Rhyolith)	30

1 Einzelergebnisse der Gesteinskörnung 1 (Kies)

Tabelle 1-1a: Ergebnisse der Dehnungsmessungen und der LIBS-Analyse bei Probe **GK1-(0-8)-60°C-3%**

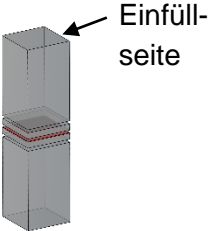

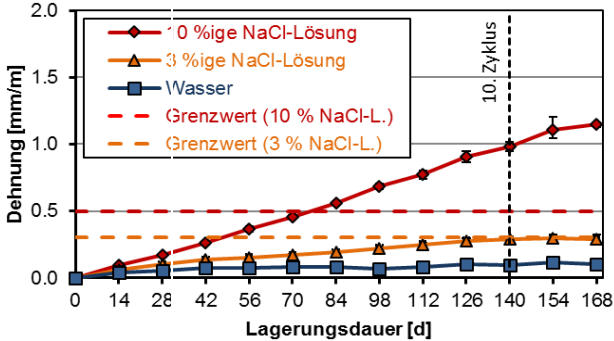
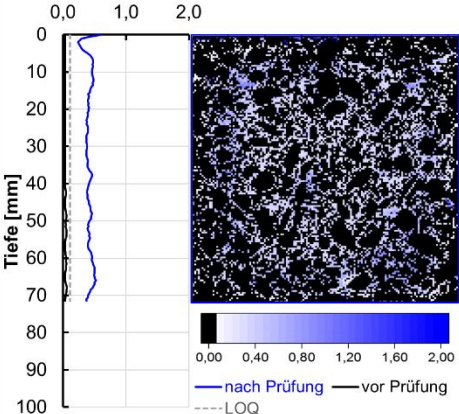
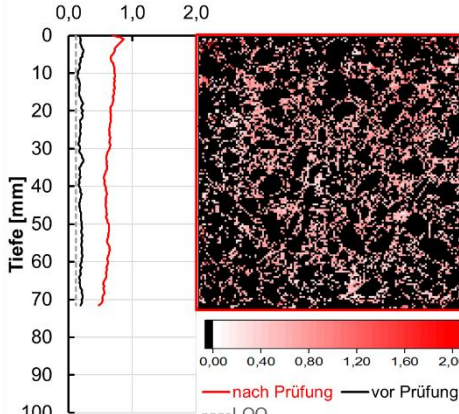
Gesteinskörnung: GK1		Betonart: OB 0/8 (WB) nach ARS 04/2013		AKR-Prüfverfahren: 60°C BV mit ext. Alkalizufuhr (3%)	
Ergebnis der Dehnungsmessungen					
<p>Probe: GK1-(0-8)-60°C-3% Prisma 280 x 75 x 75 [mm]</p> 		<p>Einfüllseite</p>  <p>Messfläche 75 x 75 [mm]</p>			
Ergebnis der LIBS-Analyse					
Natriumverteilung		Chlorverteilung		Schwefelverteilung	
<p>Natrium [M.-%]/Zementstein</p> 		<p>Chlor [M.-%]/Zementstein</p> 		<p>nicht bestimmt</p>	

Tabelle 1-1b: Ergebnisse der Dehnungsmessungen und der LIBS-Analyse bei Probe **GK1-(0-8)-60°C-10%**

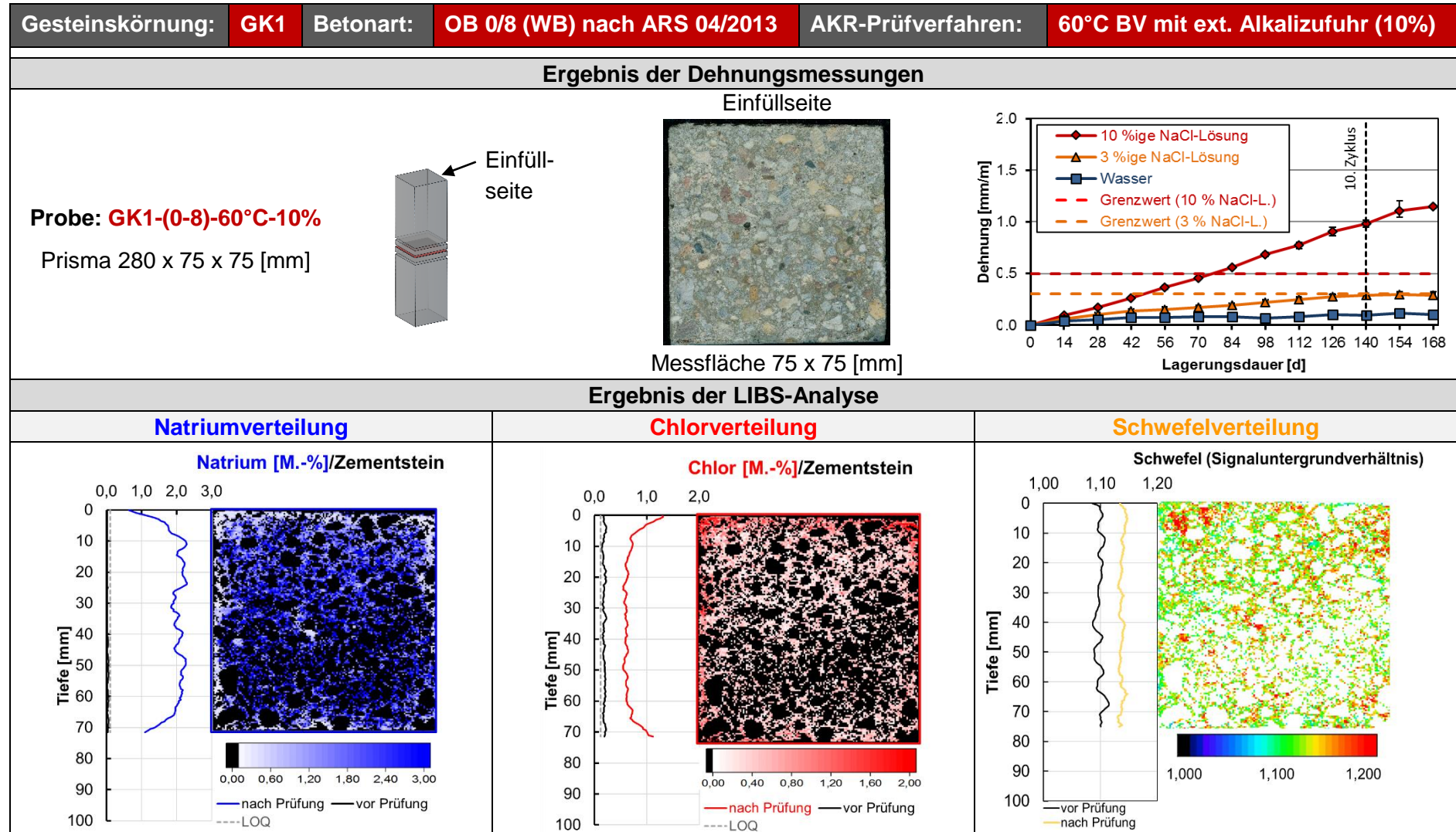


Tabelle 1-1c: Ergebnisse der Dehnungsmessungen und der LIBS-Analyse bei Probe **GK1-(0-8)-KWL-H₂O**


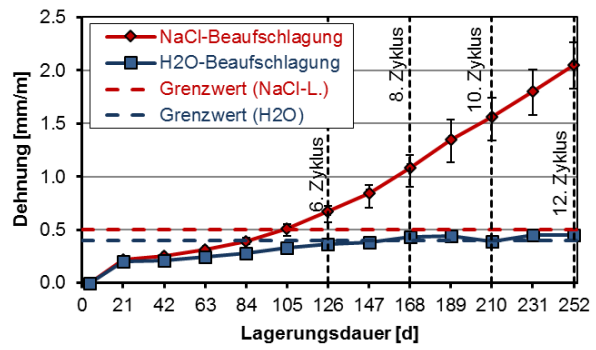
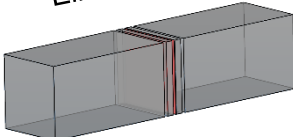
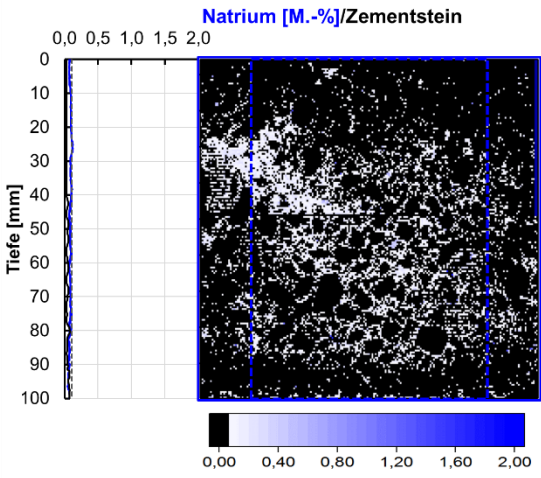
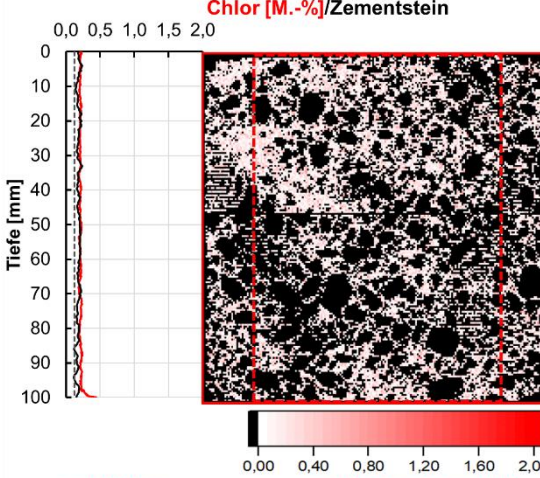
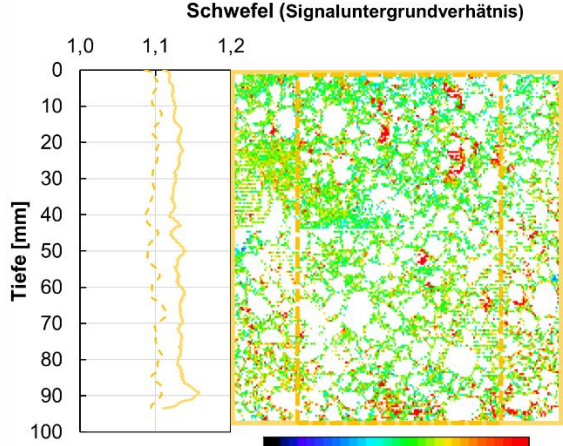
Gesteinskörnung: GK1		Betonart: OB 0/8 (WB) nach ARS 04/2013		AKR-Prüfverfahren: Klimawechsellagerung (H₂O)	
Ergebnis der Dehnungsmessungen					
Probe: GK1-(0-8)-KWL-H₂O Prisma 400 x 100 x 100 [mm]	Einfüllseite				
					
Ergebnis der LIBS-Analyse					
Natriumverteilung		Chlorverteilung		Schwefelverteilung	
Natrium [M.-%]/Zementstein 		Chlor [M.-%]/Zementstein 		Schwefel (Signaluntergrundverhältnis) 	
— nach Prüfung (gesamt) - - - nach Prüfung (Ausschnitt) — vor Prüfung - - - LOQ		— nach Prüfung - - - nach Prüfung (Ausschnitt) — vor Prüfung - - - LOQ		— nach Prüfung (Ausschnitt) 1,000 1,100 1,200 — nach Prüfung (gesamter Querschnitt)	

Tabelle 1-1c*: Ergebnisse der Dehnungsmessungen und der LIBS-Analyse bei Probe **GK1-(0-8)-KWL-H₂O**

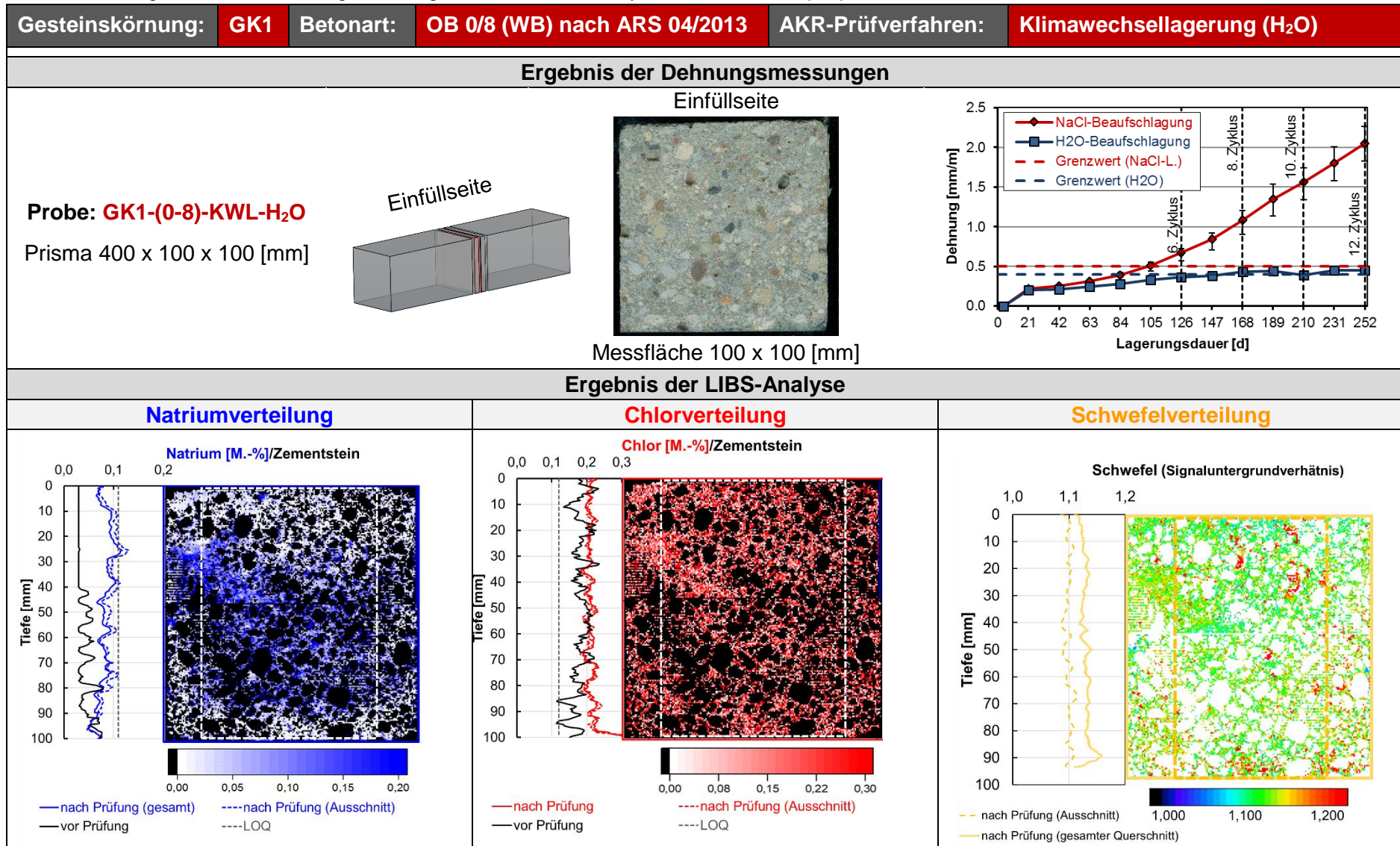


Tabelle 1-1d: Ergebnisse der Dehnungsmessungen und der LIBS-Analyse bei Probe **GK1-(0-8)-KWL-NaCl**

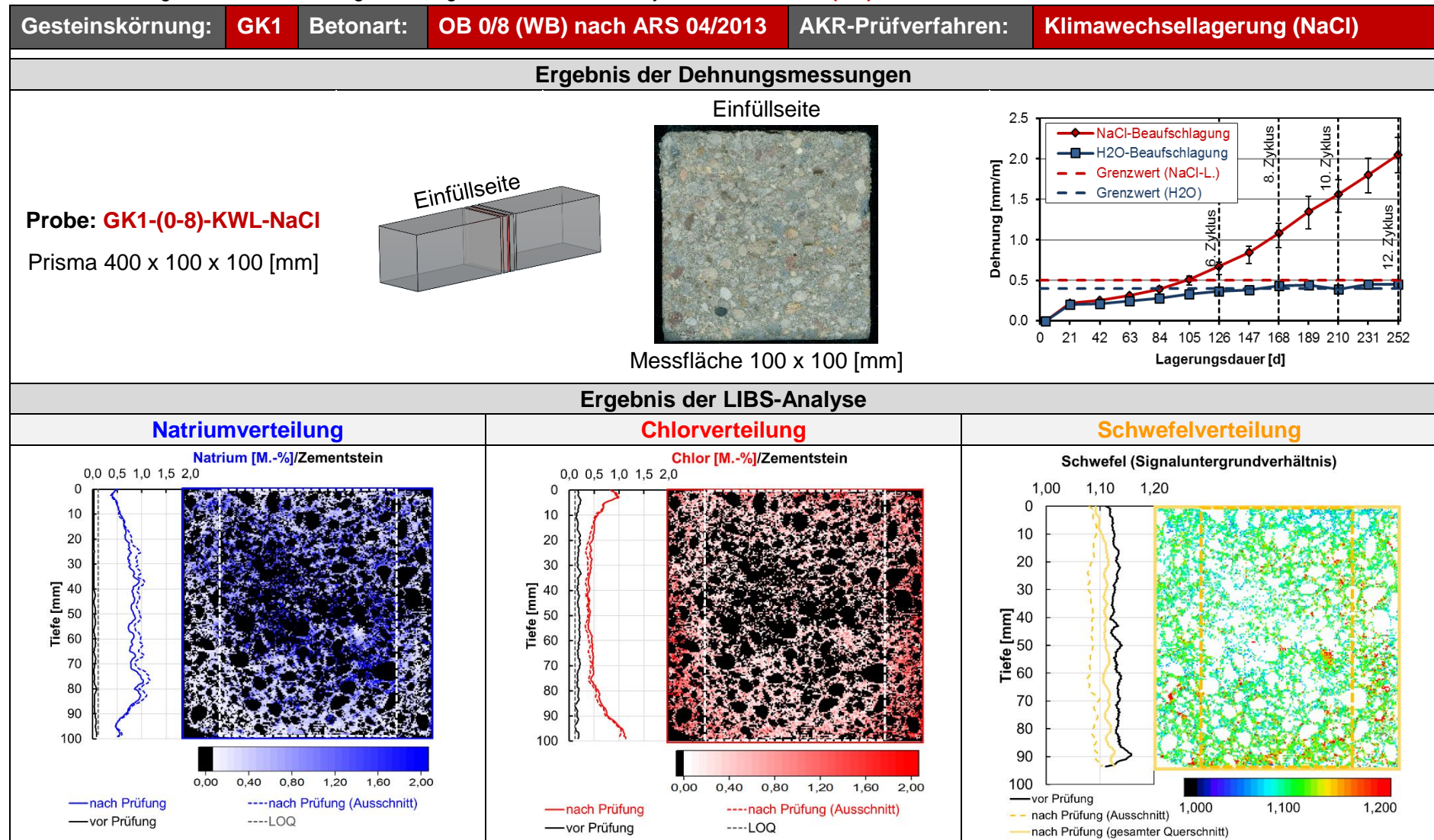


Tabelle 1-2a: Ergebnisse der Dehnungsmessungen und der LIBS-Analyse bei Probe **GK1-(0-22)-60°C-3%**

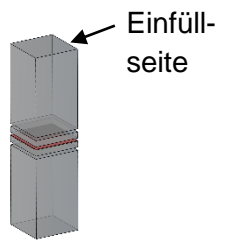
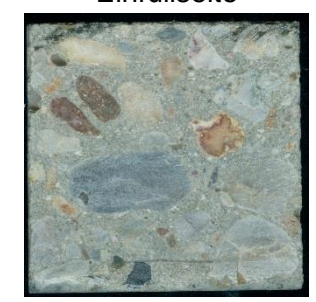
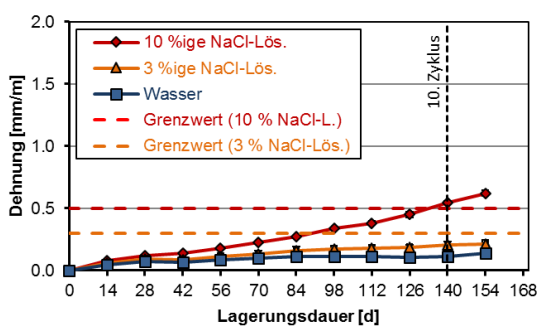
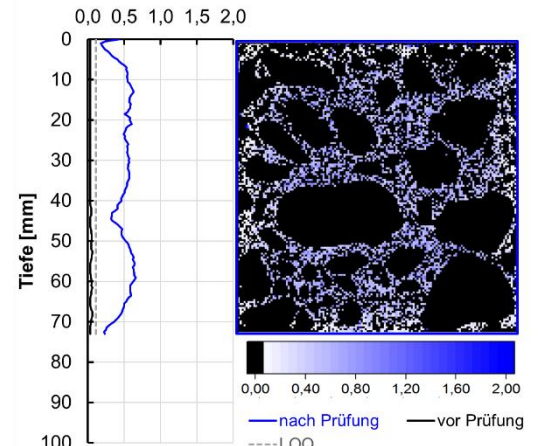
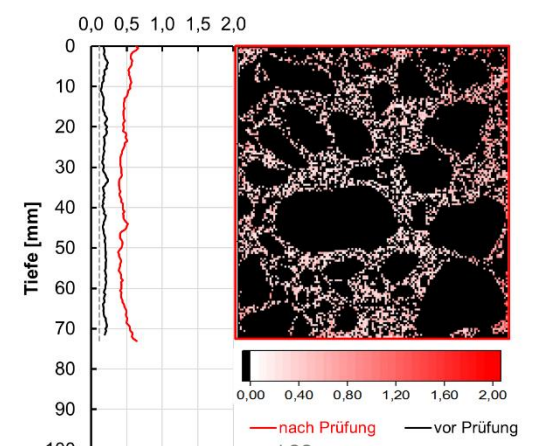
Gesteinskörnung: GK1		Betonart: OB D>8 und UB nach ARS 04/2013		AKR-Prüfverfahren: 60°C BV mit ext. Alkalizufuhr (3%)	
Ergebnis der Dehnungsmessungen					
<p>Probe: GK1-(0-22)-60°C-3%</p> <p>Prisma 280 x 75 x 75 [mm]</p> 		<p>Einfüllseite</p>  <p>Messfläche 75 x 75 [mm]</p>			
Ergebnis der LIBS-Analyse					
Natriumverteilung		Chlorverteilung		Schwefelverteilung	
<p>Natrium [M.-%]/Zementstein</p> 		<p>Chlor [M.-%]/Zementstein</p> 		<p>nicht bestimmt</p>	

Tabelle 1-2b: Ergebnisse der Dehnungsmessungen und der LIBS-Analyse bei Probe **GK1-(0-22)-60°C-10%**

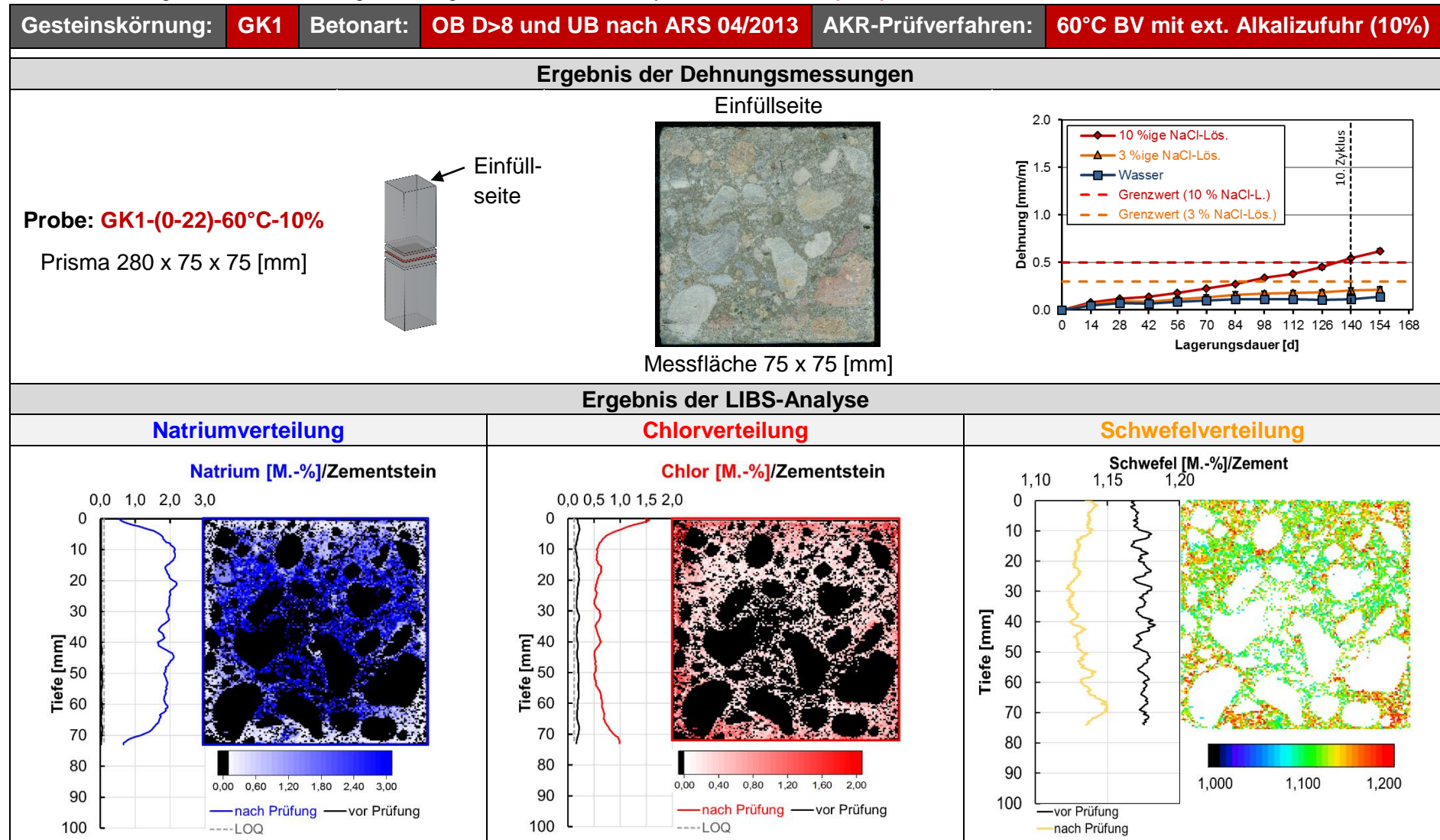


Tabelle 1-2c: Ergebnisse der Dehnungsmessungen und der LIBS-Analyse bei Probe **GK1-(0-22)-KWL-H₂O**

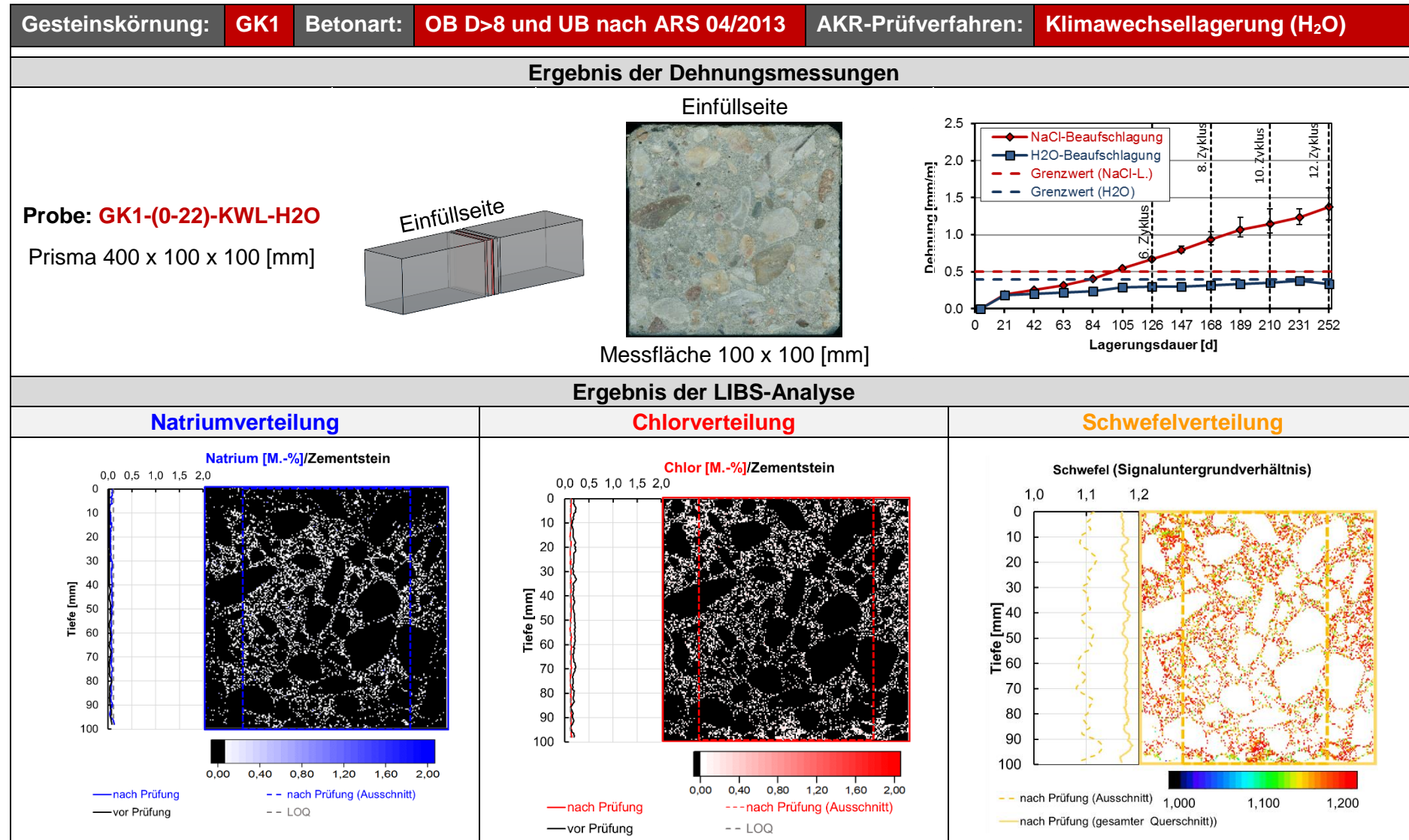


Tabelle 1-2c*: Ergebnisse der Dehnungsmessungen und der LIBS-Analyse bei Probe **GK1-(0-22)-KWL-H₂O**

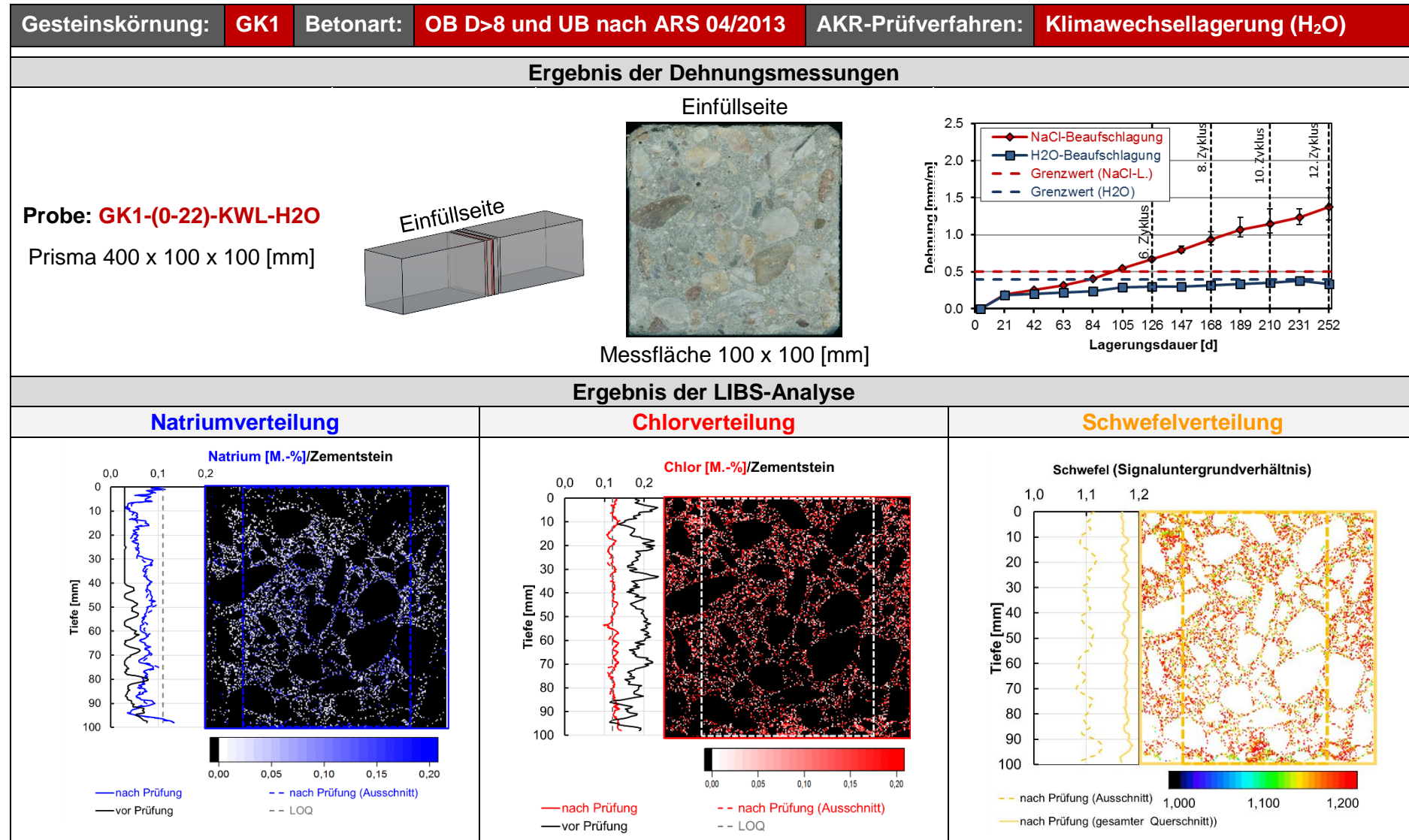


Tabelle 1-2d: Ergebnisse der Dehnungsmessungen und der LIBS-Analyse bei Probe **GK1-(0-22)-KWL-NaCl**

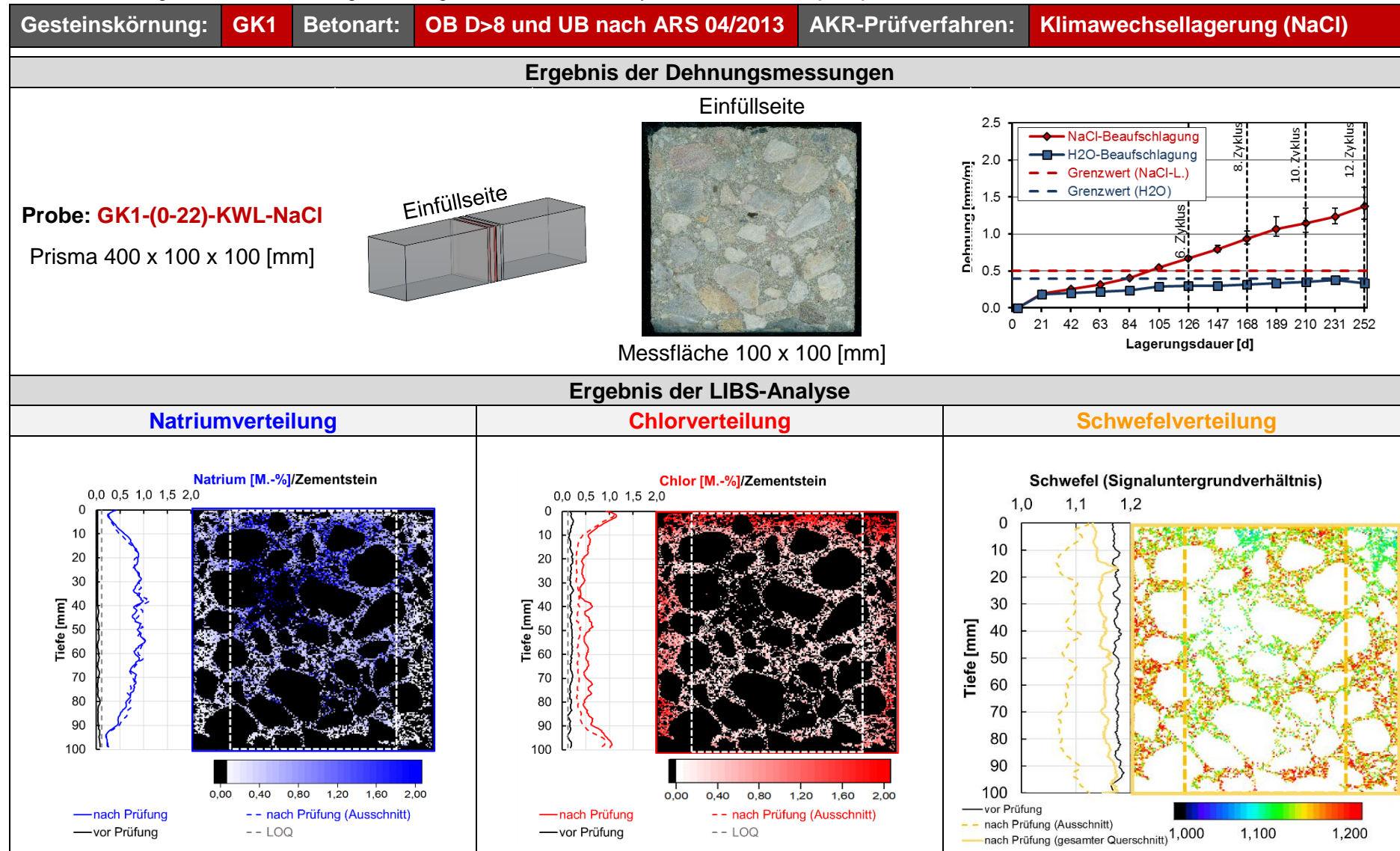


Tabelle 1-3a: Ergebnisse der Dehnungsmessungen und der LIBS-Analyse bei Probe **GK1-(0-22)-NKL**

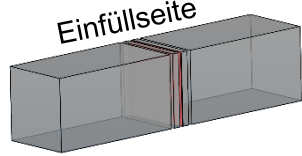

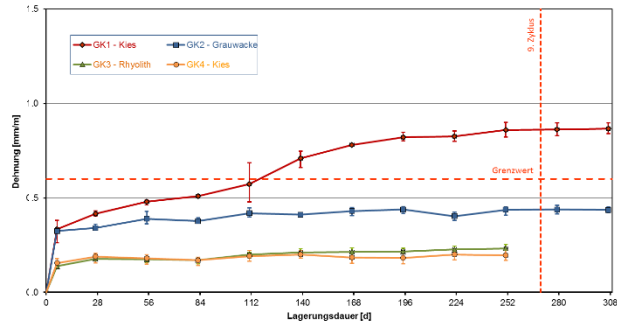
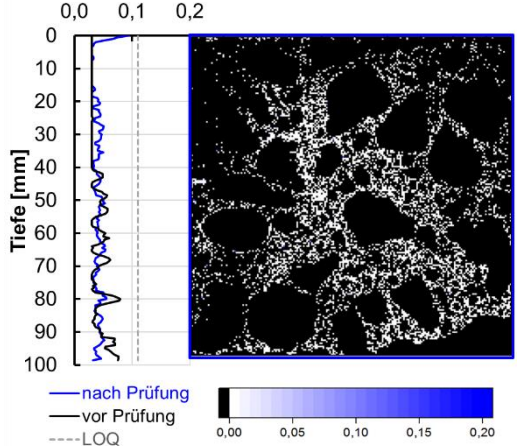
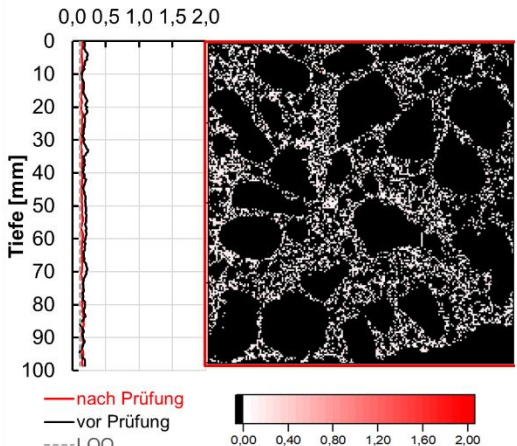
Gesteinskörnung: GK1		Betonart: Betonzusammensetzung nach Alkali-Richtlinie		AKR-Prüfverfahren: 40°C Betonversuch	
Ergebnis der Dehnungsmessungen					
<p>Probe: GK1-(0-22)-NKL Prisma 400 x 100 x 100 [mm]</p> 		<p>Einfüllseite</p>  <p>Messfläche 100 x 100 [mm]</p>			
Ergebnis der LIBS-Analyse					
Natriumverteilung		Chlorverteilung		Schwefelverteilung	
<p style="text-align: center;">Natrium [M.-%]/Zementstein</p> 		<p style="text-align: center;">Chlor [M.-%]/Zementstein</p> 		<p>nicht ermittelt</p>	

Tabelle 1-3a*: Ergebnisse der Dehnungsmessungen und der LIBS-Analyse bei Probe **GK1-(0-22)-NKL**

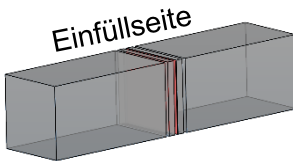
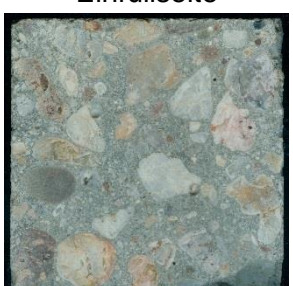
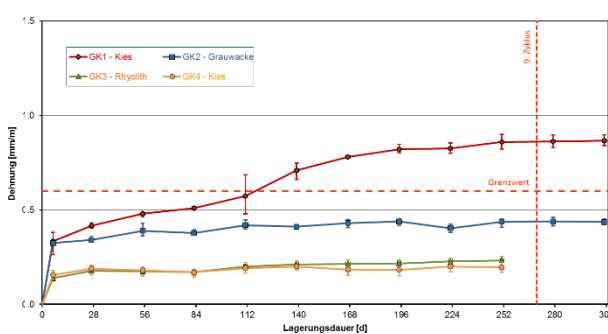
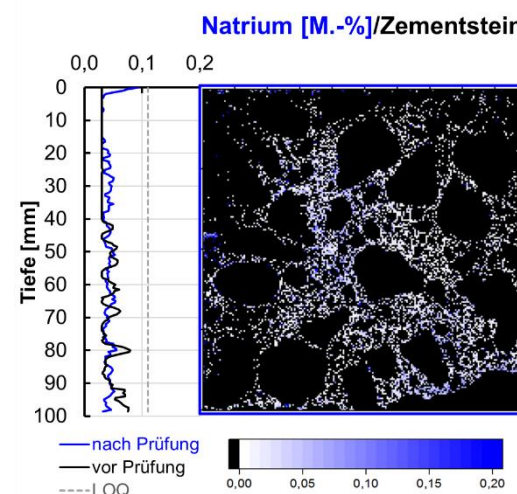
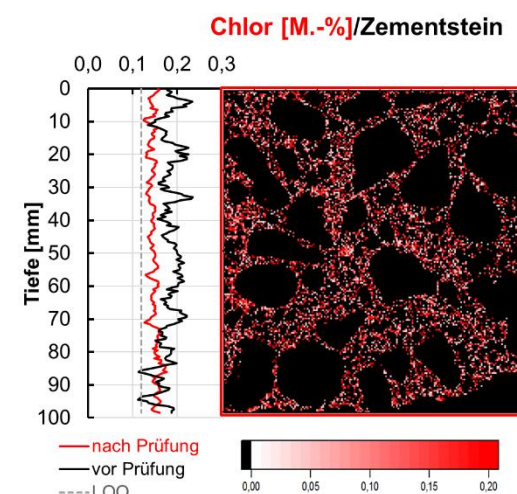
Gesteinskörnung: GK1		Betonart: Betonzusammensetzung nach Alkali-Richtlinie		AKR-Prüfverfahren: 40°C Betonversuch	
Ergebnis der Dehnungsmessungen					
<p>Probe: GK1-(0-22)-NKL Prisma 400 x 100 x 100 [mm]</p>		<p>Einfüllseite</p> 		 <p>Messfläche 100 x 100 [mm]</p>	
					
Ergebnis der LIBS-Analyse					
Natriumverteilung		Chlorverteilung		Schwefelverteilung	
<p style="text-align: center;">Natrium [M.-%]/Zementstein</p> 		<p style="text-align: center;">Chlor [M.-%]/Zementstein</p> 		<p>nicht ermittelt</p>	

Tabelle 1-3b: Ergebnisse der Dehnungsmessungen und der LIBS-Analyse bei Probe **GK1-(0-22)-RL**

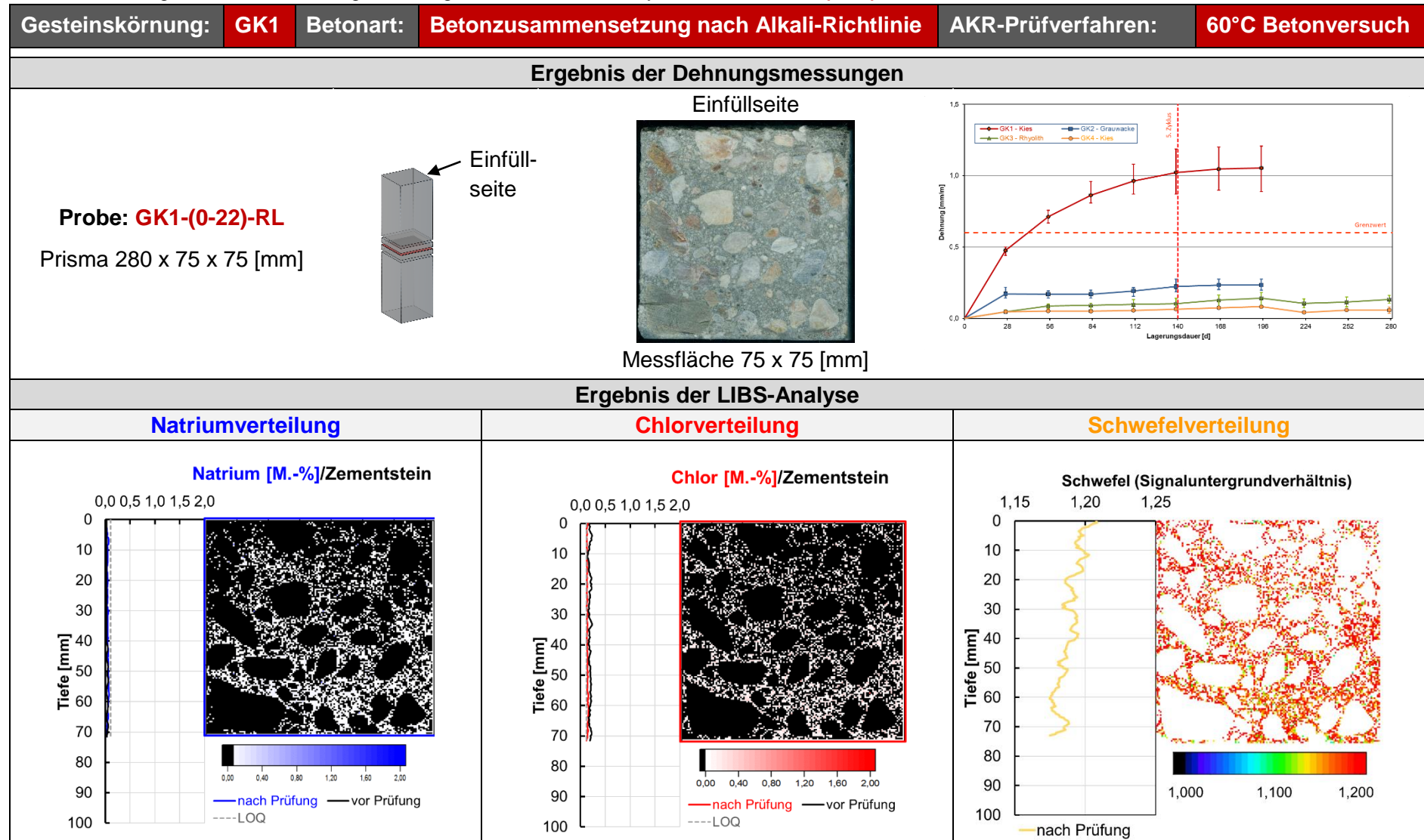
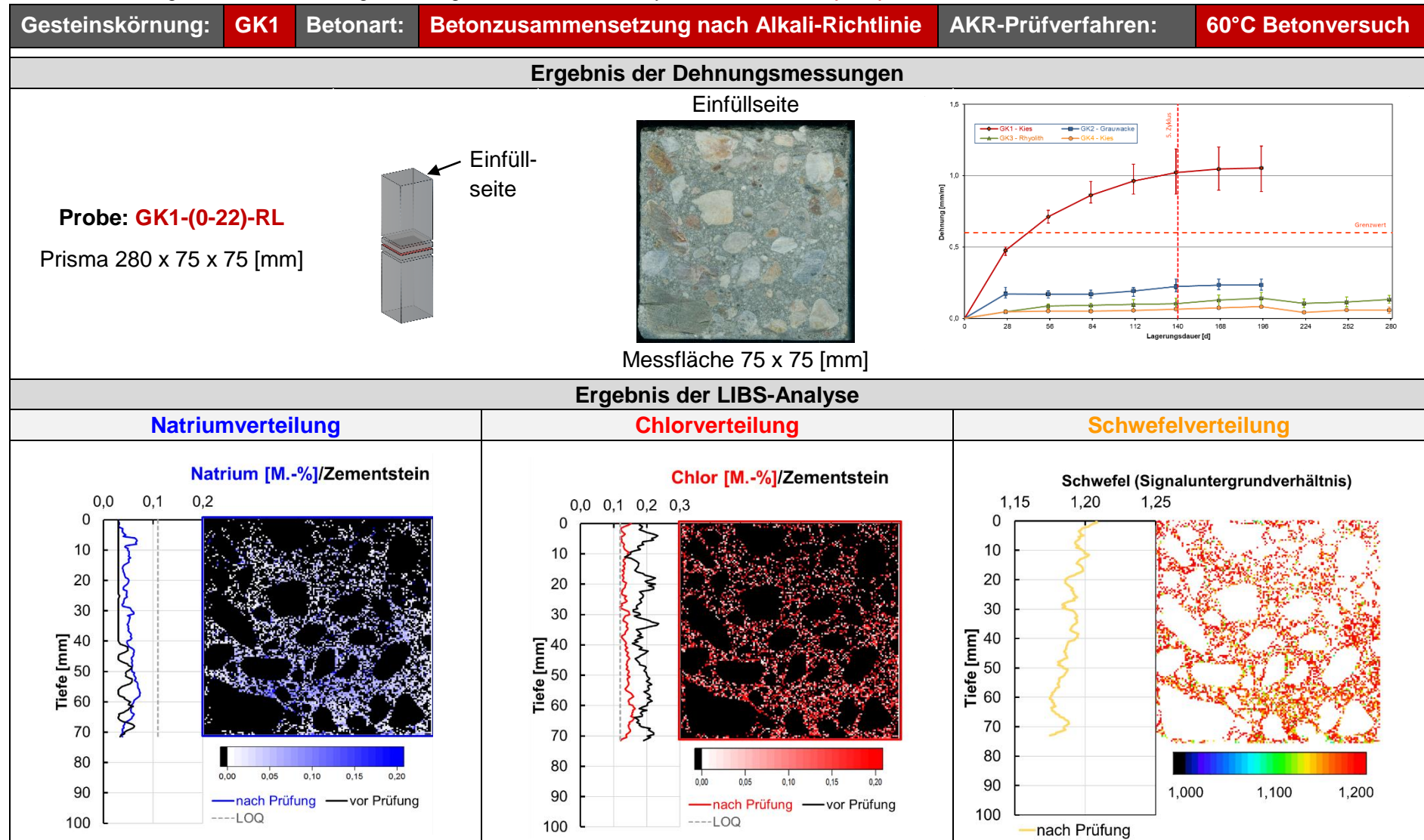


Tabelle 1-3b*: Ergebnisse der Dehnungsmessungen und der LIBS-Analyse bei Probe **GK1-(0-22)-RL**



2 Einzelergebnisse der Gesteinskörnung 2 (Festgestein: Grauwacke)

Tabelle 2-1a: Ergebnisse der Dehnungsmessungen und der LIBS-Analyse bei Probe GK2-(0-8)-60°C-3%

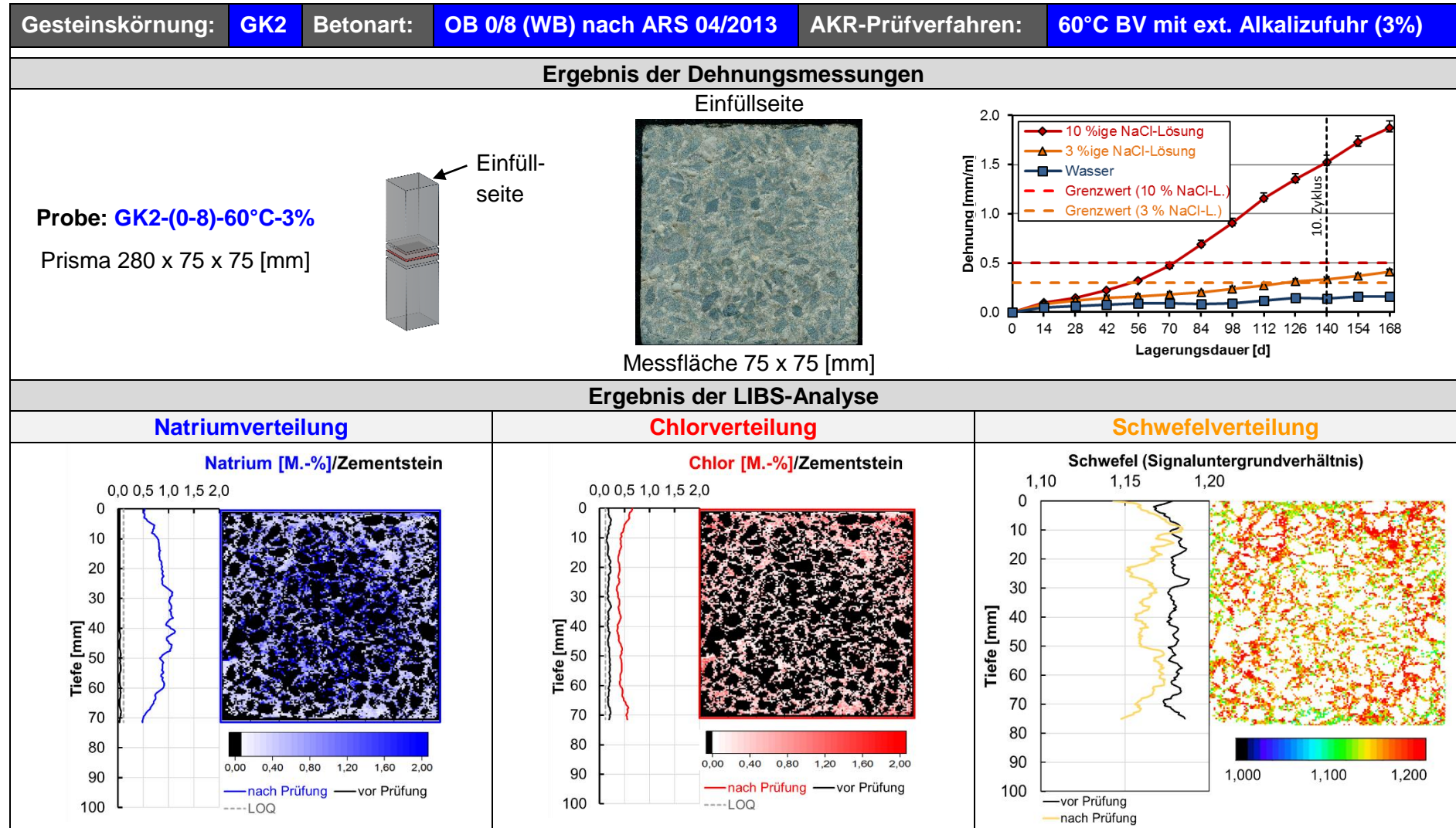


Tabelle 2-1b: Ergebnisse der Dehnungsmessungen und der LIBS-Analyse bei Probe **GK2-(0-8)-60°C-10%**

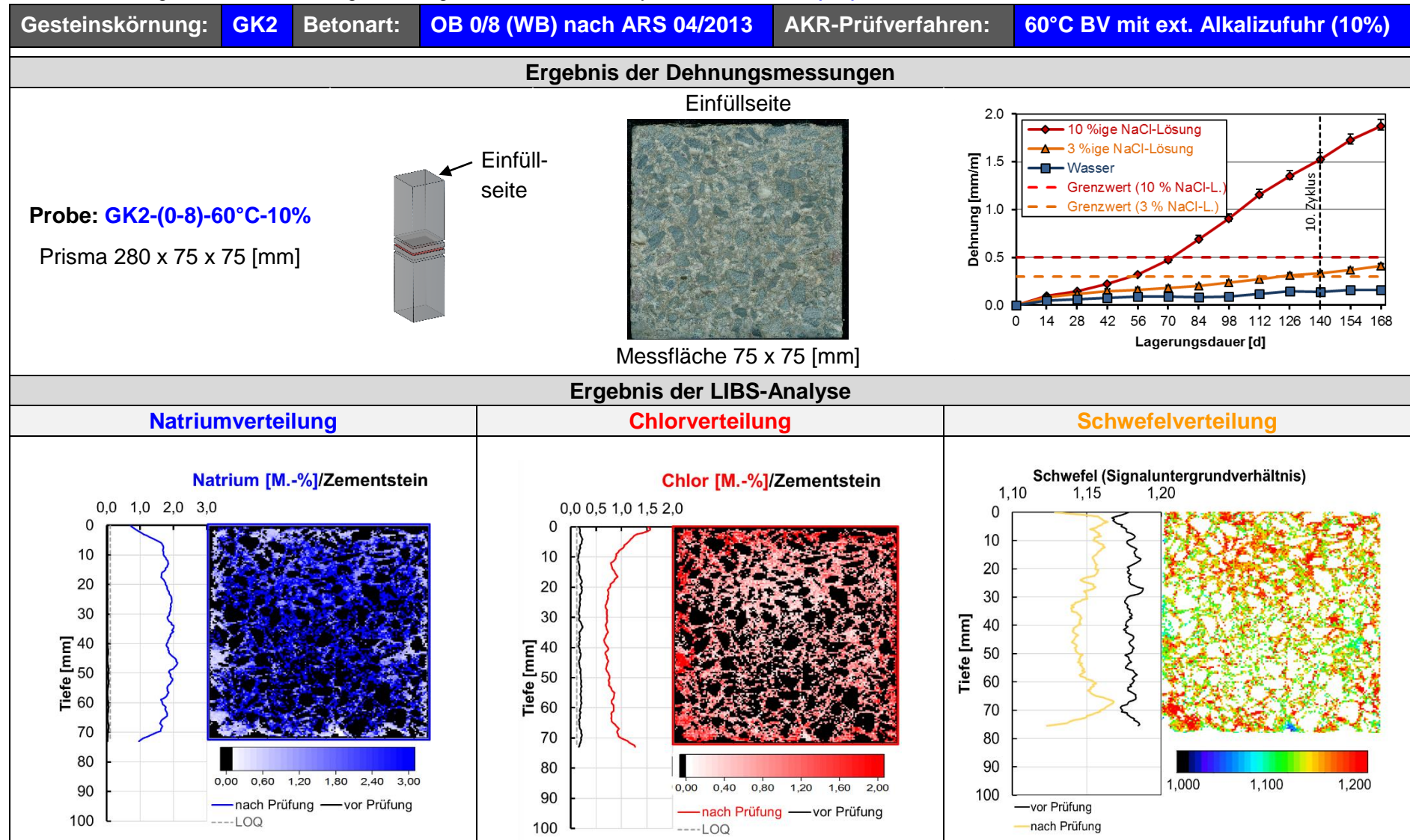


Tabelle 2-1c: Ergebnisse der Dehnungsmessungen und der LIBS-Analyse bei Probe **GK2-(0-8)-KWL-H₂O**

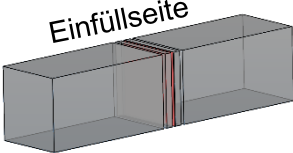
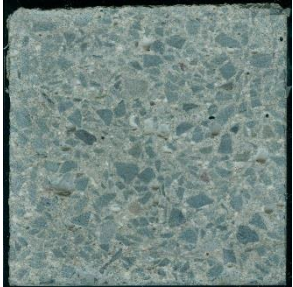
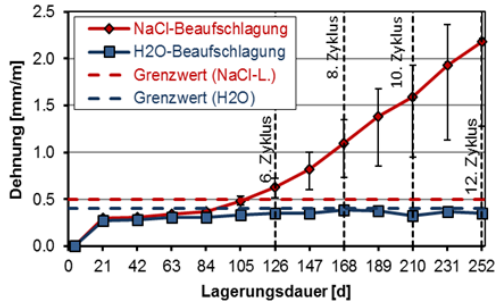
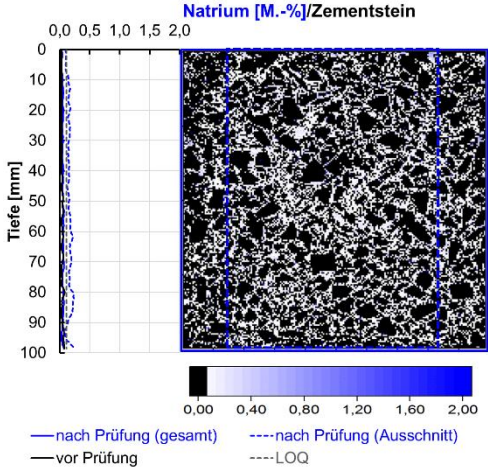
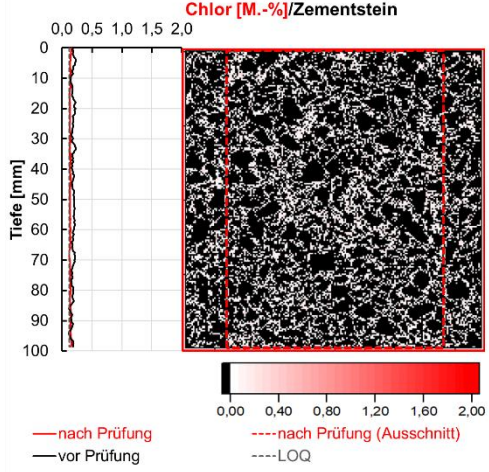
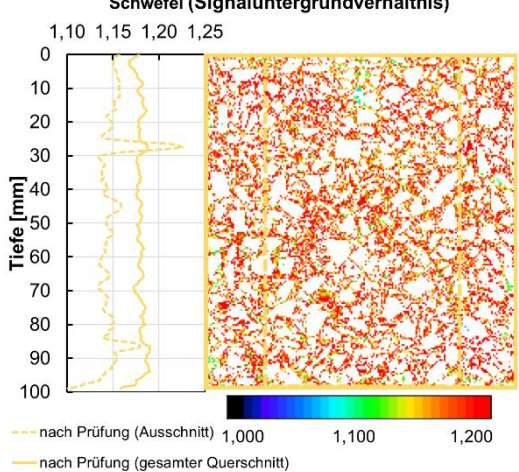
Gesteinskörnung: GK2		Betonart: OB 0/8 (WB) nach ARS 04/2013		AKR-Prüfverfahren: Klimawechsellagerung (H₂O)	
Ergebnis der Dehnungsmessungen					
<p>Probe: GK2-(0-8)-KWL-H₂O Prisma 400 x 100 x 100 [mm]</p> 		<p>Einfüllseite</p>  <p>Messfläche 100 x 100 [mm]</p>			
Ergebnis der LIBS-Analyse					
Natriumverteilung		Chlorverteilung		Schwefelverteilung	
<p>Natrium [M.-%]/Zementstein</p> 		<p>Chlor [M.-%]/Zementstein</p> 		<p>Schwefel (Signaluntergrundverhältnis)</p> 	

Tabelle 2-1c*: Ergebnisse der Dehnungsmessungen und der LIBS-Analyse bei Probe **GK2-(0-8)-KWL-H₂O**

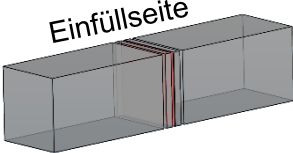
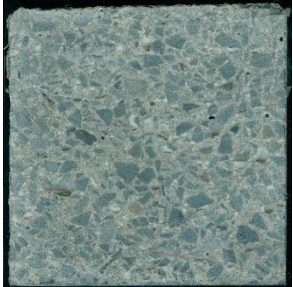
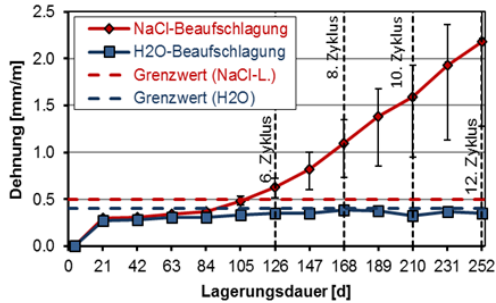
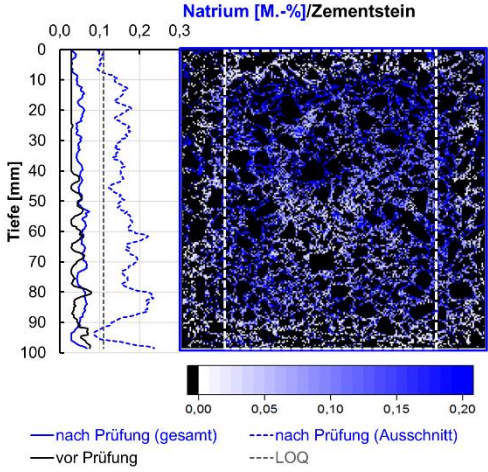
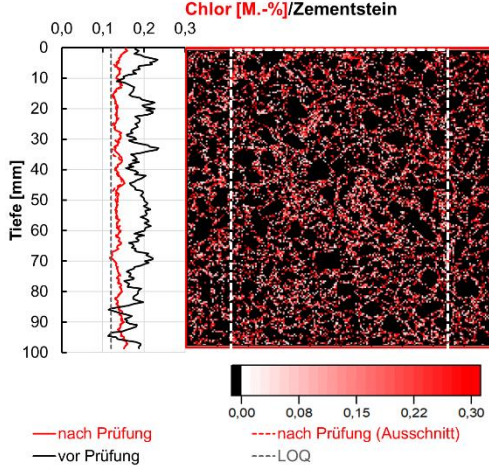
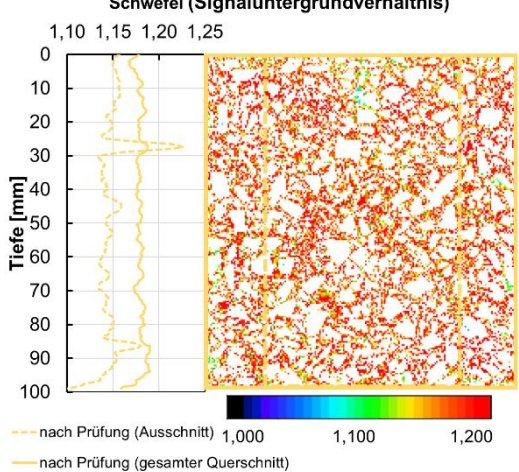
Gesteinskörnung: GK2		Betonart: OB 0/8 (WB) nach ARS 04/2013		AKR-Prüfverfahren: Klimawechsellagerung (H₂O)	
Ergebnis der Dehnungsmessungen					
Probe: GK2-(0-8)-KWL-H₂O Prisma 400 x 100 x 100 [mm]		Einfüllseite 			
		Messfläche 100 x 100 [mm]			
Ergebnis der LIBS-Analyse					
Natriumverteilung		Chlorverteilung		Schwefelverteilung	
					

Tabelle 2-1d: Ergebnisse der Dehnungsmessungen und der LIBS-Analyse bei Probe **GK2-(0-8)-KWL-NaCl**

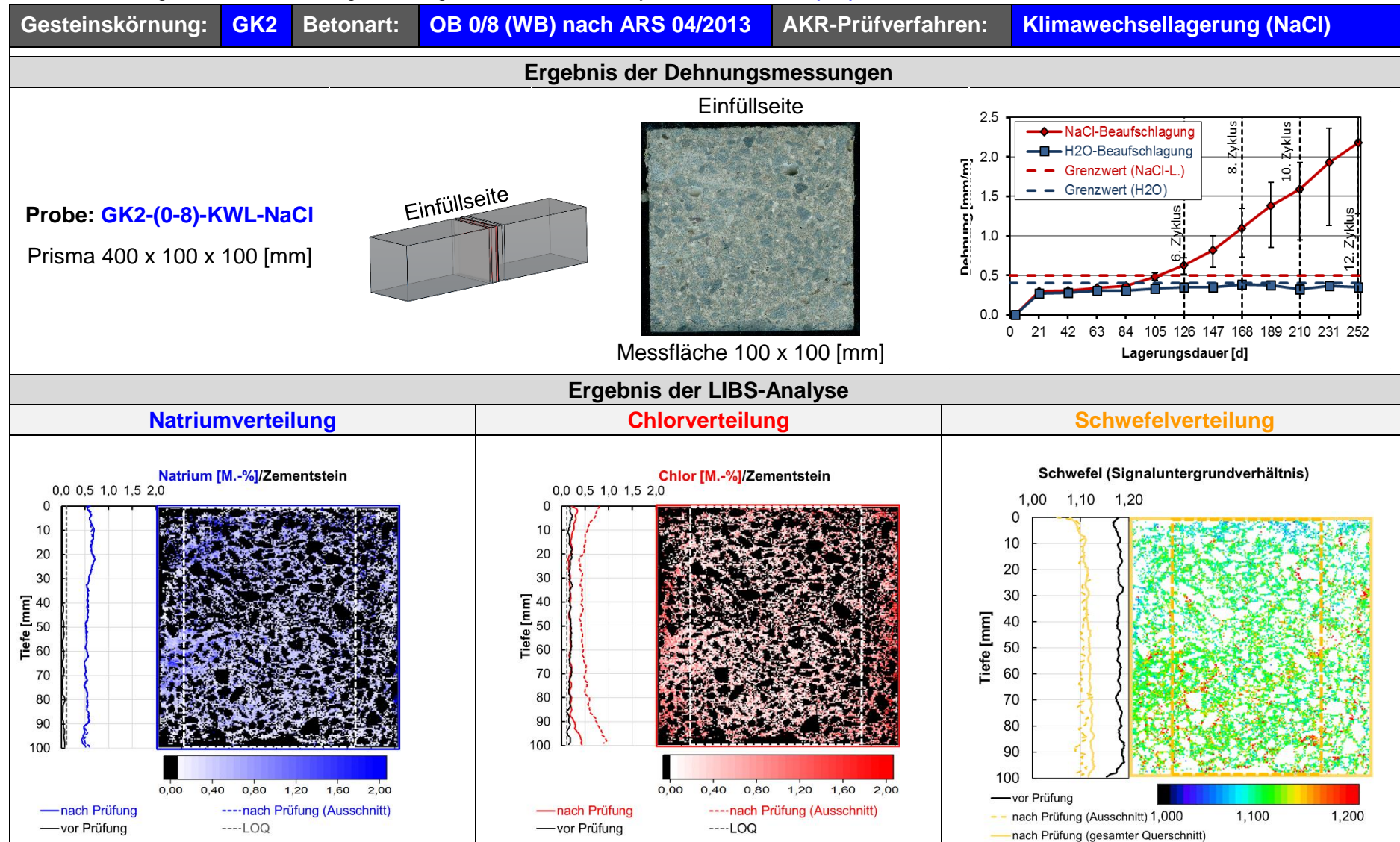


Tabelle 2-2a: Ergebnisse der Dehnungsmessungen und der LIBS-Analyse bei Probe **GK2-(0-22)-60°C-3%**

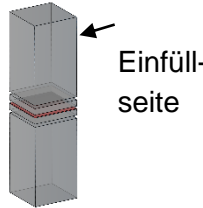
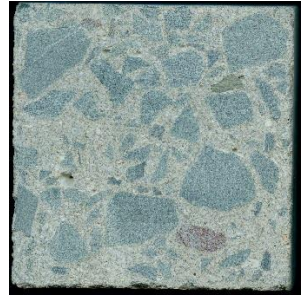
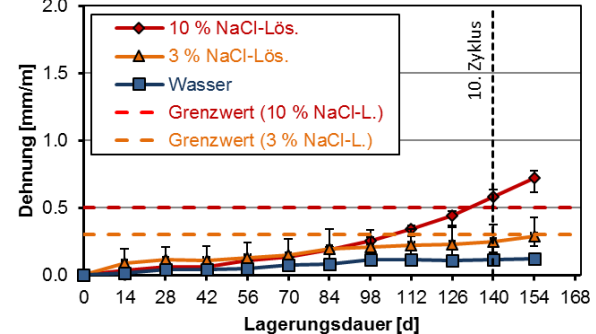
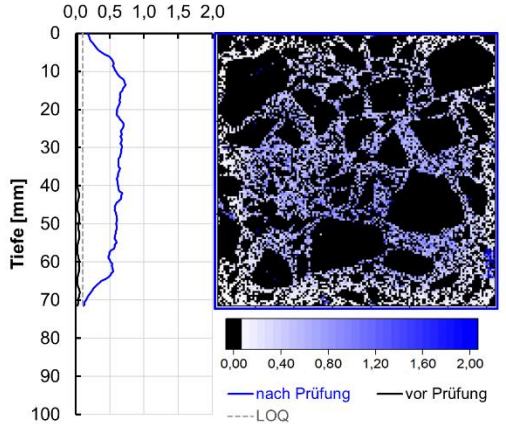
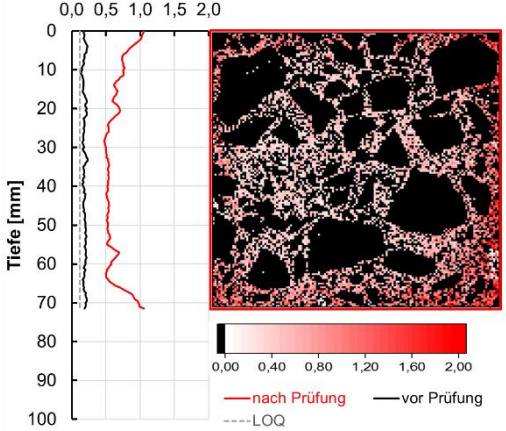
Gesteinskörnung: GK2		Betonart: OB D>8 und UB nach ARS 04/2013		AKR-Prüfverfahren: 60°C BV mit ext. Alkalizufuhr (3%)	
Ergebnis der Dehnungsmessungen					
<p>Probe: GK2-(0-22)-60°C-3%</p> <p>Prisma 280 x 75x 75 [mm]</p> 		<p>Messfläche 75 x 75 [mm]</p>  <p>Einfüllseite</p>			
Ergebnis der LIBS-Analyse					
Natriumverteilung		Chlorverteilung		Schwefelverteilung	
<p>Natrium [M.-%]/Zementstein</p> 		<p>Chlor [M.-%]/Zementstein</p> 		<p>nicht bestimmt</p>	

Tabelle 2-2b: Ergebnisse der Dehnungsmessungen und der LIBS-Analyse bei Probe **GK2-(0-22)-60°C-10%**

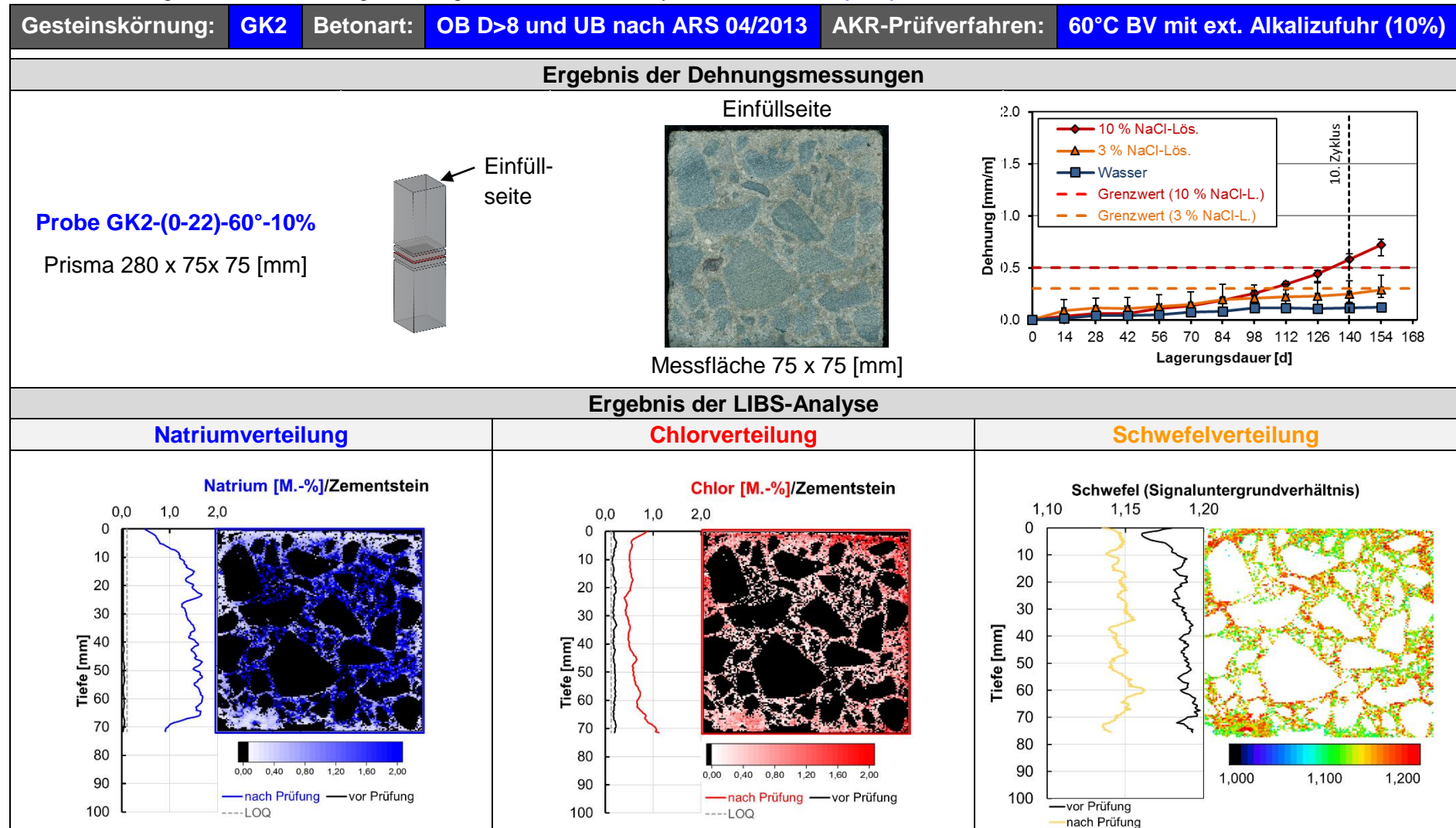


Tabelle 2-2c: Ergebnisse der Dehnungsmessungen und der LIBS-Analyse bei Probe **GK2-(0-22)-KWL-H₂O**

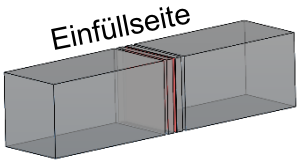

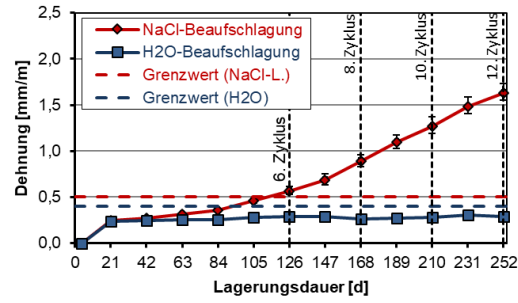
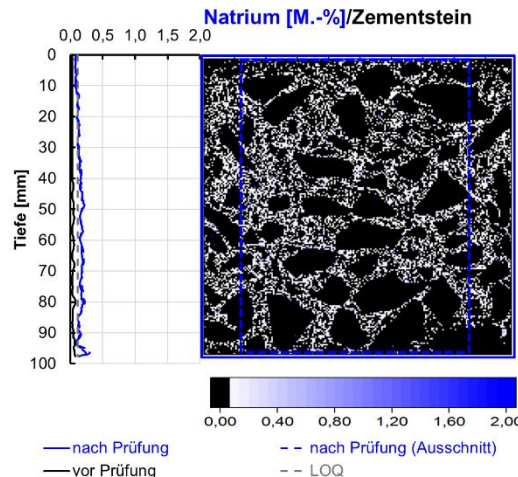
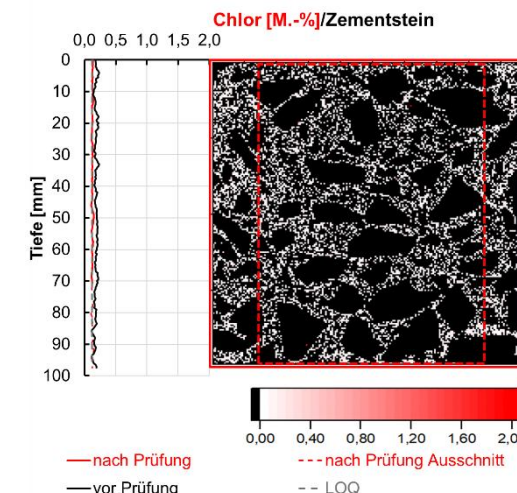
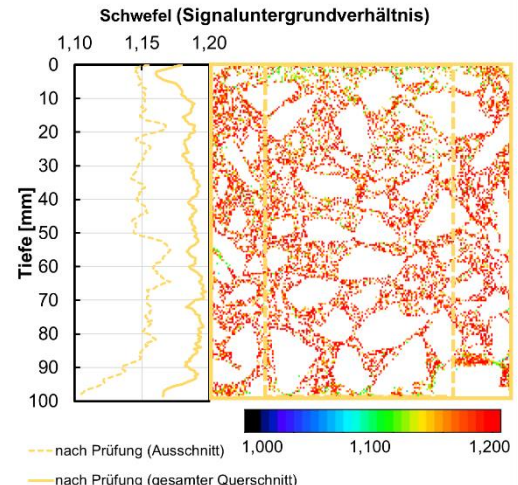
Gesteinskörnung: GK2		Betonart: OB D>8 und UB nach ARS 04/2013		AKR-Prüfverfahren: Klimawechsellagerung (H₂O)	
Ergebnis der Dehnungsmessungen					
<p>Probe: GK2-(0-22)-KWL-H₂O Prisma 400 x 100 x 100 [mm]</p> 		<p>Einfüllseite</p>  <p>Messfläche 100 x 100 [mm]</p>			
Ergebnis der LIBS-Analyse					
Natriumverteilung		Chlorverteilung		Schwefelverteilung	
<p>Natrium [M.-%]/Zementstein</p> 		<p>Chlor [M.-%]/Zementstein</p> 		<p>Schwefel (Signaluntergrundverhältnis)</p> 	

Tabelle 2-2c*: Ergebnisse der Dehnungsmessungen und der LIBS-Analyse bei Probe **GK2-(0-22)-KWL-H₂O**

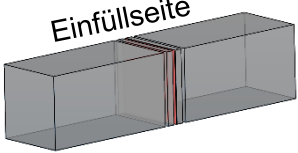

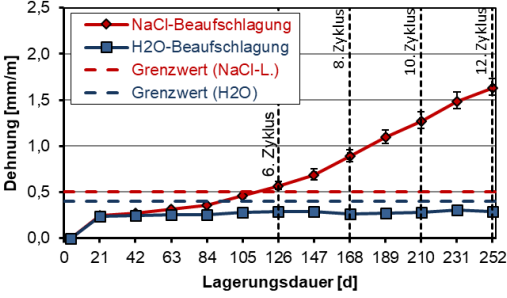
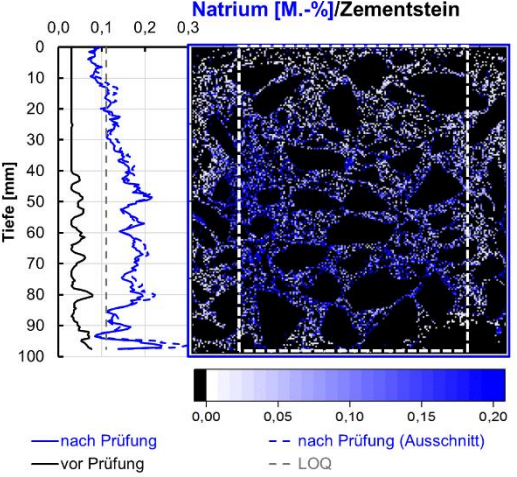
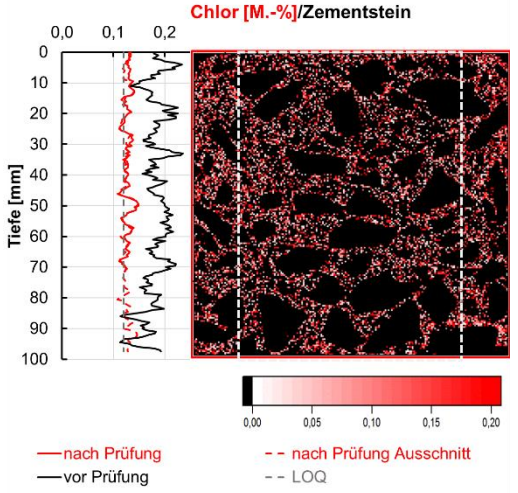
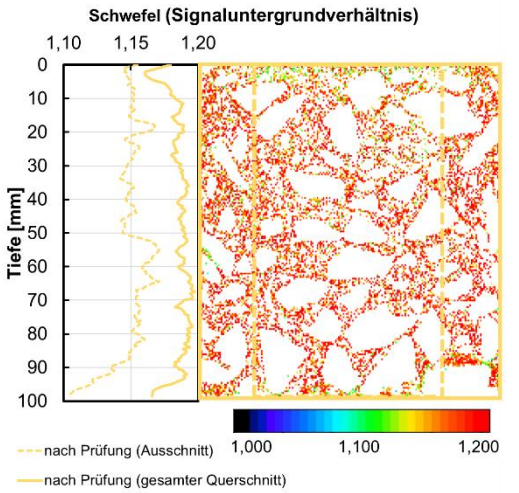
Gesteinskörnung: GK2		Betonart: OB D>8 und UB nach ARS 04/2013		AKR-Prüfverfahren: Klimawechsellagerung (H₂O)	
Ergebnis der Dehnungsmessungen					
<p>Probe: GK2-(0-22)-KWL-H₂O Prisma 400 x 100 x 100 [mm]</p> 		<p>Einfüllseite</p>  <p>Messfläche 100 x 100 [mm]</p>			
Ergebnis der LIBS-Analyse					
Natriumverteilung		Chlorverteilung		Schwefelverteilung	
<p>Natrium [M.-%]/Zementstein</p> 		<p>Chlor [M.-%]/Zementstein</p> 		<p>Schwefel (Signaluntergrundverhältnis)</p> 	

Tabelle 2-2d: Ergebnisse der Dehnungsmessungen und der LIBS-Analyse bei Probe **GK2-(0-22)-KWL-NaCl**

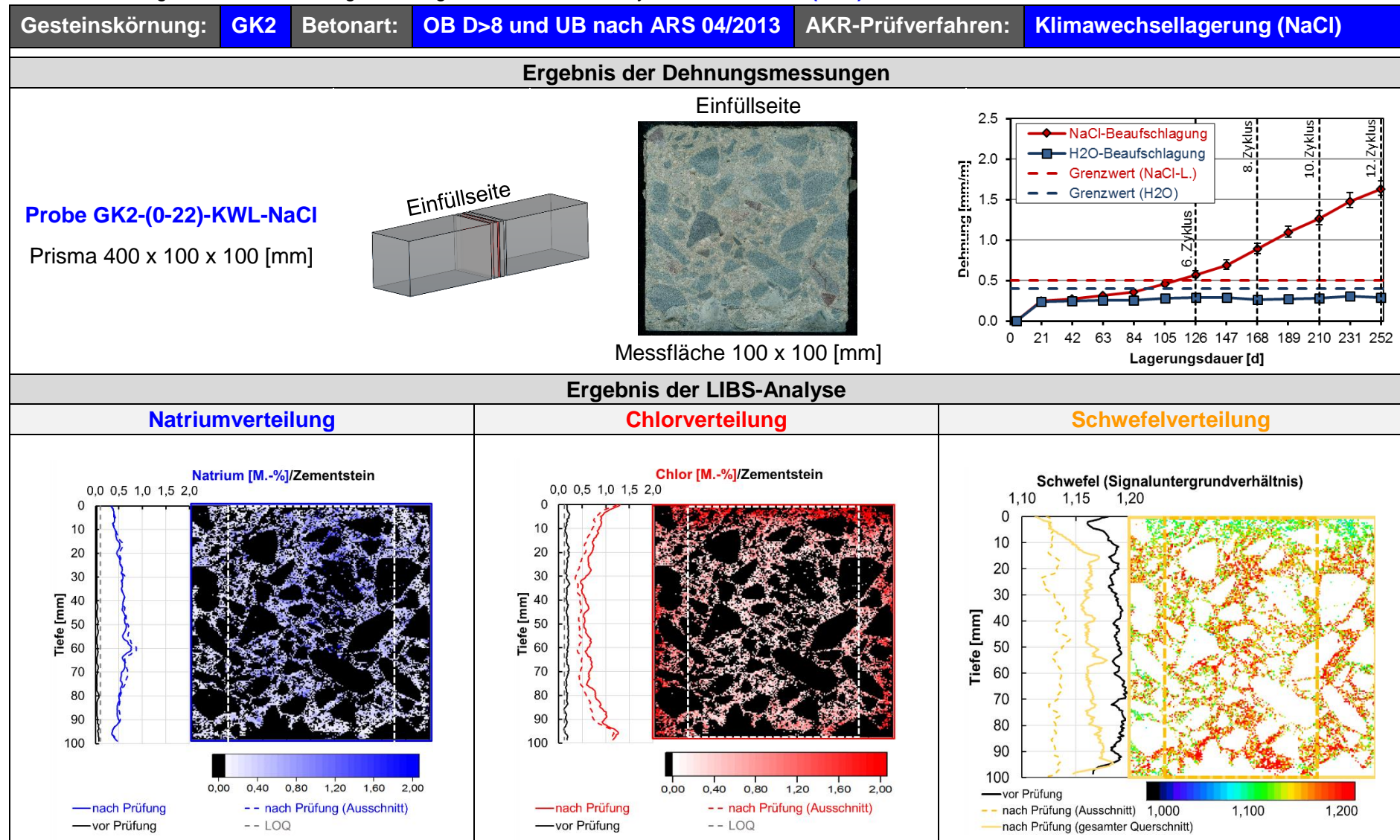


Tabelle 2-3a: Ergebnisse der Dehnungsmessungen und der LIBS-Analyse bei Probe GK2-(0-22)-NKL

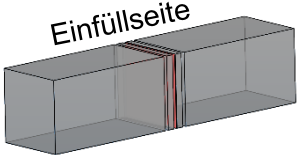

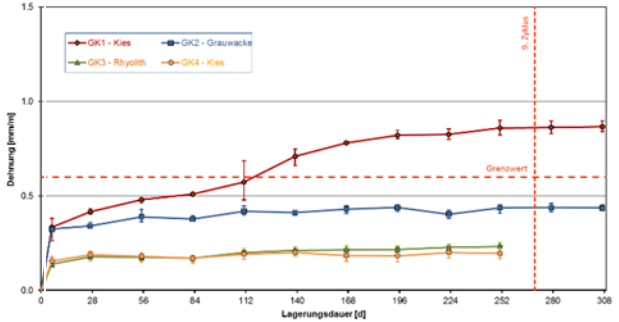
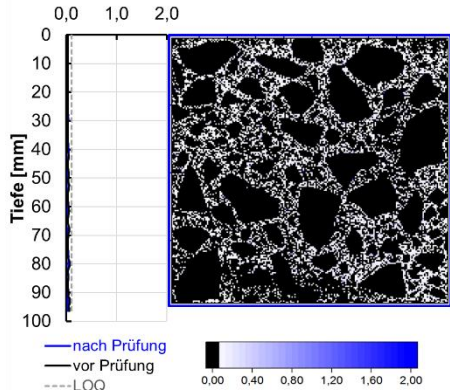
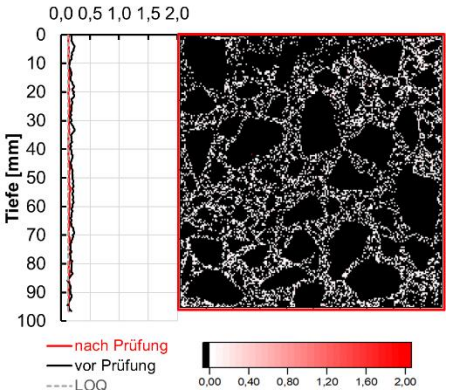
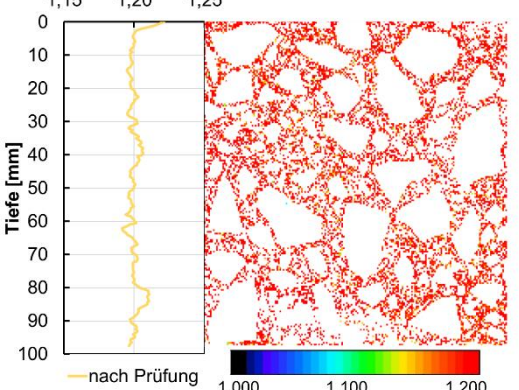
Gesteinskörnung: GK2		Betonart: Betonzusammensetzung nach Alkali-Richtlinie		AKR-Prüfverfahren: 40°C Betonversuch	
Ergebnis der Dehnungsmessungen					
<p>Probe GK2-(0-22)-NKL Prisma 400 x 100 x 100 [mm]</p> 		<p>Einfüllseite</p>  <p>Messfläche 100 x 100 [mm]</p>			
Ergebnis der LIBS-Analyse					
<p>Natriumverteilung</p> <p>Natrium [M.-%]/Zementstein</p> 		<p>Chlorverteilung</p> <p>Chlor [M.-%]/Zementstein</p> 		<p>Schwefelverteilung</p> <p>Schwefel (Signaluntergrundverhältnis)</p> 	

Tabelle 2-3a*: Ergebnisse der Dehnungsmessungen und der LIBS-Analyse bei Probe **GK2-(0-22)-NKL**

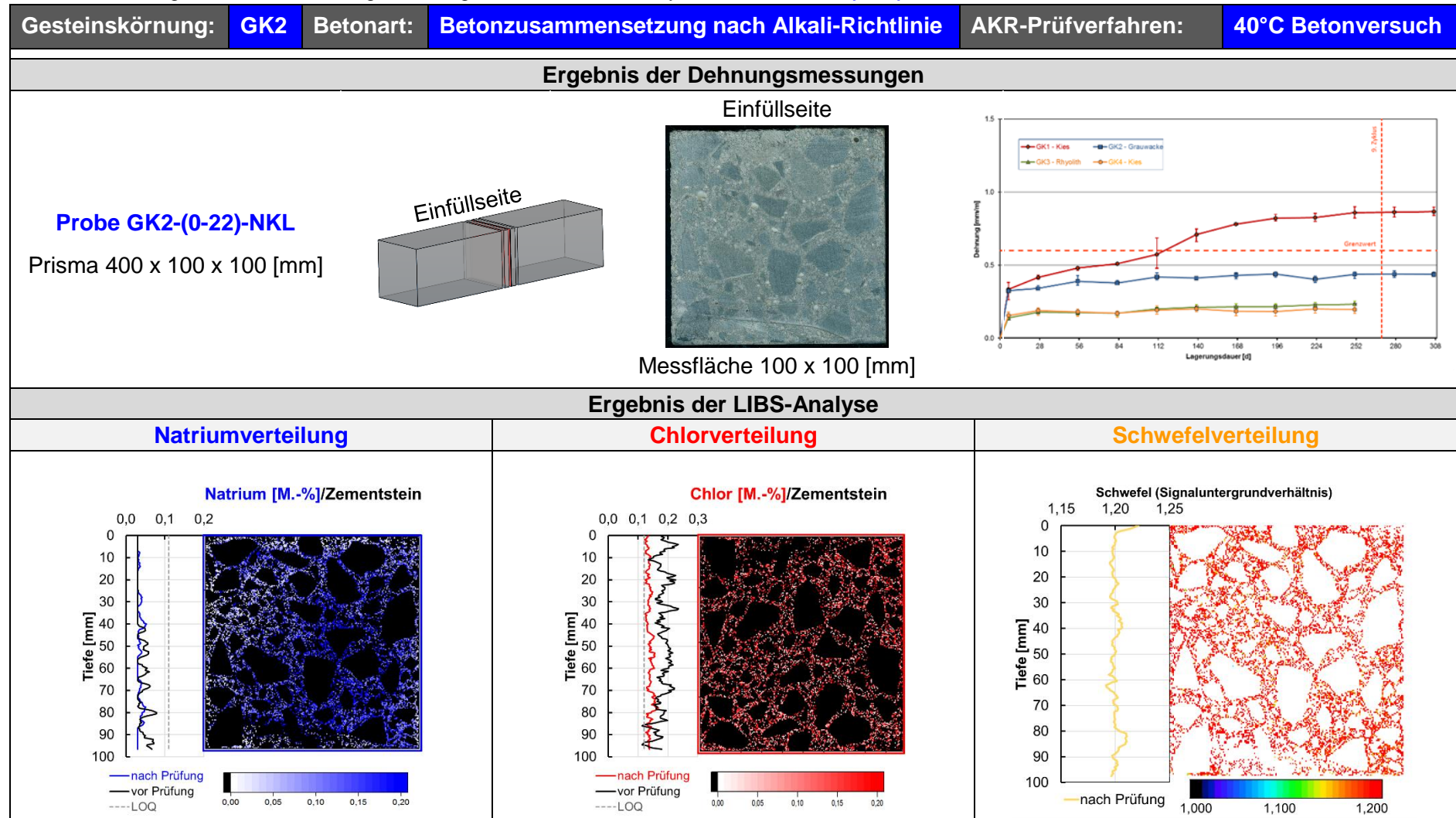


Tabelle 2-3b: Ergebnisse der Dehnungsmessungen und der LIBS-Analyse bei Probe **GK2-(0-22)-RL**

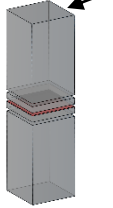

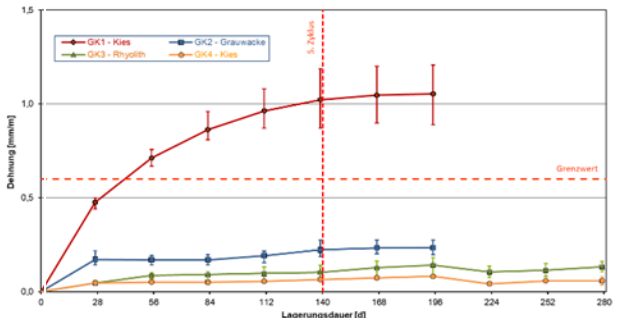
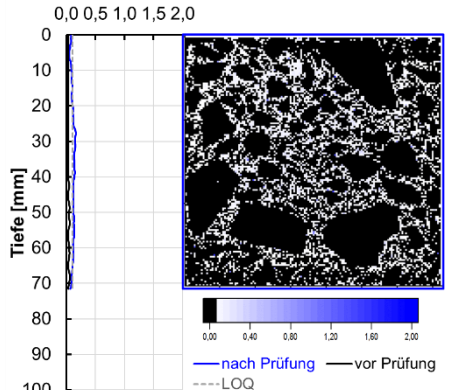
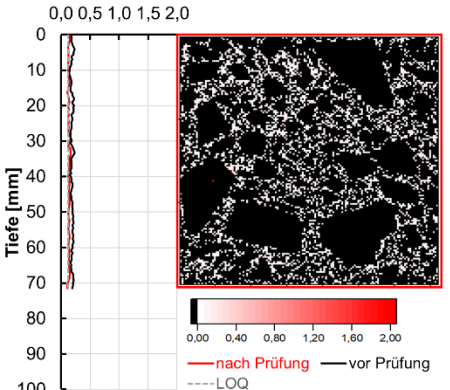
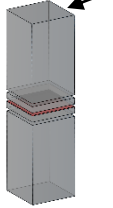

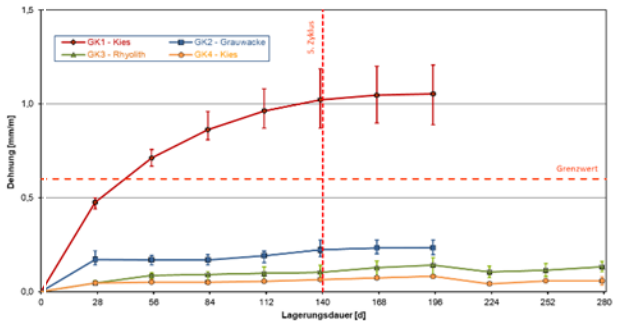
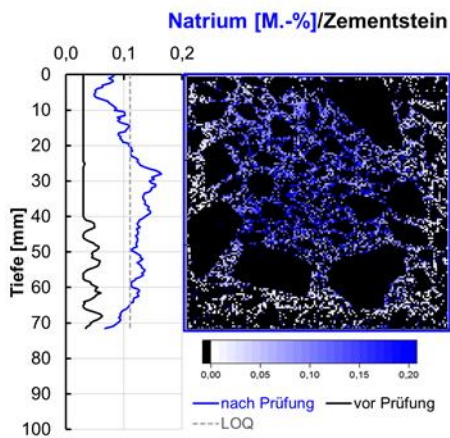
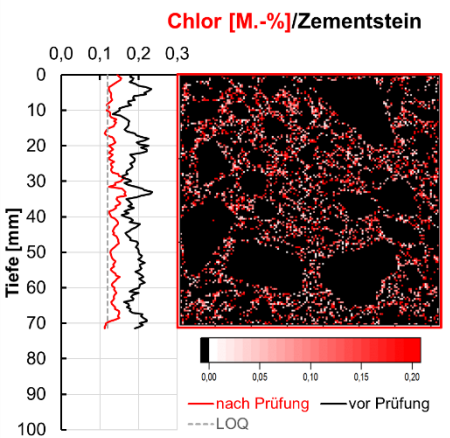
Gesteinskörnung: GK2		Betonart: Betonzusammensetzung nach Alkali-Richtlinie		AKR-Prüfverfahren: 60°C Betonversuch	
Ergebnis der Dehnungsmessungen					
<p>Probe GK2-(0-22)-RL Prisma 280 x 75 x 75 [mm]</p>  <p>Einfüllseite</p>		<p>Messfläche 75 x 75 [mm]</p>  <p>Einfüllseite</p>			
Ergebnis der LIBS-Analyse					
Natriumverteilung		Chlorverteilung		Schwefelverteilung	
<p>Natrium [M.-%]/Zementstein</p> 		<p>Chlor [M.-%]/Zementstein</p> 		<p>nicht bestimmt</p>	

Tabelle 2-3b*: Ergebnisse der Dehnungsmessungen und der LIBS-Analyse bei Probe **GK2-(0-22)-RL**

Gesteinskörnung: GK2		Betonart: Betonzusammensetzung nach Alkali-Richtlinie		AKR-Prüfverfahren: 60°C Betonversuch	
Ergebnis der Dehnungsmessungen					
<p>Probe GK2-(0-22)-RL Prisma 280 x 75 x 75 [mm]</p> 		<p>Messfläche 75 x 75 [mm]</p> 			
Ergebnis der LIBS-Analyse					
Natriumverteilung		Chlorverteilung		Schwefelverteilung	
<p>Natrium [M.-%]/Zementstein</p> 		<p>Chlor [M.-%]/Zementstein</p> 		<p>nicht bestimmt</p>	

3 Einzelergebnisse der Gesteinskörnung 3 (Festgestein: Rhyolith)

Tabelle 3-1a: Ergebnisse der Dehnungsmessungen und der LIBS-Analyse bei Probe GK3-(0-8)-60°C-3%

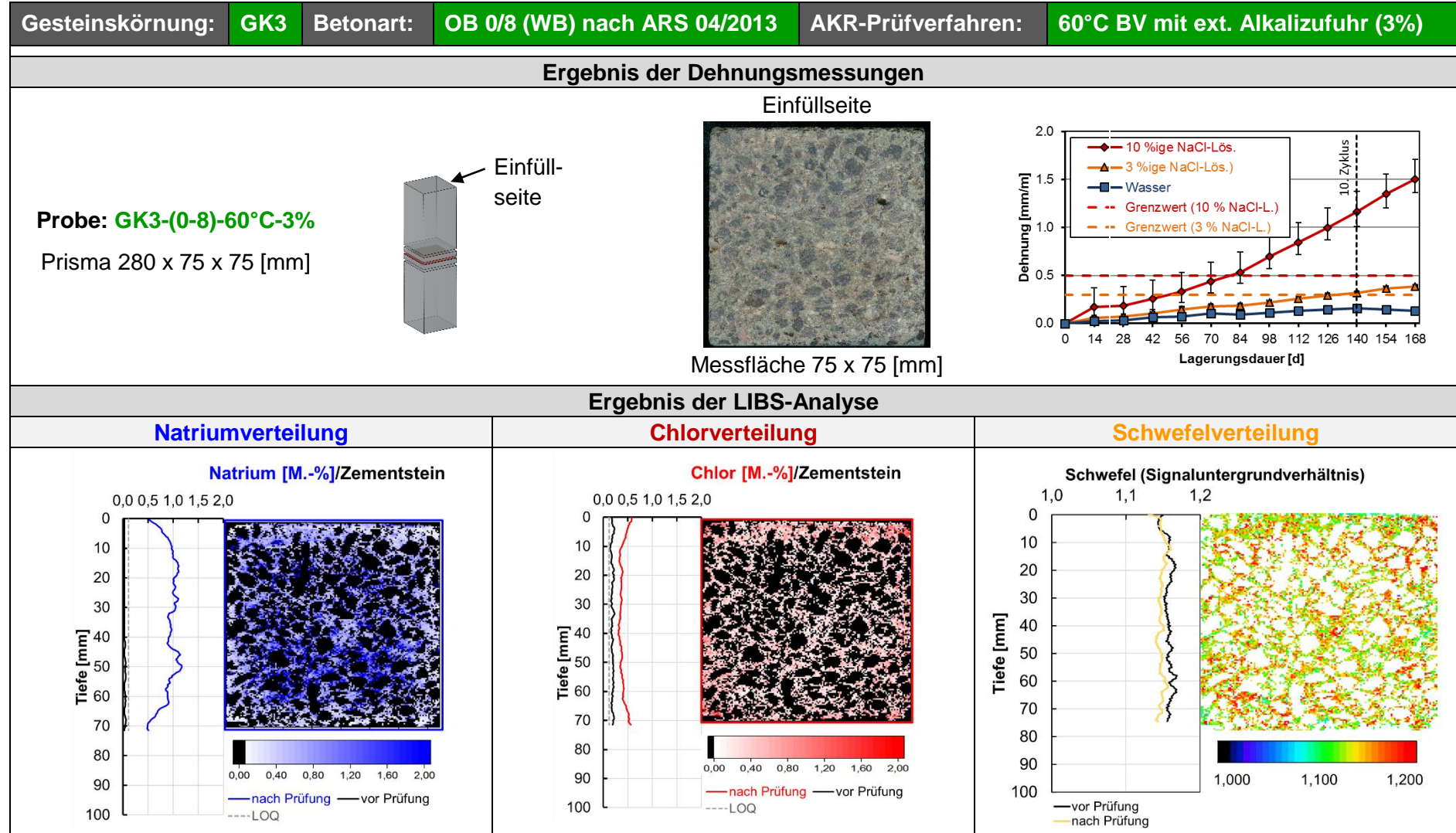


Tabelle 3-1b: Ergebnisse der Dehnungsmessungen und der LIBS-Analyse bei Probe **GK3-(0-8)-60°C-10%**

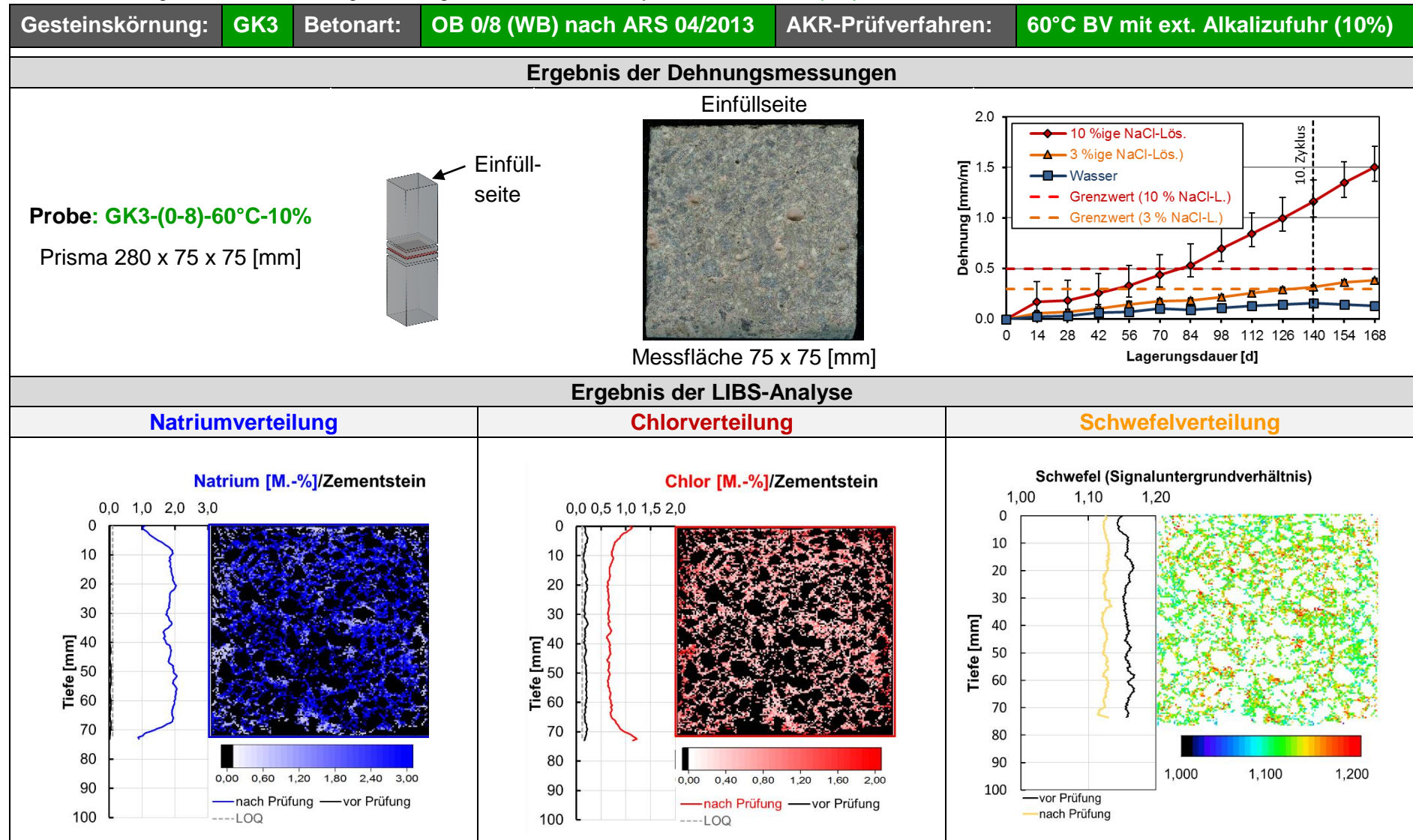


Tabelle 3-1c: Ergebnisse der Dehnungsmessungen und der LIBS-Analyse bei Probe **GK3-(0-8)-KWL-H₂O**

Gesteinskörnung: GK3		Betonart: OB 0/8 (WB) nach ARS 04/2013		AKR-Prüfverfahren: Klimawechsellagerung (H₂O)	
Ergebnis der Dehnungsmessungen					
Probe: GK3-(0-8)-KWL-H₂O Prisma 400 x 100 x 100 [mm]	Einfüllseite				
Messfläche 100 x 100 [mm]					
Ergebnis der LIBS-Analyse					
Natriumverteilung		Chlorverteilung		Schwefelverteilung	
Natrium [M.-%]/Zement 		Chlor [M.-%]/Zementstein 		Schwefel (Signaluntergrundverhältnis) 	

Tabelle 3-1d: Ergebnisse der Dehnungsmessungen und der LIBS-Analyse bei Probe **GK3-(0-8)-KWL-NaCl**

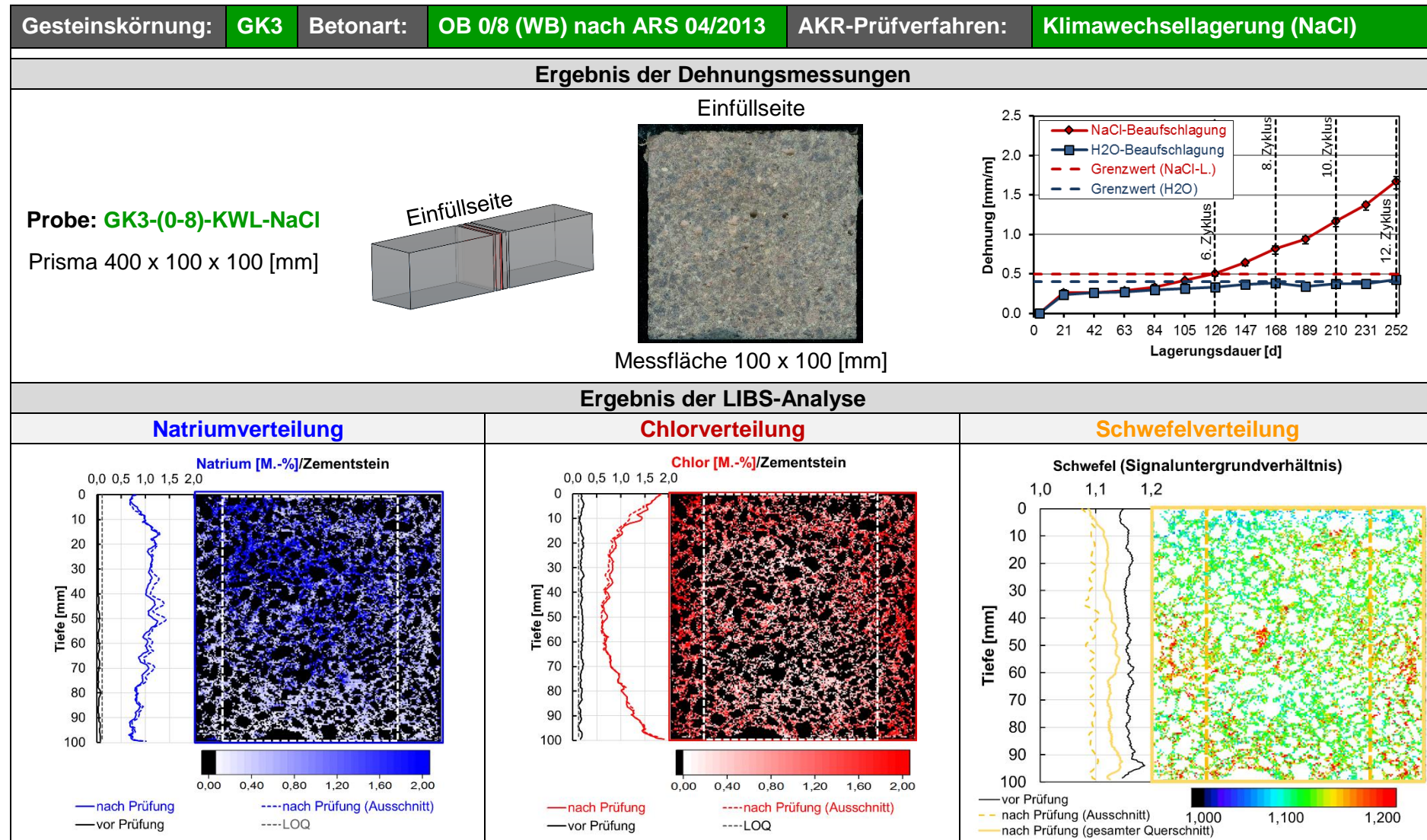


Tabelle 3-2a: Ergebnisse der Dehnungsmessungen und der LIBS-Analyse bei Probe **GK3-(0-22)-60°C-3%**

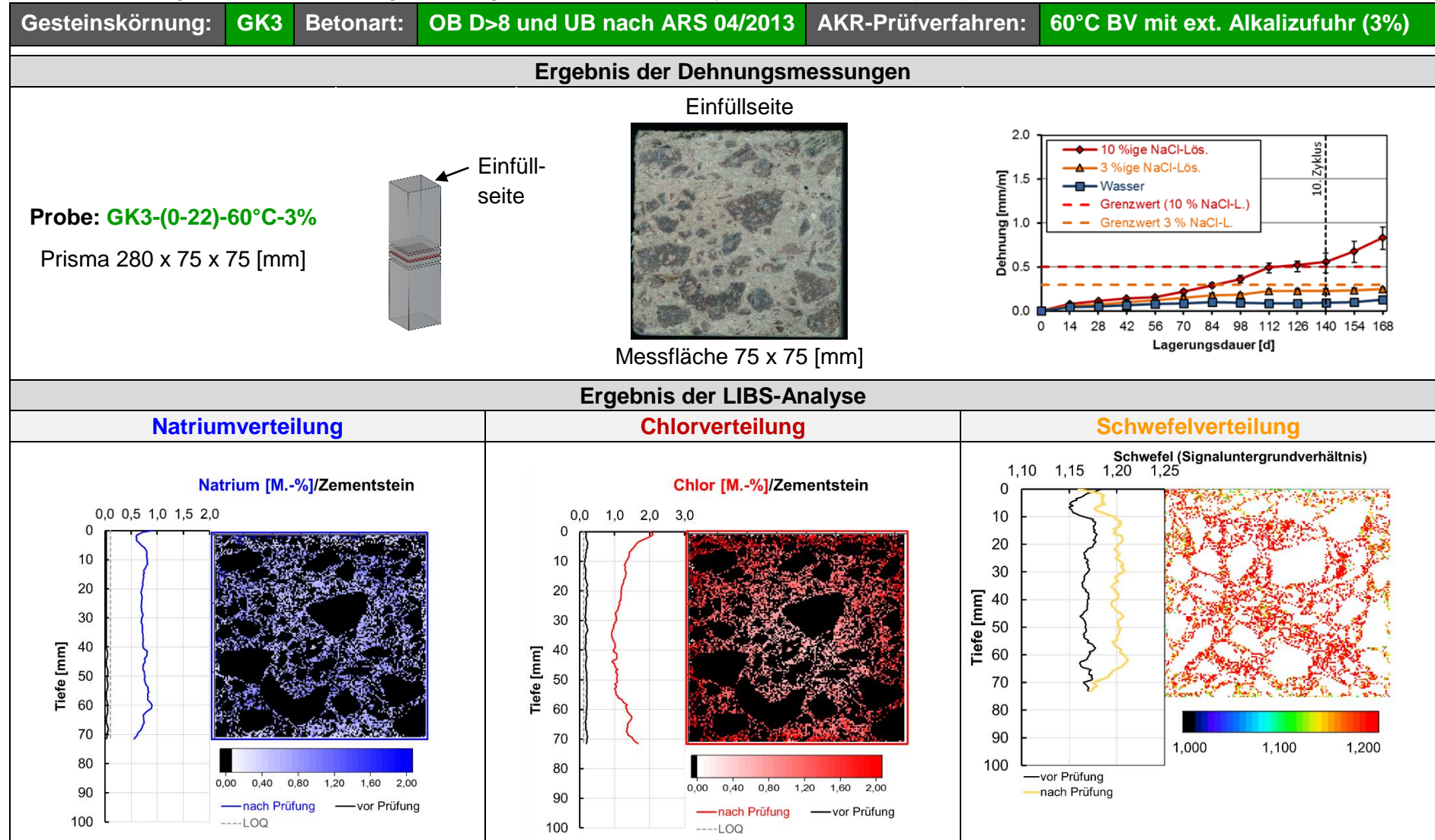


Tabelle 3-2b: Ergebnisse der Dehnungsmessungen und der LIBS-Analyse bei Probe **GK3-(0-22)-60°C-10%**

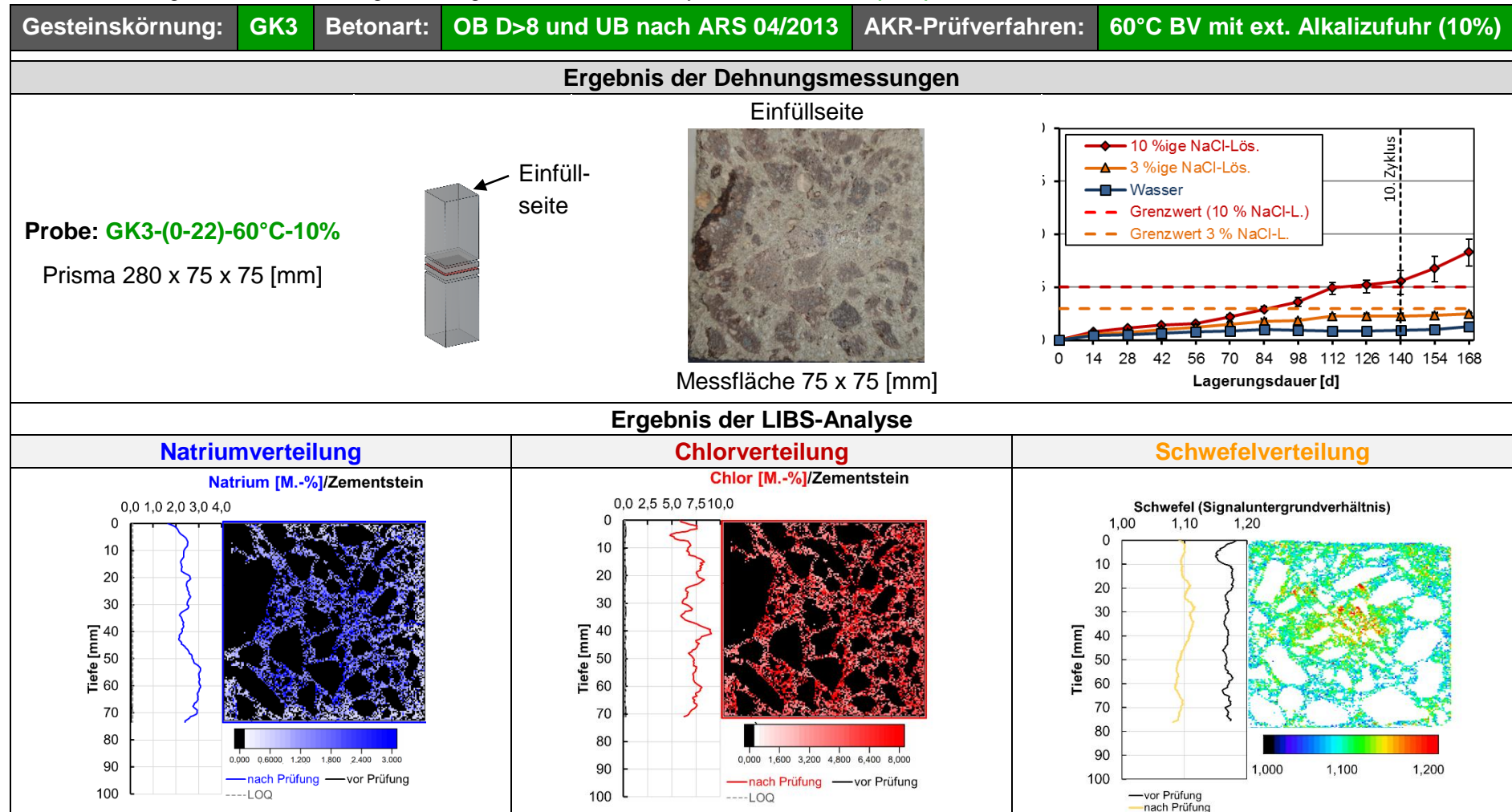


Tabelle 3-2c: Ergebnisse der Dehnungsmessungen und der LIBS-Analyse bei Probe **GK3-(0-22)-KWL-H₂O**

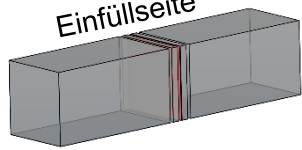

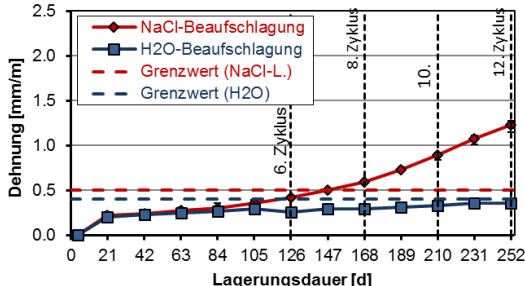
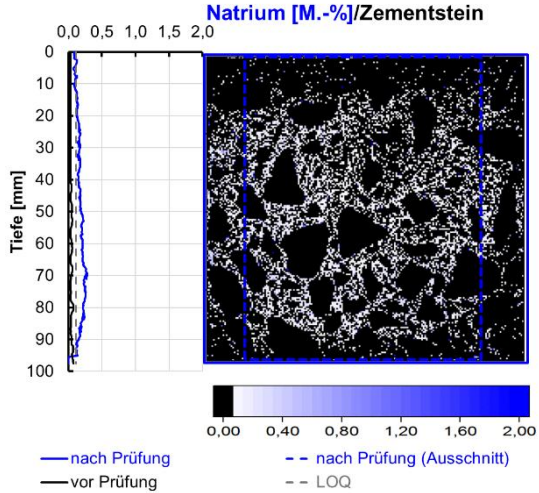
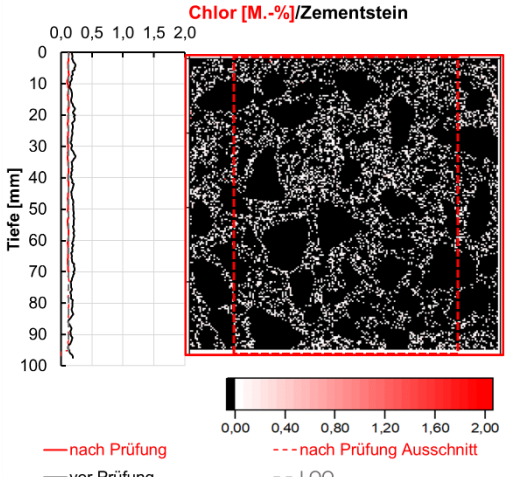
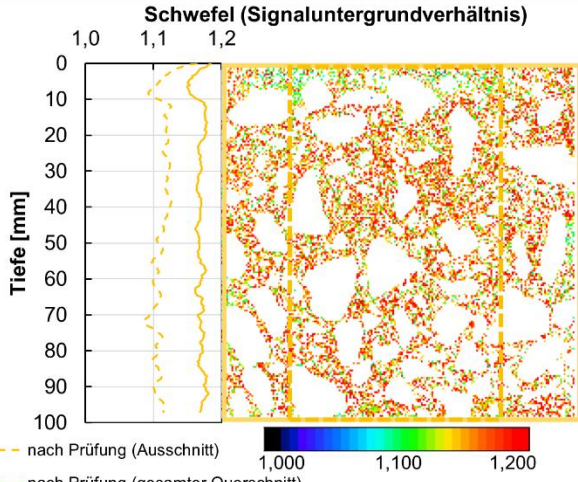
Gesteinskörnung: GK3		Betonart: OB D>8 und UB nach ARS 04/2013		AKR-Prüfverfahren: Klimawechsellagerung (H₂O)	
Ergebnis der Dehnungsmessungen					
Probe: GK3-(0-22)-KWL-H₂O Prisma 400 x 100 x 100 [mm]					
		Messfläche 100 x 100 [mm]			
Ergebnis der LIBS-Analyse					
Natriumverteilung		Chlorverteilung		Schwefelverteilung	
					

Tabelle 3-2c*: Ergebnisse der Dehnungsmessungen und der LIBS-Analyse bei Probe **GK3-(0-22)-KWL-H₂O**

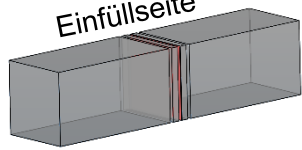

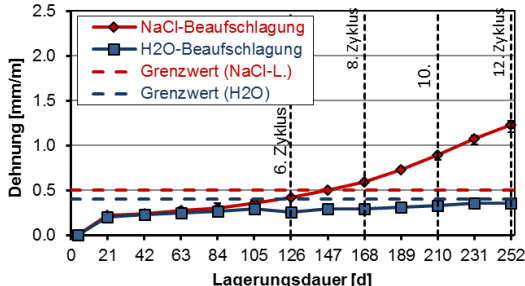
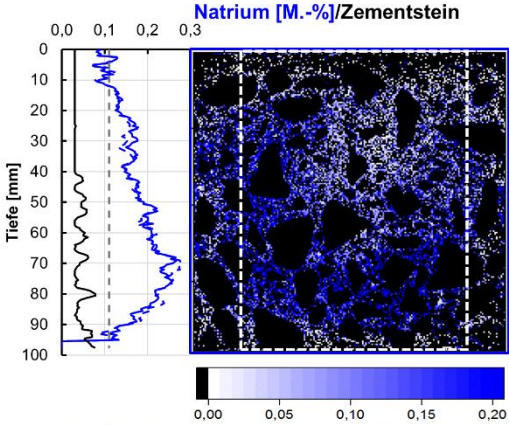
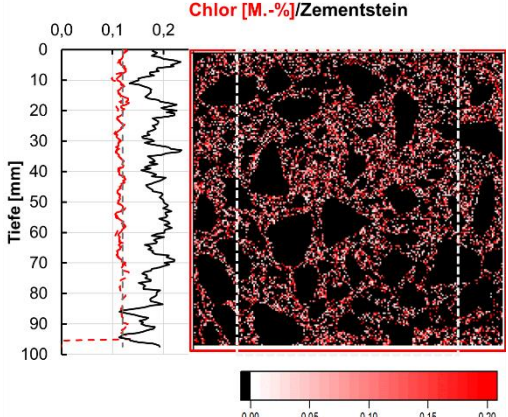
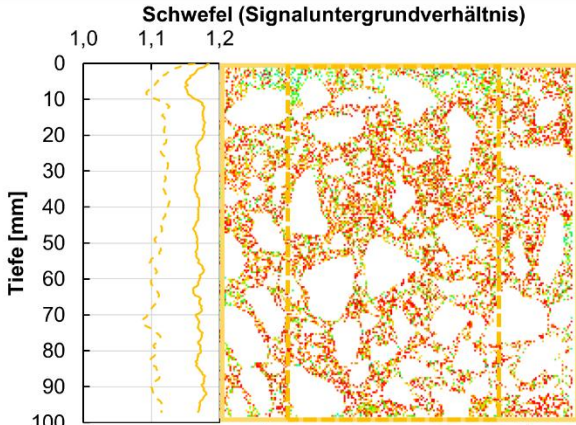
Gesteinskörnung: GK3		Betonart: OB D>8 und UB nach ARS 04/2013		AKR-Prüfverfahren: Klimawechsellagerung (H₂O)	
Ergebnis der Dehnungsmessungen					
Probe: GK3-(0-22)-KWL-H₂O Prisma 400 x 100 x 100 [mm]					
		Messfläche 100 x 100 [mm]			
Ergebnis der LIBS-Analyse					
Natriumverteilung		Chlorverteilung		Schwefelverteilung	
					
— nach Prüfung — vor Prüfung - - nach Prüfung (Ausschnitt) - - LOQ		— nach Prüfung — vor Prüfung - - nach Prüfung Ausschnitt - - LOQ		- - nach Prüfung (Ausschnitt) — nach Prüfung (gesamter Querschnitt)	

Tabelle 3-2d: Ergebnisse der Dehnungsmessungen und der LIBS-Analyse bei Probe **GK3-(0-22)-KWL-NaCl**

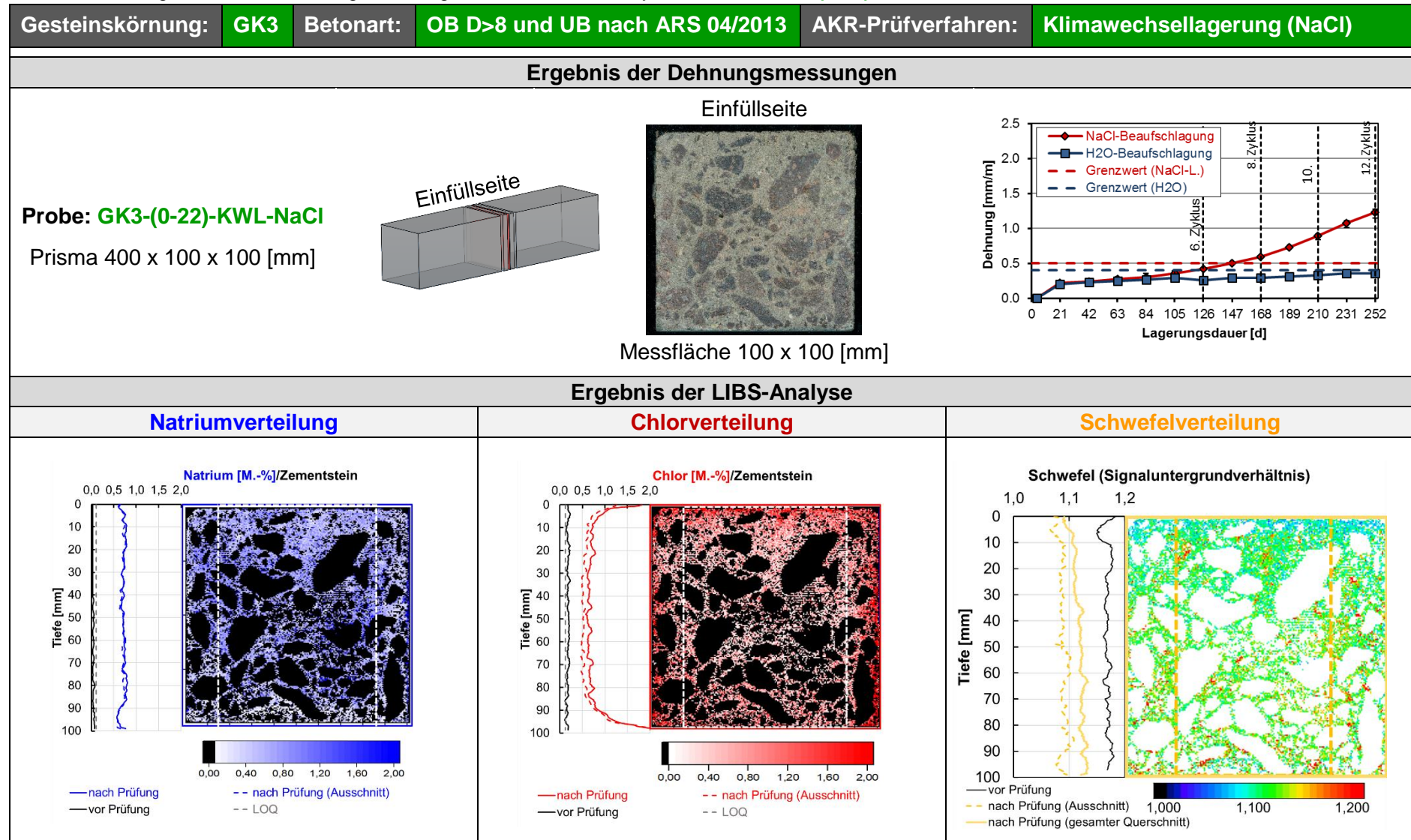


Tabelle 3-3a: Ergebnisse der Dehnungsmessungen und der LIBS-Analyse bei Probe **GK3-(0-22)-NKL**

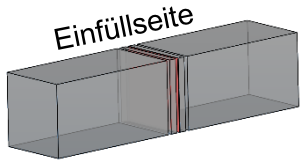

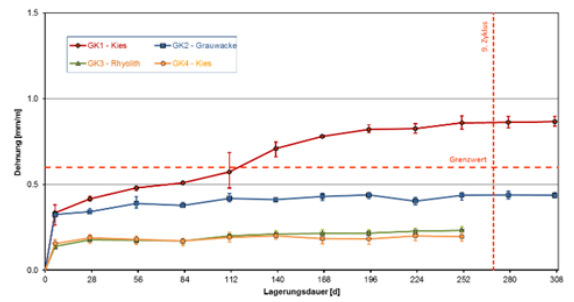
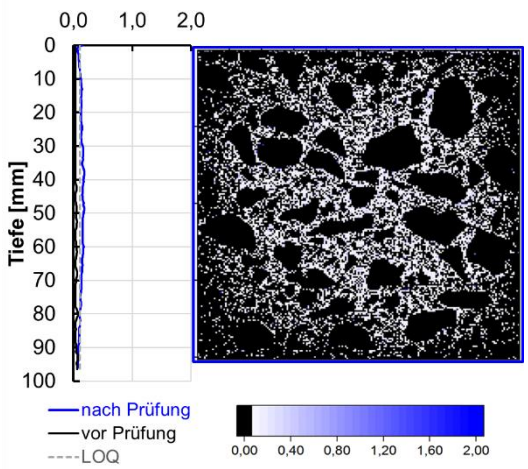
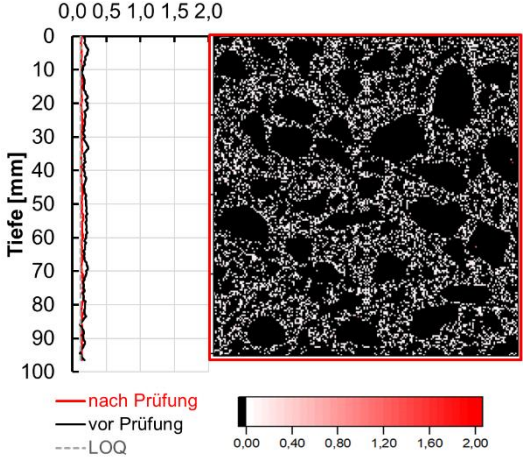
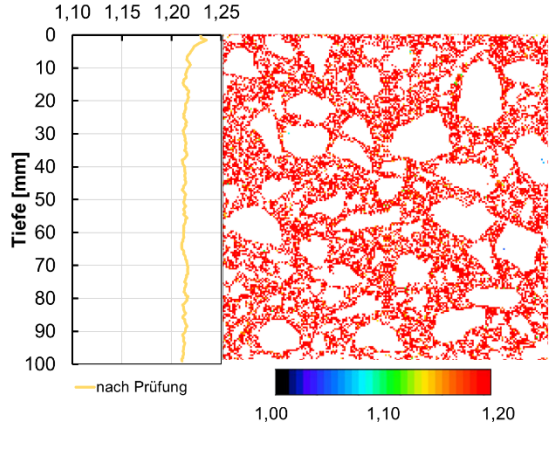
Gesteinskörnung: GK3		Betonart: Betonzusammensetzung nach Alkali-Richtlinie		AKR-Prüfverfahren: 40°C Betonversuch	
Ergebnis der Dehnungsmessungen					
<p>Probe: GK3-(0-22)-NKL Prisma 400 x 100 x 100 [mm]</p> 		<p>Einfüllseite</p>  <p>Messfläche 100 x 100 [mm]</p>			
Ergebnis der LIBS-Analyse					
<p>Natriumverteilung</p> <p>Natrium [M.-%]/Zementstein</p> 		<p>Chlorverteilung</p> <p>Chlor [M.-%]/Zementstein</p> 		<p>Schwefelverteilung</p> <p>Schwefel (Signaluntergrundverhältnis)</p> 	

Tabelle 3-3a*: Ergebnisse der Dehnungsmessungen und der LIBS-Analyse bei Probe **GK3-(0-22)-NKL**

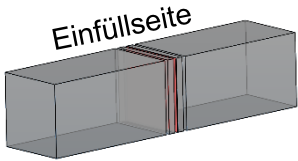

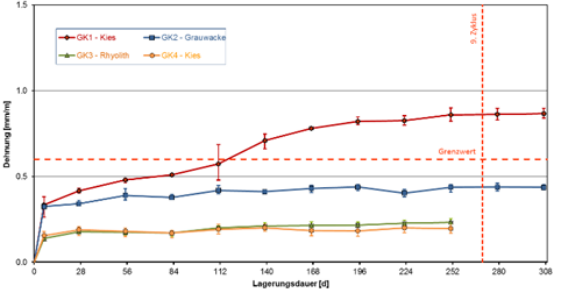
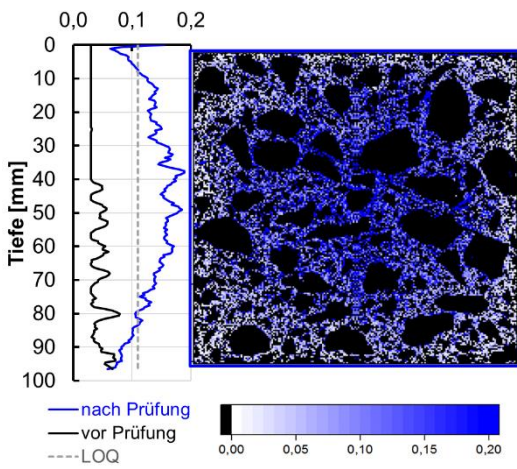
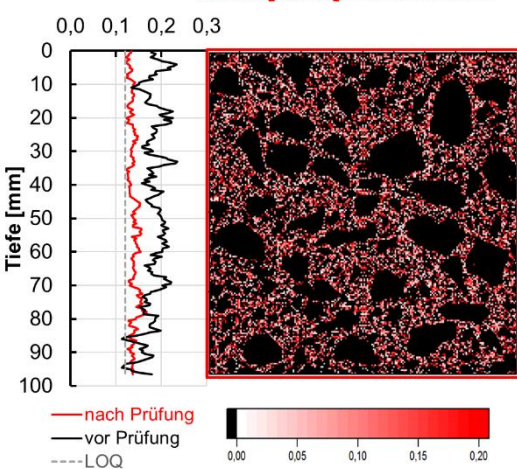
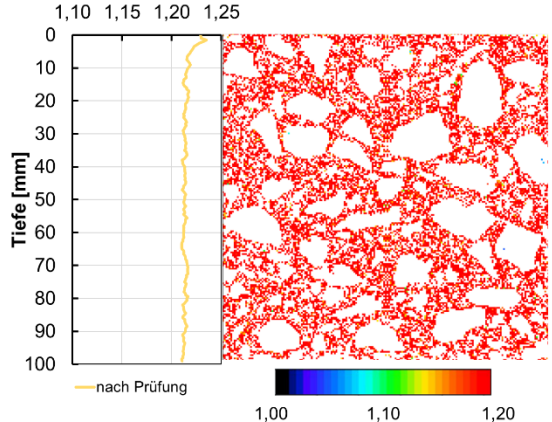
Gesteinskörnung: GK3	Betonart: Betonzusammensetzung nach Alkali-Richtlinie	AKR-Prüfverfahren: 40°C Betonversuch
Ergebnis der Dehnungsmessungen		
<p>Probe: GK3-(0-22)-NKL Prisma 400 x 100 x 100 [mm]</p> 	<p>Einfüllseite</p>  <p>Messfläche 100 x 100 [mm]</p>	
Ergebnis der LIBS-Analyse		
Natriumverteilung	Chlorverteilung	Schwefelverteilung
<p style="text-align: center; color: blue;">Natrium [M.-%]/Zementstein</p> 	<p style="text-align: center; color: red;">Chlor [M.-%]/Zementstein</p> 	<p style="text-align: center;">Schwefel (Signaluntergrundverhältnis)</p> 

Tabelle 3-3b: Ergebnisse der Dehnungsmessungen und der LIBS-Analyse bei Probe **GK3-(0-22)-RL**

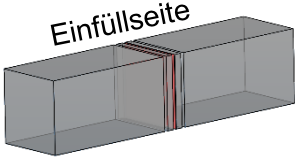

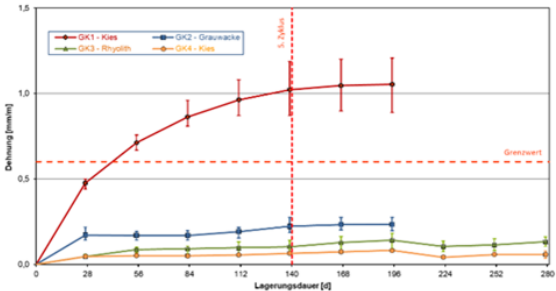
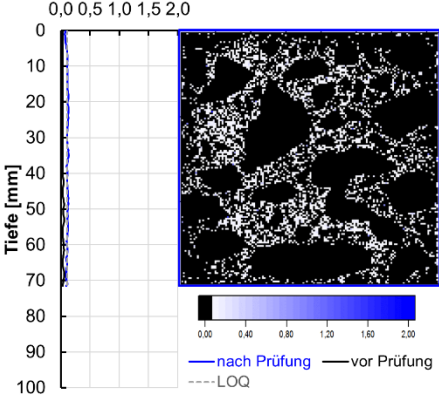
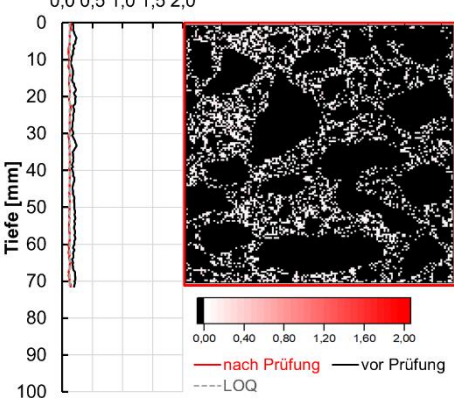
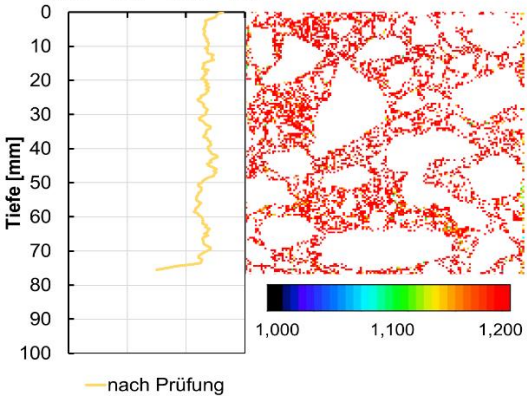
Gesteinskörnung: GK3		Betonart: Betonzusammensetzung nach Alkali-Richtlinie		AKR-Prüfverfahren: 60°C Betonversuch	
Ergebnis der Dehnungsmessungen					
<p>Probe: GK3-(0-22)-RL Prisma 400 x 100 x 100 [mm]</p> 		<p>Einfüllseite</p>  <p>Messfläche 100 x 100 [mm]</p>			
Ergebnis der LIBS-Analyse					
Natriumverteilung		Chlorverteilung		Schwefelverteilung	
<p>Natrium [M.-%]/Zementstein</p> 		<p>Chlor [M.-%]/Zementstein</p> 		<p>Schwefel (Signaluntergrundverhältnis)</p> 	

Tabelle 3-3b*: Ergebnisse der Dehnungsmessungen und der LIBS-Analyse bei Probe **GK3-(0-22)-RL**

