

DEPARTEMENT BAU, VERKEHR UND UMWELT

Testversuche innovative Ansätze Reinigung SDA 4

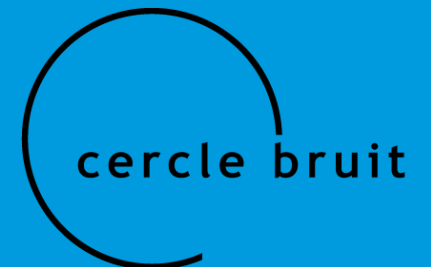
Phase IIb: Vorversuche an Bohrkernen

Dominik Haas – Projektleiter Chemie

Peter Mikhailenko – Projektleiter Asphalt

Erik Bühlmann – Abteilungsleiter F&E

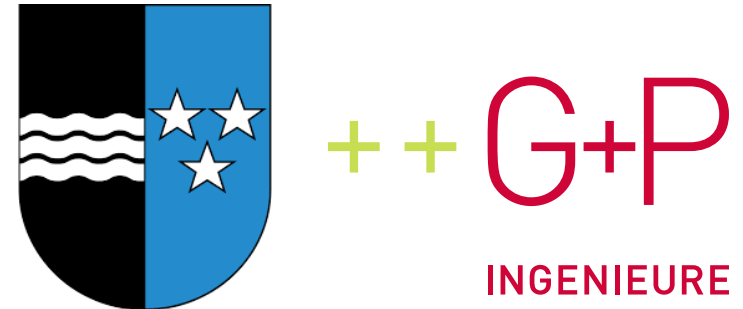
17.10.2024



Inhaltsverzeichnis

- I. Bohrkerne Bohrung und Anwendung von Reinigungsmethoden
- II. Prüfung Reinigungswirkung
- III. Prüfung Beschädigung
- IV. Ökotoxikologie und Wasserchemie
- V. Schlussfolgerungen und Diskussion

Projektpartner:



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU
Office fédéral de l'environnement OFEV
Ufficio federale dell'ambiente UFAM
Uffizi federal d'ambient UFAM

Vorversuche an SDA 4 Bohrkernen

Projektplan

Grundlage

- Bohrung auf altem SDA-Belag (50 BKs)
- Porosität (HR-Gehalt am Bohrkern)

Laboranwendung

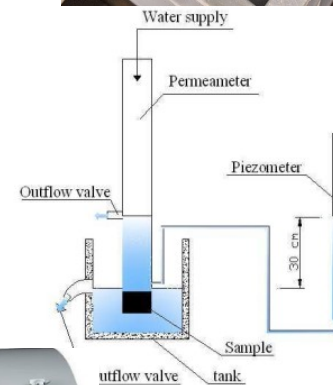
- Testen der Anwendungsmethodik
- Kalibrierung der Anwendungsraten Reinigung

Schnellprüfung Reinigungswirkung

- Prüfung Wasserdurchfluss (modifiziertes Verfahren) vor und nach Anwendung

Schnellprüfung Beschädigung

- Kornverlust (Cantabro) / Ausmagerung und nach Anwendung
- *Bitumen Prüfung: Extraktion und Rückgewinnung + Bitumen Chemieanalyse mit FTIR-Spektrometer*



I. Bohrkerne Bohrung Anwendung von Reinigungsmethoden

Bohrkerne von SDA4

Zofingen, Wiggertalstrasse

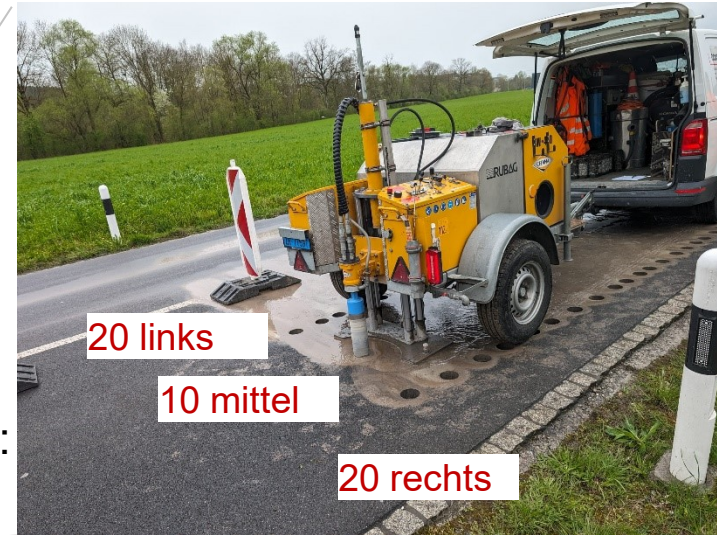
SDA4-12 (2018)

Teilabschnitt: 300 m ausserorts



Schmutz bei
dichten Belägen

03.04.2024:

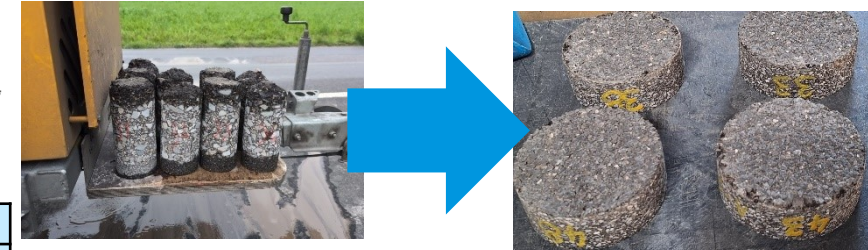


CONSULTTEST AG
Institut für Materialprüfung, Beratung
und Qualitätssicherung im Bauwesen



Bohrkerne von SDA4

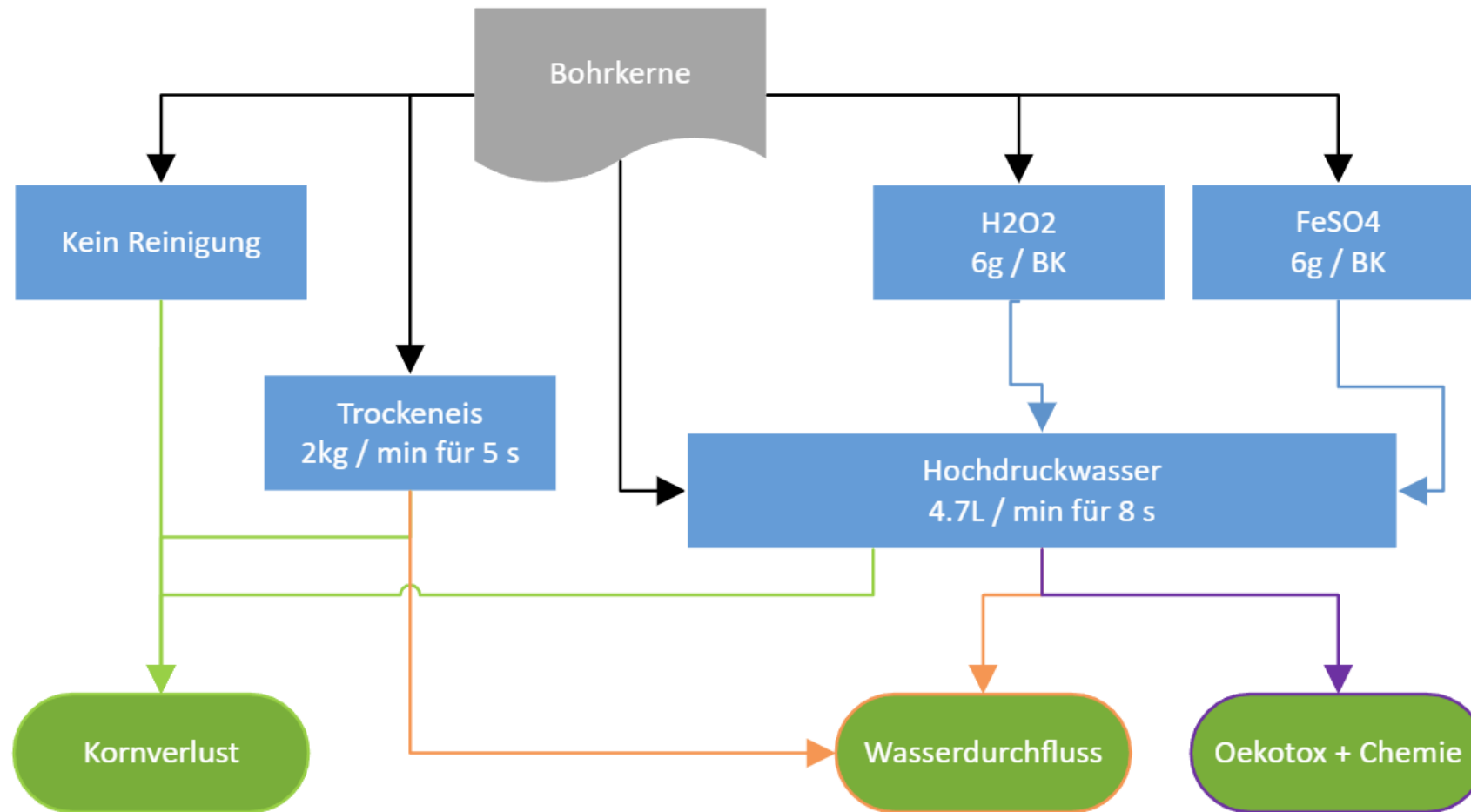
- Die BKs wurden aus dem SDA geschnitten
- Höhe OK; HR% weniger als erwartet



Rechts				Mittel				Links			
BK#	Höhe Ø	Raumdichte	Hohlraum.	BK#	Höhe Ø	Raumdichte	Hohlraum.	BK#	Höhe Ø	Raumdichte	Hohlraum.
	[mm]	[Mg/m3]	[%]		[mm]	[Mg/m3]	[%]		[mm]	[Mg/m3]	[%]
1	37.4	2.168	10.2	21	39.2	2.146	11.1	31	36.7	2.191	9.3
2	38.5	2.167	10.2	22	38.1	2.132	11.7	32	36.2	2.175	9.9
3	37.1	2.160	10.5	23	37.6	2.143	11.2	33	36.5	2.177	9.8
4	36.5	2.156	10.7	24	37.6	2.143	11.2	34	36.3	2.154	10.8
5	36.1	2.145	11.1	25	36.7	2.137	11.5	35	35.0	2.146	11.1
6	35.7	2.139	11.4	26	37.8	2.137	11.5	36	34.7	2.159	10.6
7	35.3	2.143	11.2	27	37.0	2.147	11.0	37	37.5	2.164	10.4
8	34.9	2.133	11.7	28	39.2	2.146	11.1	38	38.4	2.161	10.5
9	34.6	2.137	11.5	29	37.9	2.138	11.4	39	36.8	2.157	10.6
10	34.9	2.122	12.1	30	36.2	2.145	11.1	40	35.4	2.173	10.0
11	35.8	2.121	12.1					41	34.8	2.167	10.2
12	36.3	2.114	12.4					42	35.7	2.156	10.7
13	34.7	2.117	12.3					43	34.8	2.148	11.0
14	36.0	2.120	12.2					44	34.6	2.164	10.3
15	34.1	2.098	13.1					45	35.5	2.161	10.5
16	33.9	2.099	13.1					46	35.4	2.170	10.1
17	34.5	2.104	12.8					47	34.9	2.169	10.2
18	34.6	2.112	12.5					48	35.8	2.169	10.2
19	35.9	2.115	12.4					49	35.3	2.174	10.0
20	35.6	2.118	12.2					50	34.0	2.181	9.7

11 BKs > 12%
39 BKs < 12%

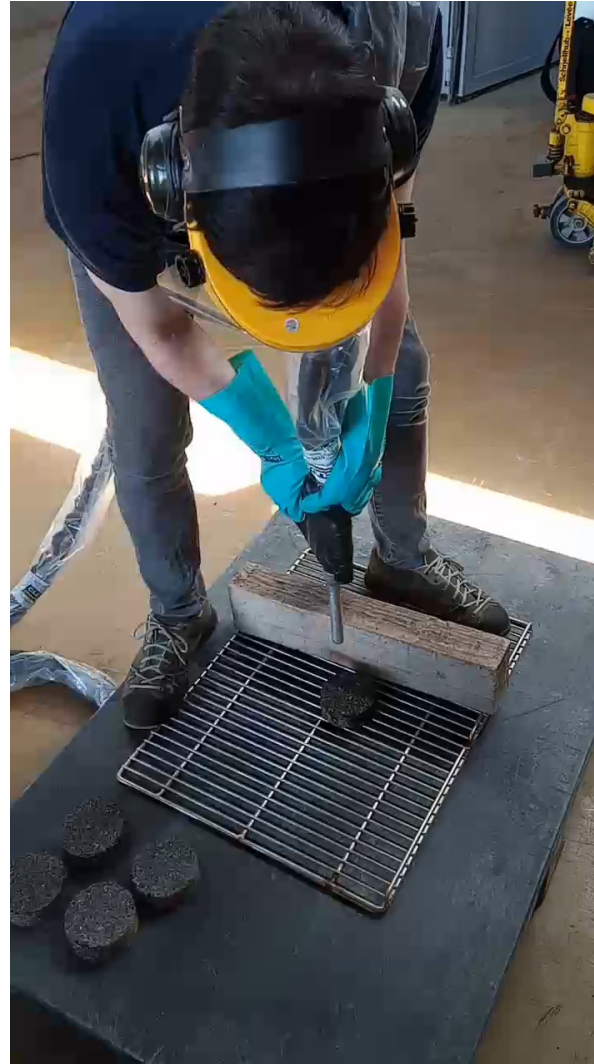
Reinigungsmethoden



Anwendung von Reinigungsmethoden

Trockeneis

- BK auf einem Grill liegend
- Trockeneisbehandlung während 5s



Parameter	Wert
Lieferant:	CleanSO Tech
Druck:	8 bar
Durchsatz:	2 kg/ min
Zeit:	5 s
Distanz:	15 cm

Anwendung von Reinigungsmethoden

Hochdruckwasser

- BK auf einem Grill liegend
- Hochdruckwasser für 8 s



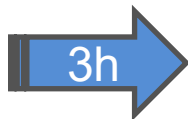
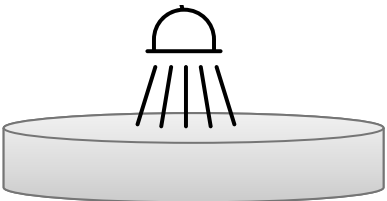
Parameter	Wert
Lieferant:	Bosch Easy Aquatak 110
Druck:	ca. 74 bar
Durchsatz:	4.7L/ min
Zeit:	8 s
Distanz:	15 cm

Anwendung von Reinigungsmethoden

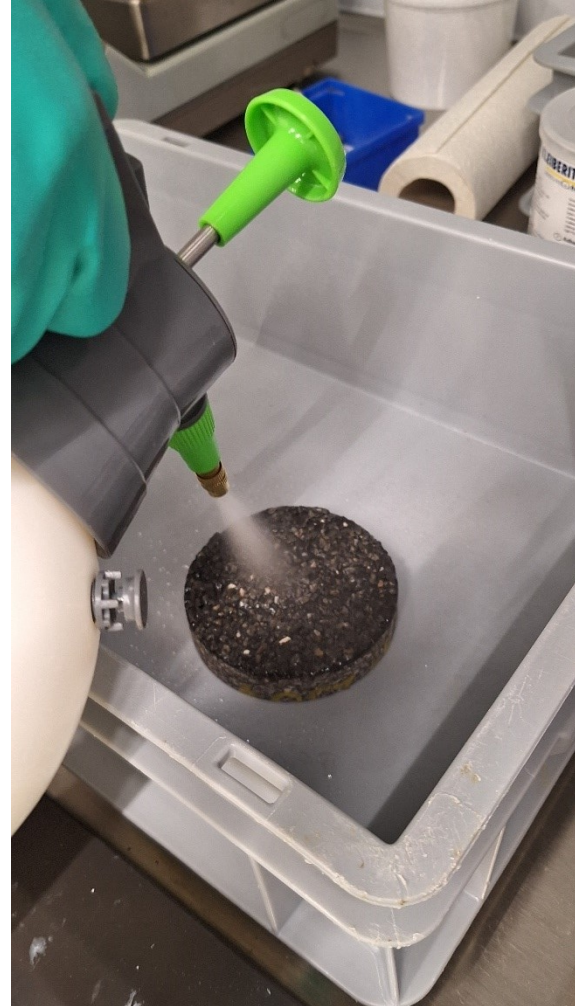
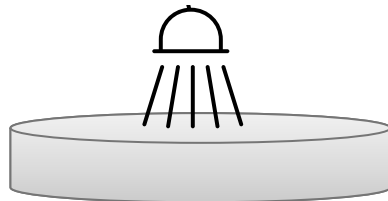
Chemie + Hochdruckwasser (HD)

- 6 ± 1 g H_2O_2 (6%) bei 1-2 bar
- FeSO_4 (1.5 g/L) bei 1-2 bar
- BK **3 Stunden** lang auf einem Grill liegend
- Hochdruckwasser für 8 s (wie auf der letzten Folie beschrieben)

Chemie



HD Wasser



Parameter	Wert
Druck:	1-2 bar
Durchsatz:	6 ± 1 g/BK
Distanz:	5 cm

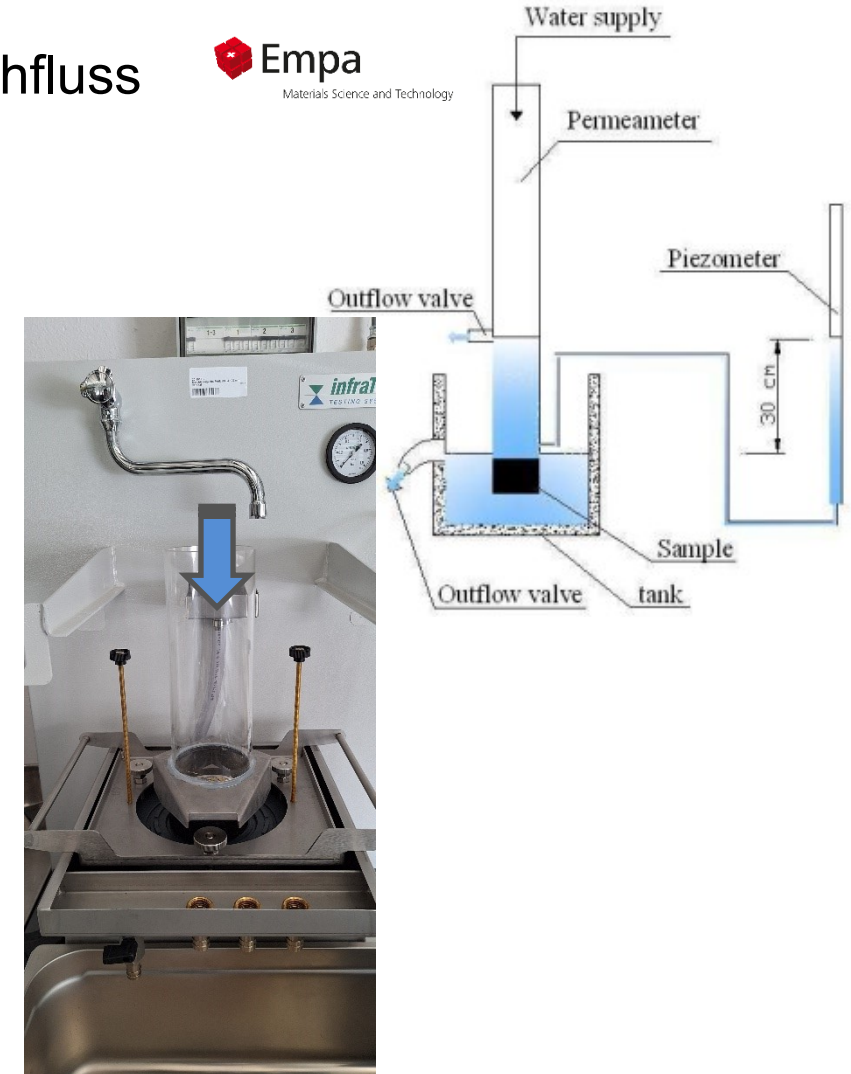
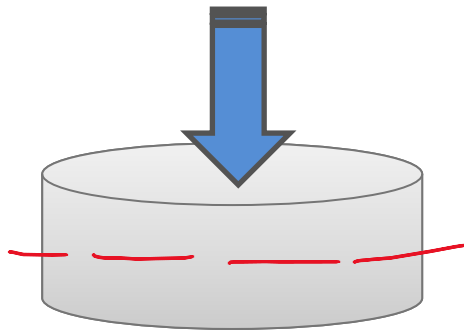
II. Prüfung Reinigungswirkung

Prüfung Reinigungswirkung

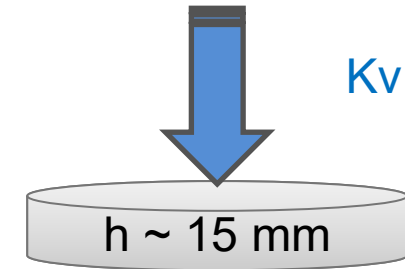
Reinigungseffekt: Hydraulische Leitfähigkeit/Wasserdurchfluss

EN 12697 -19 → modifiziert für SDA

- Wasser dringt nicht durch den 35-mm-BK
- Durchlaufzeit von 60s bis 10 min
- BKs geschnitten bis 15 mm
- Wasser kann durch 15 mm BKs dringen



Prüfung Reinigungswirkung: Resultaten



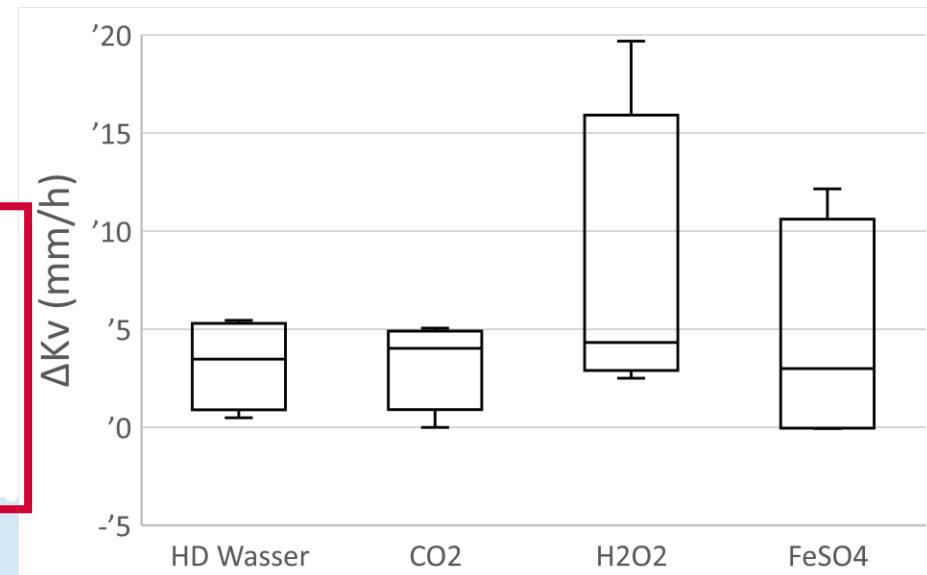
K_v = vertikale Durchlässigkeit in mm/h

ΔK_v = K_v (nach Reinigung - K_v (vor Reinigung))

Proben/ Reinigungsmethod N=4	Ø K_v vor Reinigung	Ø ΔK_v Nach Reinigung	ΔK_v Varianz
Control	0.275		
Hochdruck Wasser	0.217	3.222	2.024
Trockeneis CO ₂	0.203	3.273	1.962
H ₂ O ₂ (6%)	0.480	7.708	6.957
FeSO ₄ (1.5 g/L)	0.201	4.518	5.040

*Für Pörenasphalt, K_v ist 2000-10000 mm/h

- Varianz ist hoch
- Trockeneis $\approx$ HD Wasser
- **H₂O₂ nach HD Wasser bringt die beste Leistung**



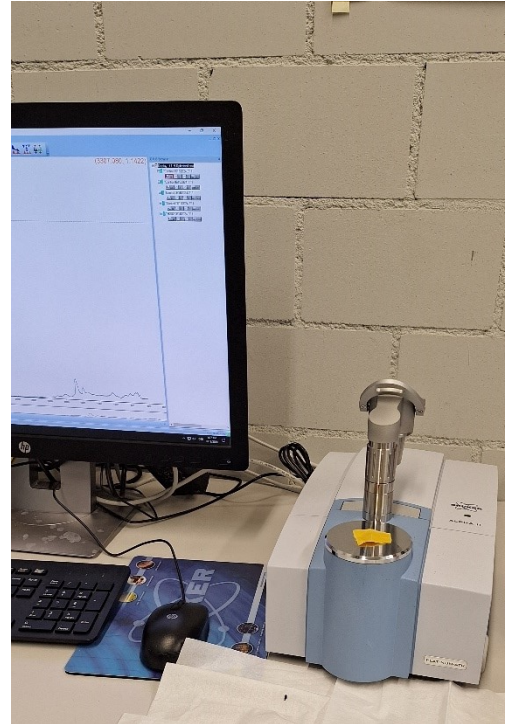
III. Prüfung Beschädigung

Prüfung Beschädigung - Chemie

Bitumen:

Extraktion und Rückgewinnung

- Von 3 BKs pro Reinigungsmethode



PMB Chemische Veränderung d. Reinigung:

FTIR-Spektrometer

600-4000 cm⁻¹

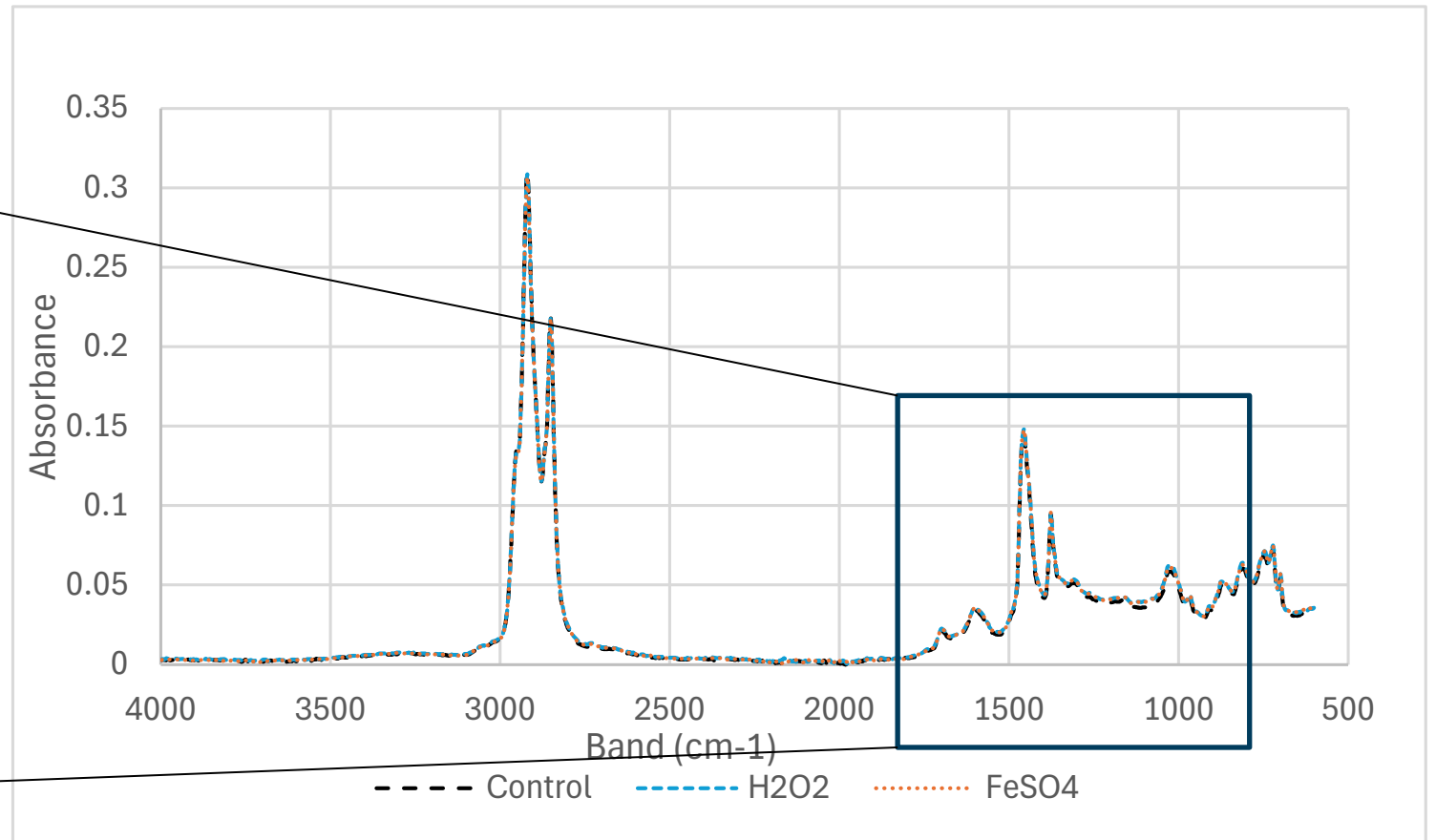
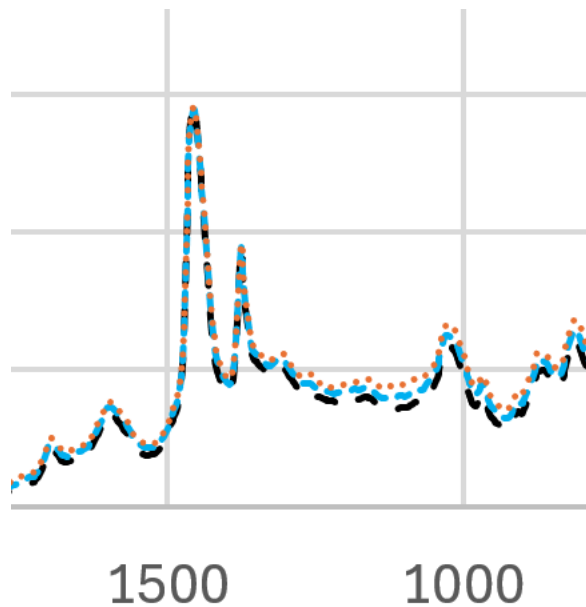
24 Scans

4 FTIR Proben pro Methode



Prüfung Beschädigung - Chemie

- > FTIR-Spektrometer Resultaten
- Normale PmB-Spektren
- Keine Veränderungen festgestellt



Prüfung Beschädigung Mischgut

Beschädigung: Kornverlust/ Cantabro Loss

EN 12697-17

- Mehr Massenverlust = schlechter
- Keine grossen Unterschiede



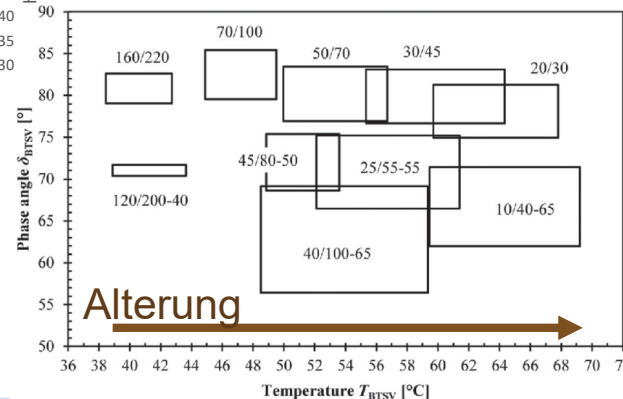
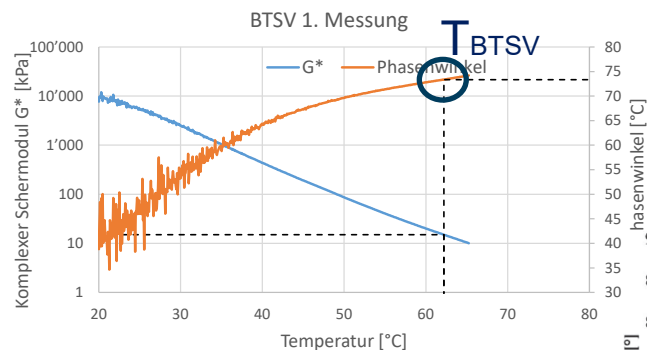
Proben/ Reinigungsmethod	Cantabro Loss	
	% Mass Loss	SD
Control	15.4	1.0
Hochdruck Wasser	15.2	1.4
Trockeneis CO ₂	14.6	1.6
H ₂ O ₂ (6%)	15.4	0.9
FeSO ₄ (1.5 g/L)	15.4	1.1





Prüfung Beschädigung - DSR

- > Bestimmung der Äqui-Schermodultemperatur und des Phasenwinkels im Dynamischen Scherrheometer (DSR) - BTSV-Prüfung
- > EN 17643
- > 3 Proben pro Methode

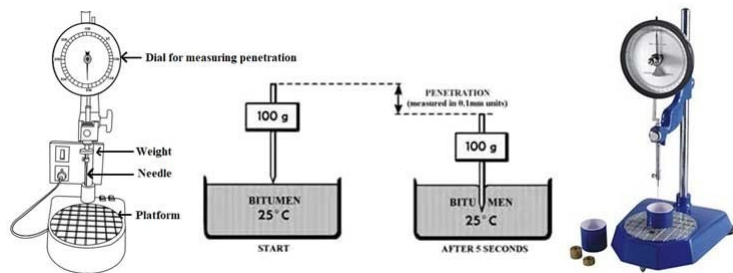


Proben/ Reinigungsmethode	BTSV	
	T (°C)	δ (°)
Control	52.7	72.9
H ₂ O ₂ (6%)	62.2	73.9
FeSO ₄ (1.5 g/L)	61.3	73.1

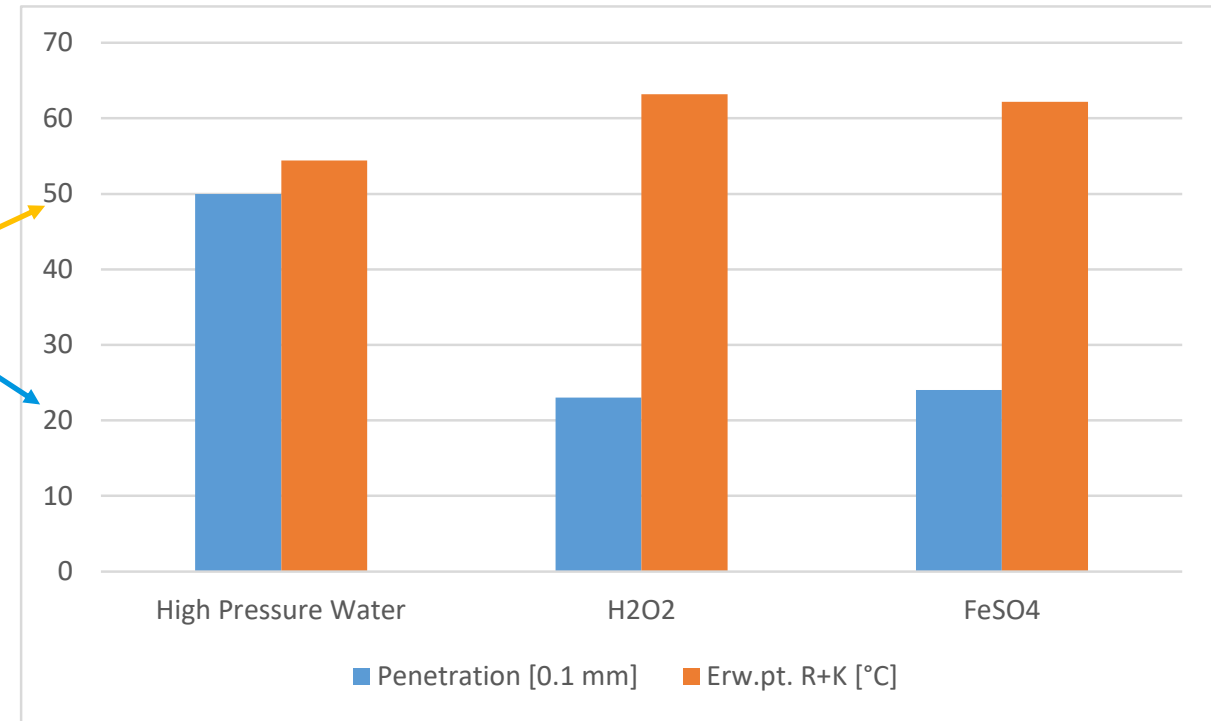
- Anstieg der BTSV-Temperatur deutet auf Bitumenalterung durch Chemikalien hin

Prüfung Beschädigung - Bitumen

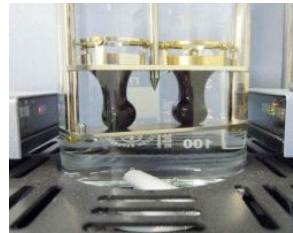
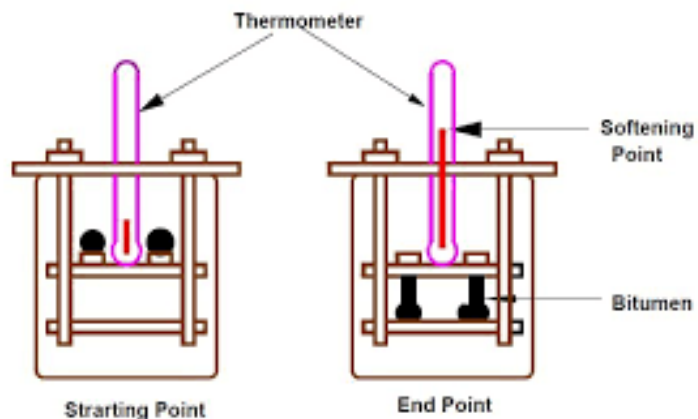
Penetration SN 670 511 EN 1426



Alterung



Ring und Kugel SN 670 512 EN 1427



➤ Erhöhte T_{R+K} , verringerte Penetration = Alterung

IV. Ökotoxikologie und Wasserchemie

Probenvorbereitung

- Blindprobe ohne Asphaltscheibe und Zusatzstoffe, jedoch mit Hochdruckreiniger
- Spülwasser einer Asphaltscheibe mit Hochdruckreiniger
- Spülwasser einer mit Fenton-Reagens (H_2O_2 , FeSO_4) behandelten Asphaltscheibe
- Spülwasser einer mit H_2O_2 behandelten Scheibe
- Proben z.T. trüb mit Schwebeteilchen und Sedimenten.
- Die Waschzeit von 8 Sekunden hat zu einer starken Reduktion der Konzentration (ca. Faktor 30) geführt gegenüber dem beim Strassenwaschen üblichen Wasserverbrauch.



- Normalerweise 1-5 L/m²
- 1L Wasser für 10 cm Ø Scheibe entspricht eher 130 L/m²
- Dass keiner der Tests eine toxische Wirkung zeigt, ist sehr wahrscheinlich der starken Verdünnung zuzuschreiben

Ökotoxizität

- Schweizerisches Zentrum für Ökotoxikologie
- Maximale Verdünnungsreihe, bis keine Toxizität mehr feststellbar ist.
- Leuchtbakterien $G_{lum.} \leq 8$
- Wasserflöhe $G_{Daph.} \leq 4$
- Tests für mutagenes Potential (umuC-Test) negativ
- Fischtests $G_{Fisch} \leq 4$

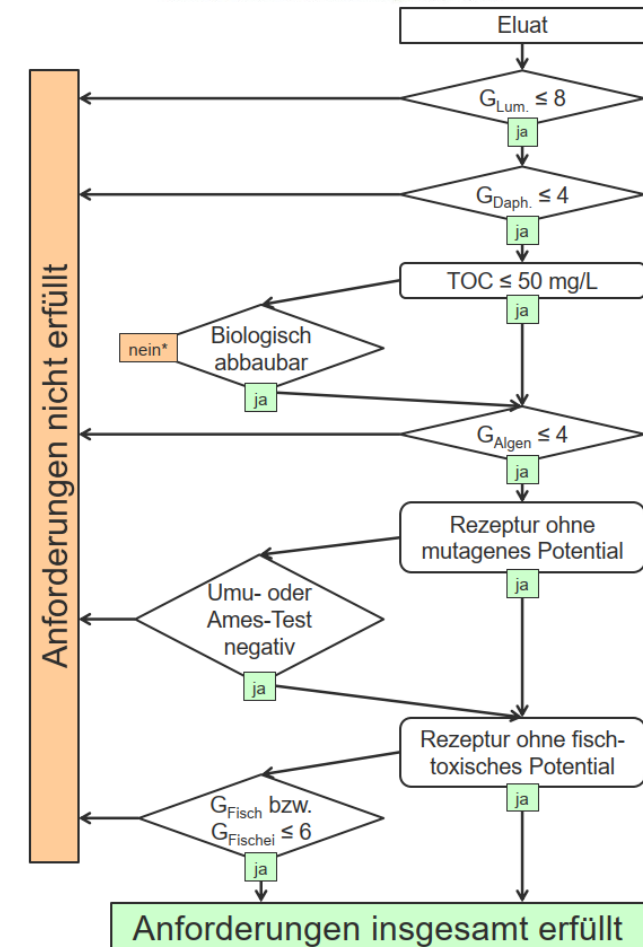


Abbildung 1. Schematische Darstellung des DIBt-Prüfschemas für Eluate von Baumaterialien (DIBt, 2011; Abbildung I.2).

Chemische Analyse

- Anforderungen an das Rückspülwasser von Strassen- und Schlammsammlern.
- Teil der Überprüfung der Abwasserqualität als Teil der Eigentkontrolle → muss den kantonalen Fachstellen regelmässig gesendet werden.

Parameter	Einheit	Einleitung in Gewässer	Grenzwerte ¹⁰	Einleitung in die öffentliche Kanalisation	Grenzwerte ¹¹
pH	–	+	6.5 bis 9.0	+	6.5 bis 9.0
Aspekte (Aussehen/Geruch)	–	+	–	–	–
Durchsichtigkeit nach Snellen	cm	+	7 ¹²	–	–
Gesamte ungelöste Stoffe (GUS)	mg/L	+	60 ¹²	–	–
Gelöster organischer Kohlenstoff (DOC)	mg/L	+	40 ¹²	–	–
Kohlenwasserstoff-Index (Gesamte Kohlenwasserstoffe)	mg/L	+	10	+	20
Blei gesamt (Pb)	mg/L	+	0.5	+	0.5
Kupfer gesamt (Cu)	mg/L	+	0.5	+	1
Zink (gesamt) (Zn)	mg/L	+	2	+	2

Interkantonales Merkblatt,
Saugfahrzeuge mit integrierter
Abwasservorbehandlung



Chemische Analyse

- Chemische Analyse durch NIUTEC
- Bericht Nr.2024.0590.01
- BG = Bestimmungsgrenze

Probenbezeichnung	Einheit	BG	H2O2 Asphalt	HD Wasser	GSchV Gew.	GSchV Kan.	GSchV Gew. Saugfahrgg.
Probenahme Datum			22.05.2024	22.05.2024			
Niutec Nr.			24.0590_001	24.0590_002			

Allgemeine Parameter							
Durchsichtigkeit n. Snellen	cm	1	3	3	>30		>7
Farbe			bräunlich/schwarzlich	bräunlich/schwarzlich			
Geruch			geruchslos	geruchslos			
Trübung			trüb	trüb			
pH Wert			8.0	8.0	6.5 - 9	6.5 - 9	6.5 - 9
Gesamte ungelöste Stoffe	GUS mg/l	2	689	602	20		60

Organische Summenparameter							
Dissolved Organic Carbon	C mg/l	0.8	1.4	1.4			40

Metalle und Halbmetalle gesamt Abwasser							
Blei	Pb mg/l	0.05	<0.05	<0.05	0.5	0.5	0.5
Kupfer	Cu mg/l	0.05	0.44	0.51	0.5	1	0.5
Zink	Zn mg/l	0.05	1.1	1.1	2	2	2

Kohlenwasserstoff-Index - KWI C10-C40							
KW C10-C40	mg/l	2	<2	<2	10	20	10

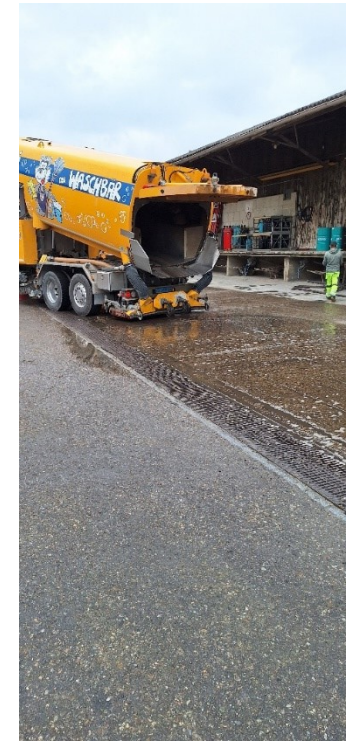
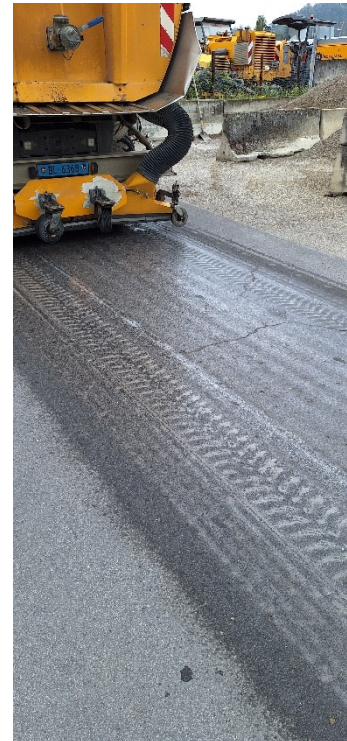
V. Schlussfolgerungen und Diskussion

Schlussfolgerungen

- Hinweis auf die Verbesserung der Wasserdurchlässigkeit bei allen Reinigungsmethoden
- H_2O_2 schien die Wirksamkeit der Hochdruckreinigung deutlich zu verbessern
- Trockeneis etwa so wirksam wie Hochdruck-Wasserreinigung
- Keine Beschädigung bemerkt von Reinigungsmethoden mit Kornausbruch und Spektrometrie
- Alterung von Bitumen durch Chemikalien, beobachtet mit verschiedenen physikalischen Tests
- Ökotox und chemische Analyse ergab keine schädlichen Auswirkungen, allerdings bei geringer Verdünnung.

Versuche Rotomill AG

> Versuche auf dem Parkplatz von Rotomill 05.09.2024



- Sichtbare Ausfransungen an der Oberfläche
- In den Rotomill-Sammeltanks gesammeltes Waschwasser

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Fragen? Kommentare?

dh@gundp.ch

Kontakt:

