
Frostprüfung an Asphalt

**Entwicklung eines Performance-
Prüfverfahrens an Asphalt zur
Beurteilung des Widerstands
gegen Frost-Tausalz-Beanspruchung
von Gesteinskörnungen**

Fachveröffentlichung der
Bundesanstalt für
Straßenwesen

Frostprüfung an Asphalt

Entwicklung eines Performance-Prüfverfahrens an Asphalt zur Beurteilung des Widerstands gegen Frost-Tausalz-Beanspruchung von Gesteinskörnungen

von

Thomas Wörner, Thomas Patzak, Sara Neidinger
Technische Universität München, Centrum Baustoffe und Materialprüfung,
Lehrstuhl für Werkstoffe und Werkstoffprüfung im Bauwesen

Impressum

Fachveröffentlichung zu Forschungsprojekt: 06.0101
Frostprüfung an Asphalt – Entwicklung eines Performance-Prüfverfahrens an Asphalt zur Beurteilung
des Widerstands gegen Frost-Tausalz-Beanspruchung von Gesteinskörnungen

Fachbetreuung:
Franz Bommert

Referat:
Asphaltbauweisen

Herausgeber:
Bundesanstalt für Straßenwesen
Brüderstraße 53, D-51427 Bergisch Gladbach
Telefon: (0 22 04) 43 - 0

<https://doi.org/10.60850/FV-S-06.0101>

Bergisch Gladbach, Juli 2024

Zu diesem Forschungsprojekt werden nur die Kurzfassung und der Kurzbericht veröffentlicht.
Die Langfassung des Schlussberichts kann auf Anfrage an verlag@bast.de zur Verfügung gestellt werden.

Es wird darauf hingewiesen, dass die unter dem Namen der Verfasser veröffentlichten Berichte nicht in jedem Fall die Ansicht des Herausgebers wiedergeben. Nachdruck und photomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Bundesanstalt für Straßenwesen, Stabsstelle Presse und Kommunikation.

Kurzfassung

Frostprüfung an Asphalt

Entwicklung eines Performance-Prüfverfahrens an Asphalt zur Beurteilung des Widerstands gegen Frost-Tausalz-Beanspruchung von Gesteinskörnungen

Asphaltfahrbahnen sind im Winter extremen Belastungen durch Frost-Tauwechsel und den Einsatz von Taumitteln ausgesetzt. Diese Beanspruchungen können zu einer starken Schädigung vor allem der Asphaltoberfläche führen. Die derzeit geltenden Anforderungen an die Gesteinskörnungen hinsichtlich des Widerstandes gegen Frost-Tausalzbeanspruchung sind empirisch begründet. Die sich in der Praxis einstellenden Veränderungen der Fahrbahnoberfläche – vor allem durch die Einwirkung von Frost-Tauwechseln in Verbindung mit Taumitteln – können derzeit aufgrund eines fehlenden Prüfverfahrens im Labor nicht nachgestellt werden.

Mit den Erkenntnissen aus den Untersuchungen wurde der Entwurf einer „Arbeitsanleitung zum CDF-Asphalt-Verfahren“ erarbeitet, auf den bei weiteren Versuchen zurückgegriffen werden kann.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Frostempfindlichkeit der untersuchten Asphaltproben – ausgedrückt mit der Oberflächenabwitterung – im Wesentlichen von den im Asphalt eingesetzten Gesteinskörnungen abhängt und nicht von den Randbedingungen beim Versuch bzw. der Vorbehandlung der Proben.

Mit dem CDF-Asphalt-Verfahren sollte ein Bewertungshintergrund aufgebaut werden, in den auch die Frost-Tausalzwerte der Gesteinskörnungen mit einfließen müssen. Nur so wird es möglich sein, genauere Differenzierungen zwischen einzelnen Gesteinskörnungen anstellen zu können. Nach derzeitigem Stand bestätigen die Ergebnisse die geltenden Anforderungen an die Gesteinskörnungen; Gesteinskörnungen mit anforderungsgerechten Eigenschaften im Frost-Tausalzversuch führen auch im Asphaltversuch zu geringen Oberflächenabwitterungen. Für das CDF-Asphalt-Verfahren kann ein Orientierungswert von 200 g/m² angesetzt werden. Die Präzisionsdaten sind zu ermitteln.

Das CDF-Asphalt-Verfahren kann auch zur Bewertung bereits beanspruchter Verkehrsflächen herangezogen werden. Welchen Einfluss die Versuche auf die Performance-Eigenschaften des Asphaltes haben, kann nicht abgeschätzt werden.

Abstract

Frost test on asphalt

Development of a performance test method on asphalt to assess the resistance of aggregates to freeze and de-icing agent stress

Asphalt roads are subjected to extreme loads during the winter due to freeze-thaw cycles and the use of de-icing agents. These stresses can lead to a severe damage to the asphalt surface. The currently applicable requirements for the resistance to freezing and thawing in the presence of salt are empirically based. The changes in the surface of the road, which have been set in practice, mainly due to the effects of freezing and thawing in connection with de-icing agents, can't be adjusted at present due to a lack of testing procedures in the laboratory.

The findings of the investigations have been used to develop a "working manual for the CDF asphalt test", which can be used in further experiments.

In summary, the freezing and thawing sensitivity of the asphalt samples tested, expressed in terms of surface scaling, essentially depends on the mineral aggregates used in the asphalt and not on the boundary conditions during the test or pretreatment of the samples.

The CDF asphalt test should be used to build up a background, which must also include the results of the determination of resistance to freezing and thawing in the presence of salt of the mineral aggregates. Only in this way it will be possible to make more precise differentiations between different aggregates. According to the current state, the results confirm the current requirements for the impact assessment; mineral aggregates with the required properties in the freeze-thaw test in the presence of salt also lead to low surface scaling in asphalt tests. For the CDF asphalt test, an orientation value of 200 g/m² can be established. The precision data shall be determined.

The CDF asphalt test can also be used for the evaluation of traffic areas which have already been used. The influence of the tests on the performance properties of the asphalt was not estimated.

KURZBERICHT

Frostprüfung an Asphalt

Entwicklung eines Performance-Prüfverfahrens an Asphalt zur Beurteilung des Widerstands gegen Frost-Tausalz-Beanspruchung von Gesteinskörnungen

1. EINLEITUNG

Asphaltfahrbahnen sind im Winter extremen Belastungen durch Frost-Tauwechsel und den Einsatz von Taumitteln ausgesetzt, die durch die Anzahl an Frost-Tauwechseln verstärkt werden. Diese Beanspruchungen können zu einer starken Schädigung vor allem der Asphaltoberfläche führen. Die hierfür verantwortlichen Schädigungsmechanismen und der Einfluss der verwendeten Taumittel kann bislang noch nicht hinreichend beschrieben werden. Die sich in der Praxis einstellenden Veränderungen der Fahrbahnoberfläche – vor allem durch die Einwirkung von Frost-Tauwechseln in Verbindung mit Taumitteln – können derzeit aufgrund eines fehlenden Prüfverfahrens im Labor nicht nachgestellt werden.

Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass Gesteinskörnungen bei den für Gesteinskörnungen üblichen Frostprüfungen ein anderes Verhalten zeigen, als in einem Asphalt. Vorliegende Schadensfälle zeigen auch auf, dass es in einer Asphaltbefestigung trotz positiver Gesteinsprüfung zu Schädigungen kommen kann. Daher ist die Entwicklung einer Asphaltprüfung von vorrangigem Interesse.

Vor einer vergleichbaren Fragestellung stand die Betonindustrie, als in großem Umfang Frostschäden z.B. bei Schleusen aufgetreten sind. In der Folge wurde unter anderem das CDF-Verfahren entwickelt, mit dem Betonproben praxisnah bei unterschiedlichen Zyklusdauern untersucht werden können. Bei diesem Verfahren werden plattenförmige Probekörper durch Frost-Tauwechsel unter einer 3 mm tiefen Schicht entionisierten Wassers oder einer 3 %-igen NaCl-Lösung beansprucht. Der Frost-Tausalz-Widerstand wird durch Ermittlung der Masse des von der Platte abgewitterten Materials beurteilt. Als Anforderungswert (Abnahmekriterium) werden häufig Abwitterungen von 500 g/m² herangezogen.

Bei dem CDF-Verfahren liegt die Probe so in der Prüfeinrichtung, dass sie die Prüflösung aufsaugen kann. Im Gegensatz zu Betonen weist Asphalt kein starkes Saugvermögen auf, eine Anordnung wie bei den Betonprobekörpern ist daher nicht zwingend erforderlich, es kann ggf. auch mit Proben gearbeitet werden, die von Oben mit Prüflüssigkeit beaufschlagt werden.

2. METHODIK DES VORGEHENS

Insgesamt wurden sechs unterschiedliche Gesteinskörnungen für die Untersuchungen ausgewählt (Tabelle 1). Diese Gesteinskörnungen sollen sich hinsichtlich ihres Frostverhaltens deutlich unterscheiden. In die Untersuchungen einbezogen wurden ein Asphaltbeton (AC 11 D S), ein

Splittmastixasphalt (SMA 11 S) und orientierend ein offenporiger Asphalt (PA 11). Die Variation der sechs unterschiedlichen Gesteinskörnungen erfolgte nur in der größten Kornklasse (8/11 mm), die anderen Anteile des Gesteinskörnungsgemisches wurden konstant gehalten, um den direkten Einfluss der Gesteinskörnungen miteinander vergleichen zu können. Für alle Asphalte kamen daher ein Kalksteinfüller, eine gebrochene feine Gesteinskörnung aus Diabas und gebrochene grobe Gesteinskörnungen 2/5 und 5/8 mm aus Granit zum Einsatz.

Mit den im Labor hergestellten Asphalten wurden Probepplatten mit dem Walzsektorverdichter hergestellt. Vor Durchführung der Frostversuche an Asphalt sind die Oberflächen der im Walzsektorverdichter hergestellten Asphalt-Probekörper durch Sandstrahlen vom Mörtelfilm zu befreien, um die groben Gesteinskörnung frei zu legen, so dass sie einem direkten Angriff ausgesetzt sind.

	Gesteinsart	Herkunftsland	Erwarteter F_{EC}	Ermittelter F_{EC}
GK 1	Granit	Bayern	< 1 M.-%	0,3 M.-%
GK 2	Kalkstein	Bayern	15 M.-%	15,0 M.-%
GK 3	Kies gebrochen	Bayern	8 M.-%	1,9 M.-%
GK 4 *	Diabas	Bayern	5 M.-%	1,5 M.-%
GK 5	Diabas	Thüringen	20 M.-%	10,4 M.-%
GK 6	Grauwacke	Thüringen	8 M.-%	8,7 M.-%
GK 7	Andesit	Thüringen		45,1 M.-%

* bei den Versuchen nicht berücksichtigt

Tabelle 1: Ausgewählte Gesteinskörnungen 8/11 mm für die Frostversuche an Asphalt

Im Rahmen von vergleichenden Untersuchungen an zwei Gesteinskörnungen (GK 1 und GK 2) mit dem CDF-Test (Beaufschlagung von unten) und dem CDF-Slab-Test (Beaufschlagung von oben) konnte gezeigt werden, dass die weiteren Versuche mit dem CDF-Test, d.h. mit dem Angebot an NaCl-Lösung von unten, durchgeführt werden, da dieser Versuchstyp zu einer größeren Spreizung der Ergebnisse führt und hierdurch die unterschiedlichen Gesteinskörnungen besser differenziert werden können. Da die Oberflächenabwitterung linear erfolgt, ist es möglich, die Anzahl der Zyklen – wie beim Betonversuch – auf 28 Zyklen für die Routineprüfung zu reduzieren. In Tabelle 2 sind die geprüften Versuchsvarianten zusammengestellt.

			GK 1	GK 3	GK 6	GK 5	GK 2	GK 7
AC 11 D S	TM 1	k=100%	1-6					1-6
			13-18	13-18	13-18	13-18	13-18	13-18
			33-38	33-38	33-38	33-38	33-38	33-38
		k=97%	21-26	21-26	21-26	21-26	21-26	21-26
			42-46	42-46	42-46	42-46	42-46	42-46
		k=97%, wassergesättigt	27-32	27-32	27-32	27-32	27-32	27-32
		k=100%, Hitze	69-74					69-74
	k=100%, PmB	53-58					53-58	
	k=100%, PmB, wenig Mörtel	61-66					61-66	
	TM 2	k=100%, Kalkhydrat	85-90					
		k=97%	47-52	47-52	47-52	47-52	47-52	47-52
SMA 11 S	TM 1	k=100%	100-105					100-105
			112-117	112-117	112-117	112-117	112-117	112-117
			132-137	132-137	132-137	132-137	132-137	132-137
		k=97%	120-125	120-125	120-125	120-125	120-125	120-125
			140-145	140-145	140-145	140-145	140-145	140-145
	k=97%, wassergesättigt	126-131	126-131	126-131	126-131	126-131	126-131	
	k=100%, Hitze	156-161					156-161	
TM 2	k=97%	146-151	146-151	146-151	146-151	146-151	146-151	
PA 11	TM 1	k=100%	200-205					200-205

Tabelle 2: Übersicht über die geprüften Varianten mit Angabe der Probekörpernummern

3. VERSUCHSERGEBNISSE

Die Verläufe der Oberflächenabwitterung an den untersuchten Proben sind beispielhaft für den Splittmastixasphalt mit Gesteinskörnung GK 7 bei einem Verdichtungsgrad von 100 % und NaCl-Lösung als Prüflüssigkeit in Bild 1 dargestellt. Für die nachfolgenden Auswertungen werden nur die Mittelwerte der einzelnen Serien nach 28 Frost-Tau-Wechseln herangezogen.

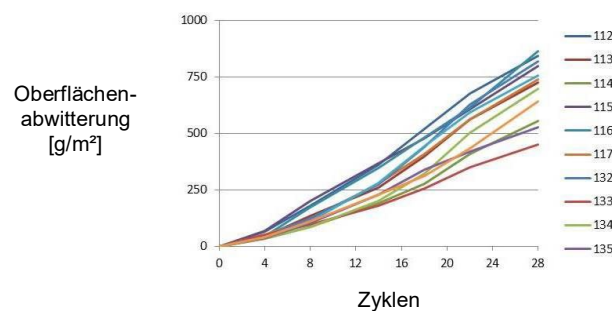


Bild 1: Verlauf der Oberflächenabwitterung bei dem Splittmastixasphalt mit Gesteinskörnung GK 7 (k=100 %, NaCl-Lösung)

Bild 2 gibt einen Überblick über die Ergebnisse der einzelnen Prüfvarianten des Asphaltbetons und des Splittmastixasphaltes. Im Nachgang wird der Einfluss der einzelnen Prüfparameter näher beleuchtet.

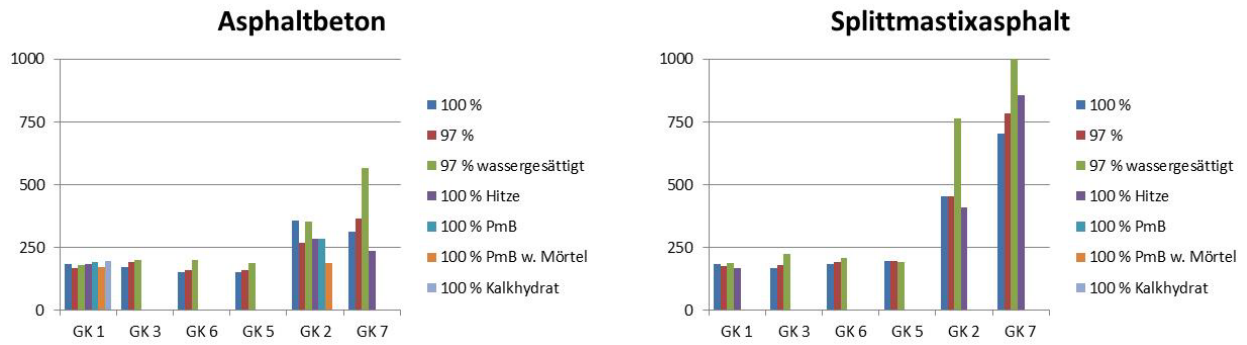


Bild 2: Gesamtübersicht über die Ergebnisse nach 28 Frost-Tau-Wechseln im CDF-Versuch an dem AC 11 D S (links) und dem SMA 11 S (rechts) mit den unterschiedlichen Gesteinskörnungen und den verschiedenen Prüfparametern

Grundsätzlich ist aus Bild 2 ersichtlich, dass die Gesteinskörnungen mit Absplitterungen im Frost-Tausalz-Versuch von bis 10 M.-% im CDF-Verfahren auf einem relativ einheitlichen Niveau im Bereich von 200 g/m² an Oberflächenabwitterungen liegen. Bei den Gesteinskörnungen mit höheren Absplitterungen im Frost-Tausalz-Versuch ergeben sich auch höhere Oberflächenabwitterungen, vor allem bei den Splittmastixasphalt. Die einzelnen Prüfparameter scheinen keinen gravierenden Einfluss zu haben.

Bei den Versuchen, bei denen der Asphalt einen Verdichtungsgrad von 100 % aufweist, ergeben sich bei Gesteinskörnungen mit geringen Absplitterungen im Frost-Tausalz-Versuch auch im CDF-Versuch für den Asphaltbeton und den Splittmastixasphalt geringe Oberflächenabwitterungen, die dann bei den Gesteinskörnungen mit höheren Abwitterungen im Frost-Tausalz-Versuch deutlich ansteigen, was sich vor allem beim Splittmastixasphalt zeigt. Noch deutlicher tritt der Unterschied bei dem offenporigen Asphalt zu Tage. Liegen die Oberflächenabwitterungen für die GK 1 und GK 2 mit rund 380 g/m² auf vergleichbarem Niveau so steigt der Wert für die Gesteinskörnung 7, die im Frost-Tausalz-Versuch eine Absplitterung von 45 M.-% aufwies, auf über 9000 g/m². Bild 3 zeigt einen Probekörper aus PA 11 vor und nach dem CDF-Versuch dargestellt; es ist zu erkennen, dass sich ganze Einzelkörner aus dem Asphaltverbund gelöst haben, was zu dem hohen Wert für die Oberflächenabwitterung führt. Hieraus ist auch erklärlich, weshalb bei dem Splittmastixasphalt auch höhere Werte bei den ungünstigeren Gesteinskörnungen ergeben, da auch hier ganze Körner aus dem Verbund gerissen werden.



Bild 3 Probekörper des offenporigen Asphaltes mit Gesteinskörnung GK 7 vor (links) und nach (rechts) den 28 Frost-Tau-Wechseln im CDF-Versuch

Die gesamten Untersuchungsvarianten sind wie folgt zu bewerten:

- Eine Reduzierung des Verdichtungsgrades führt nicht zu einer Erhöhung der Oberflächenabwitterungen.
- Bei wasser- bzw. tausalzgesättigten Probekörpern zeigt sich ein Anstieg der Abwitterungen gegenüber den Probekörpern ohne Sättigung. Der Anstieg ist auffällig bei den Splittmastixasphalten mit den Gesteinskörnungen 2 und 7, bei der Gesteinskörnung 7 auch beim Asphaltbeton.
- Werden die Gesteinskörnungen vor der Asphaltherstellung einer Hitzebeanspruchung ausgesetzt, so ergeben sich nur bei GK 7 im Splittmastixasphalt ungünstigere Werte für die Oberflächenabwitterung.
- Die Verwendung von Kalkhydrat hat keinen Einfluss auf die Oberflächenabwitterung.
- Bei Verwendung einer Natriumformiat-Lösung anstelle der NaCl-Lösung fallen die Oberflächenabwitterungen tendenziell höher aus. Vor allem die Gesteinskörnung 2 (Kalkstein) spricht auf das Natriumformiat an.
- Für die Anwendung des Versuches in der Praxis sollten Serien zu sechs Probekörpern bei der Prüfung herangezogen werden.
- Die bei den Untersuchungen abgeschätzte Wiederholpräzision liegt im Bereich der von Betonversuchen bekannten Präzision.

4. ZUSAMMENFASSUNG

Asphaltfahrbahnen sind im Winter extremen Belastungen durch Frost-Tauwechsel und den Einsatz von Taumitteln ausgesetzt, die durch die Anzahl an Frost-Tauwechseln verstärkt werden. Diese Beanspruchungen können zu einer starken Schädigung vor allem der Asphaltoberfläche führen. Die derzeit geltenden Anforderungen an die Gesteinskörnungen hinsichtlich des Widerstandes gegen Frost-Tausalzbeanspruchung sind empirisch begründet. Die im Labor ermittelten Prüfwerte und die in der Praxis beobachteten Veränderungen der Fahrbahnoberflächen (Kornausbrüche, Kornzerfall) korrelieren selten eindeutig. Die sich in der Praxis einstellenden

Veränderungen der Fahrbahnoberfläche – vor allem durch die Einwirkung von Frost-Tauwechselln in Verbindung mit Taumitteln – können derzeit aufgrund eines fehlenden Prüfverfahrens im Labor nicht nachgestellt werden. In Bezug auf den Asphaltstraßenbau sind nur die Anforderungen an die Gesteinskörnungen verfügbar.

Die Auswahl der Gesteinskörnungen 8/11 mm für die Hauptversuche mit dem CDF-Verfahren erfolgte anhand der zu erwartenden Absplitterungen im Frost-Tausalz-Versuch. Die ausgewählten sechs Gesteinskörnungen wiesen Absplitterungswerte von 0,3 M.-%, 1,9 M.-%, 8,7 M.-%, 10,4 M.-%, 15,0 M.-% und 45,1 M.-% auf.

Bei einer ersten Auswertung konnte festgestellt werden, dass für die Anwendung des Prüfverfahrens mindestens sechs Probekörper zu einer Serie zusammengefasst werden müssen. Mit den Erkenntnissen aus den Hauptversuchen wurde der Entwurf einer „Arbeitsanleitung zum CDF-Asphalt-Verfahren“ erarbeitet, auf den bei weiteren Versuchen zurückgegriffen werden kann.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Frostempfindlichkeit der untersuchten Asphaltproben – ausgedrückt mit der Oberflächenabwitterung – im Wesentlichen von den im Asphalt eingesetzten Gesteinskörnungen abhängt und nicht von den Randbedingungen beim Versuch bzw. der Vorbehandlung der Proben.

Mit dem CDF-Asphalt-Verfahren sollte ein Bewertungshintergrund aufgebaut werden, in den auch die Frost-Tausalzwerte der Gesteinskörnungen mit einfließen müssen. Nur so wird es möglich sein, genauere Differenzierungen zwischen einzelnen Gesteinskörnungen anstellen zu können. Nach derzeitigem Stand bestätigen die Ergebnisse die derzeit geltenden Anforderungen an die Gesteinskörnungen. Dies bedeutet, dass Gesteinskörnungen mit anforderungsgerechten Eigenschaften im Frost-Tausalzversuch auch im Asphaltversuch zu geringen Oberflächenabwitterungen führen; für das CDF-Asphalt-Verfahren kann ein Orientierungswert von 200 g/m² angesetzt werden. Die Präzisionsdaten des Verfahrens sind in einem Ringversuch zu ermitteln.

Das CDF-Asphalt-Verfahren kann auch zur Bewertung bereits beanspruchter Verkehrsflächen herangezogen werden, um gegebenenfalls noch zu erwartende Schädigungen abschätzen zu können.

Welchen Einfluss die Versuche auf die Asphalteeigenschaften (Kälteverhalten, Ermüdungseigenschaften, Verformungsverhalten) haben, kann aufgrund der durchgeführten Versuche nicht abgeschätzt werden.

SUMMARY

Frost test on asphalt

Development of a performance test method on asphalt to assess the resistance of aggregates to freeze and de-icing agent stress

1. INTRODUCTION

Asphalt roads are subjected to extreme loads during the winter due to freeze-thaw cycles and the use of de-icing agents, which are reinforced by the number of freeze-thaw cycles. These stresses can lead to a severe damage to the asphalt surface. The damage mechanisms responsible for this and the influence of the used agents can't yet be sufficiently described. The changes in the surface of the road, which are set in practice, mainly due to the effect of freezing and thawing in connection with de-icing agents, can't be adjusted at present due to a lack of testing in the laboratory.

It can't be ruled out that aggregates show a different behavior in the usual freeze-thaw tests than in an asphalt. These cases of damage also show that damages can occur in an asphalt despite a positive test on the aggregates. Therefore, the development of an asphalt test is of prime importance.

Prior to a comparable question, the concrete industry was faced with a high degree of frost damages, e.g. in the case of locks. As a result, the CDF method was developed with which concrete samples can be tested practically at different cycle durations. In this method, plate-shaped test specimens are subjected to a freeze-thaw cycle under a 3 mm deep layer of deionized water or a 3% NaCl solution. The resistance to freezing and thawing is evaluated by determining the mass of the material weathered of the plate. As a requirement (acceptance criterion), weathering of 500 g/m² is often used.

In the case of the CDF method, the sample is located in the test device so that it can suck up the test solution. In contrast to concrete, asphalt does not have a high suction power, so same arrangement as in the case of the concrete samples is not absolutely necessary; it is also possible to work with samples which are subjected to test solution from above.

2. METHODOLOGY OF THE PROCEDURE

A total of six different aggregates were selected for the tests (Table 1). These aggregates should differ significantly in their freezing and thawing behavior. An asphalt concrete (AC 11 D S), a stone mastic asphalt (SMA 11 S) and a porous asphalt (PA 11) were used in the tests. The variation of the six different aggregates was only in the largest grain class (8/11 mm), the other parts of the mixture were kept constant in order to be able to compare the direct influence of the different aggregates. For all asphalts, therefore, a limestone filler, a broken fine aggregate of rocks from diabas and crushed coarse aggregates 2/5 and 5/8 mm (granite) were used. With the asphalts produced in the laboratory, asphalt slabs were produced with the roller compactor. Before carrying out the asphalt freeze-thaw-tests, the surfaces of the asphalt specimens produced in the roller compactor are to be freed from the mortar film by sandblasting in order to expose the coarse aggregate so that they are exposed to a direct attack.

	Aggregate	region of origin	expected F_{EC}	determined F_{EC}
GK 1	Granite	Bavaria	< 1 M.-%	0,3 M.-%
GK 2	Limestone	Bavaria	15 M.-%	15,0 M.-%
GK 3	Crushed gravel	Bavaria	8 M.-%	1,9 M.-%
GK 4 *	Diabase	Bavaria	5 M.-%	1,5 M.-%
GK 5	Diabase	Thuringia	20 M.-%	10,4 M.-%
GK 6	Greywacke	Thuringia	8 M.-%	8,7 M.-%
GK 7*	Andesite	Thuringia		45,1 M.-%

* not taken into account in the experiments

Table 1: selected coarse aggregate 8/11 mm for asphalt tests

In the course of comparative investigations on two aggregates (GK 1 and GK 2) with the CDF test (exposure from below) and the CDF-Slab test (exposure from above), it was shown that the further experiments should be conducted with the CDF test, this means with the supply of NaCl solution from below, since this type of experiment leads to a greater spreading of the results and thus the different aggregates can be better differentiated. Since the surface weathering is linear, it is possible to reduce the number of cycles - as in the case of the concrete test - to 28 cycles for routine testing. Table 2 shows the tested test variants.

			GK 1	GK 3	GK 6	GK 5	GK 2	GK 7
AC 11 D S	TM 1	k=100%	1-6				1-6	
			13-18	13-18	13-18	13-18	13-18	13-18
			33-38	33-38	33-38	33-38	33-38	33-38
		k=97%	21-26	21-26	21-26	21-26	21-26	21-26
			42-46	42-46	42-46	42-46	42-46	42-46
		k=97%, wassergesättigt	27-32	27-32	27-32	27-32	27-32	27-32
		k=100%, Hitze	69-74				69-74	69-74
		k=100%, PmB	53-58				53-58	
	k=100%, PmB, wenig Mörtel	61-66				61-66		
	k=100%, Kalkhydrat	85-90						
TM 2	k=97%	47-52	47-52	47-52	47-52	47-52	47-52	
SMA 11 S	TM 1	k=100%	100-105				100-105	
			112-117	112-117	112-117	112-117	112-117	112-117
			132-137	132-137	132-137	132-137	132-137	132-137
		k=97%	120-125	120-125	120-125	120-125	120-125	120-125
			140-145	140-145	140-145	140-145	140-145	140-145
	k=97%, wassergesättigt	126-131	126-131	126-131	126-131	126-131	126-131	
k=100%, Hitze	156-161				156-161	156-161		
TM 2	k=97%	146-151	146-151	146-151	146-151	146-151	146-151	
PA 11	TM 1	k=100%	200-205					200-205

Table 2: Overview of the tested variants, including the sample numbers

3. TEST RESULTS

The shape of the curve of the surface weathering on the samples are shown as examples for the stone mastic asphalt (SMA) with aggregate GK 7 and a compaction degree of 100% and NaCl solution as test liquid in Fig. 1. For the subsequent evaluations, only the mean values of the individual series are used after 28 freeze-thaw cycles.

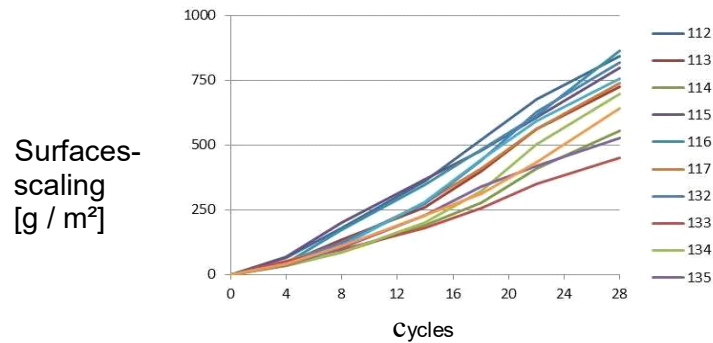


Figure 1: Course of surface weathering in the stone mastic asphalt (SMA) with aggregate GK 7 ($k = 100\%$, NaCl solution)

Figure 2 gives an overview of the results of the test variants for the asphalt concrete AC (left) and the stone mastic asphalt SMA (right). The influence of the individual test parameters will be discussed in more detail below.

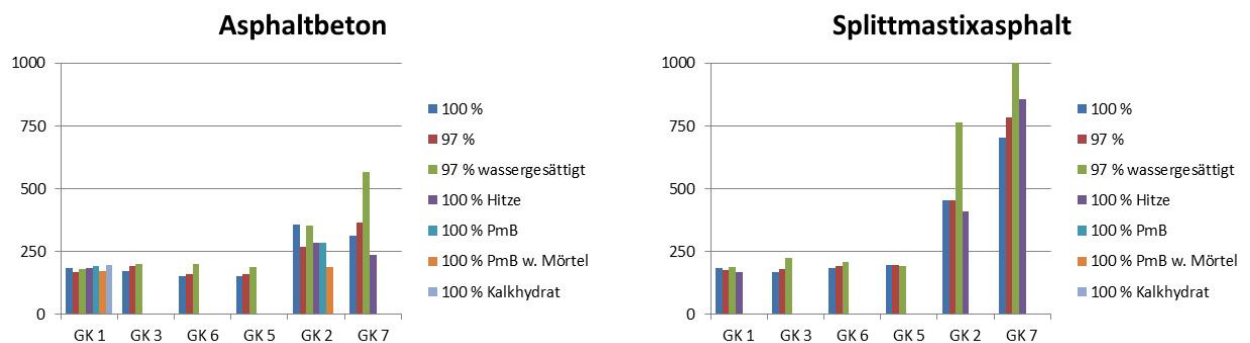


Figure 2: Overview of the results after 28 freeze-thaw cycles in the CDF asphalt test on the AC 11 D S (left) and the SMA 11 S (right) with different aggregates and different test parameters

As a matter of principle, it can be seen in FIG. 2 that those aggregates which have a loss of mass in the freeze-thaw test of up to 10% by mass show in the CDF asphalt test a relatively uniform level in the range of 200 g / m² in surface weathering. In the case of the aggregates with higher loss of mass in the freeze-thaw test, higher surface weathering results, especially in the case of the SMA, appear. The test parameters seem not to have any serious influence.

In the tests in which the asphalt samples have a compaction degree of 100%, little surface weathering is obtained for the asphalt concrete and the stone mastic asphalt, with an increasing loss of mass in the aggregate test the weathering in the CDF asphalt test is increasing, what is particularly noticeable for the stone mastic asphalt. The difference in porous asphalt is even more pronounced. If the surface weathering for the GK 1 and GK 2 is at a comparable level of around 380 g/m², the value for GK 7, which showed in the freeze-thaw test in the presence of salt a loss of mass of 45% by weight, the weathering in the CDF asphalt test increases to over 9000 g/m². Figure 3 shows a sample of PA 11 before and after the CDF asphalt test; it can be seen that complete grains have dissolved from the asphalt, which leads to the high value for surface weathering. From this it is also understandable why, in the case of the stone mastic asphalt, higher values are also obtained in the case of the less favorable aggregates, since whole grains are also torn from the surface.



Figure 3 Test specimen of the porous asphalt (PA) with GK 7 before (left) and after (right) the 28 freeze-thaw cycles in the CDF asphalt test

The entire examination variants should be evaluated as follows:

- A reduction of the compaction degree does not lead to an increase in surface weathering.
- In the case of samples saturated with NaCl-solution, there is an increase in the weathering in comparison to the test specimens without saturation. The results is conspicuous for the stone mastic asphalts with the aggregates GK 2 and GK 7, and for GK 7 also in the asphalt concrete.
- If the aggregate grains are exposed to heat prior to asphalt production, only GK 7 in the stone mastic asphalt will produce less favorable values for surface weathering.
- The use of hydrated lime has no influence on surface weathering.
- If a sodium formate solution is used in place of the NaCl solution, the surface weathering will tend to be higher. Above all, GK 2 (limestone) is sensitive for the sodium formate.
- For the application of the test in practice, series of six test specimens should be used in the test.
- The repeatability of the CDF asphalt test estimated during the investigations is in the range of the precision known from concrete tests.

4. SUMMARY

Asphalt roads are subjected to extreme loads during the winter due to freeze-thaw cycles and the use of de-icing agents, which are reinforced by the number of freeze-thaw cycles. These stresses can lead to a severe damage to the asphalt surface. The currently applicable requirements for the impact resistance to freezing and thawing in the presence of salt loading are empirically justified. The test values determined in the laboratory and the observed changes in the road surfaces (grain burst, grain decay) rarely correlate clearly. The changes in the surface of the road, which are set in practice, mainly due to the effect of freezing and thawing in connection with de-icing agents, can't be adjusted at present due to a lack of testing in the laboratory. With regard to the asphalt road construction, only the requirements for the aggregates are available.

The selection of the coarse aggregate 8/11 mm for the main tests with the CDF asphalt test was carried out on the basis of the expected loss of mass in the freeze-thaw test. The six

selected aggregates had a loss of mass of 0.3% by weight, 1.9% by weight, 8.7% by weight, 10.4% by weight, 15.0% by weight and 45.1% by weight.

In an initial evaluation it could be stated that for the application of the test method, at least six test specimens must be combined into one series. With the findings from the main trials, the draft "working manual for the CDF asphalt test" was developed, which can be used in further experiments.

In summary, the resistance to freezing and thawing in the presence of salt of the asphalt samples tested, expressed in terms of weathering, is essentially dependent on the mineral aggregates used in the asphalt and not on the boundary conditions during the test or pretreatment of the samples.

The CDF asphalt test should be used to build up a background, which must also include the results of the determination of resistance to freezing and thawing in the presence of salt of the mineral aggregates. Only in this way it will be possible to make more precise differentiations between different aggregates. According to the current state, the results confirm the current requirements for the impact assessment; mineral aggregates with the required properties in the freeze-thaw test in the presence of salt also lead to low surface scaling in asphalt tests. For the CDF asphalt test, an orientation value of 200 g/m² can be established. The precision data shall be determined.

The CDF asphalt process can also be used to assess the traffic areas already used, in order to be able to estimate any damage that may still be expected.

The influence of freezing and thawing on the asphalts properties (cold behavior, fatigue properties, deformation behavior) can't be estimated on the basis of the experiments carried out.