

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

FA 6.101

Forschungsstelle: Technische Universität München, Centrum Baustoffe und Materialprüfung, Lehrstuhl für Werkstoffe und Werkstoffprüfung im Bauwesen (Prof. Dr.-Ing. C. Gehlen)

Bearbeiter: Neidinger, S. / Patzak, T. / Wörner, T.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Bonn

Abschluss: November 2017

1 Einleitung

Asphaltfahrbahnen sind im Winter extremen Belastungen durch Frost-Tau-Wechsel und den Einsatz von Taumitteln ausgesetzt, die durch die Anzahl an Frost-Tau-Wechseln verstärkt werden. Diese Beanspruchungen können zu einer starken Schädigung vor allem der Asphaltoberfläche führen. Die hierfür verantwortlichen Schädigungsmechanismen und der Einfluss der verwendeten Taumittel können bislang noch nicht hinreichend beschrieben werden. Die sich in der Praxis einstellenden Veränderungen der Fahrbahnoberfläche – vor allem durch die Einwirkung von Frost-Tau-Wechseln 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 zum Beispiel bei Schleusen aufgetreten waren. 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-Tau-Wechsel 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 gegebenenfalls auch mit Proben gearbeitet werden, die von oben mit Prüflüssigkeit beaufschlagt werden.

2 Untersuchungsmethodik

Insgesamt wurden sechs unterschiedliche Gesteinskörnungen für die Untersuchungen ausgewählt (Tabelle 1). Diese Ge-

steinskörnungen 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 Gesteinskörnungsgemischs 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.

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

	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

Mit den im Labor hergestellten Asphalten wurden Probplatten 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 Gesteinskörnungen freizulegen, sodass sie einem direkten Angriff ausgesetzt sind.

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, das heißt 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.

3 Untersuchungsergebnisse

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.

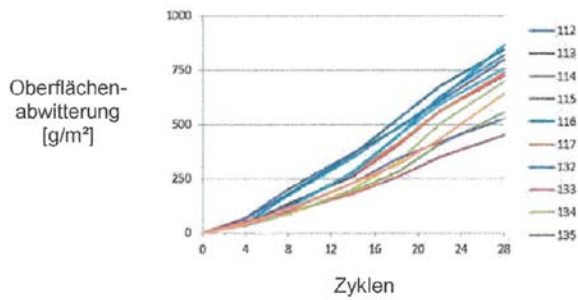
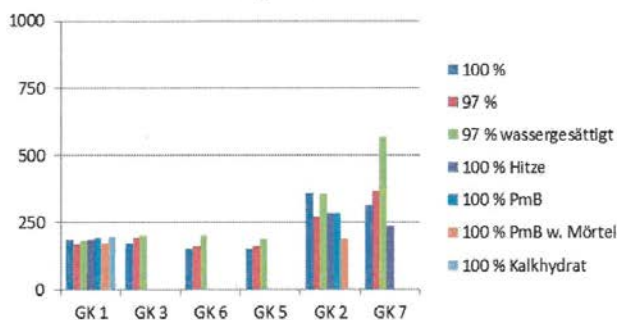


Bild 1: Verlauf der Oberflächenabwitterung bei dem Splittmastixasphalt mit Gesteinskörnung GK 7 (k = 100 %, NaCl-Lösung)

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

			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	

Asphaltbeton



Splittmastixasphalt

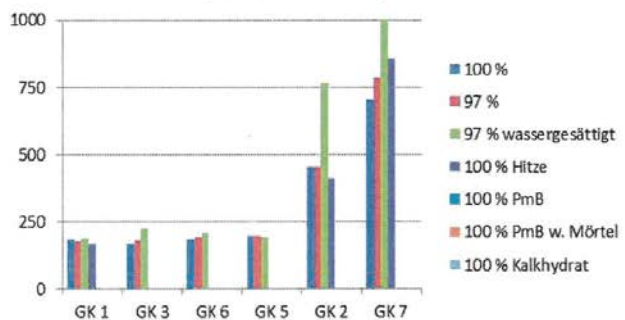


Bild 2: Gesamtübersicht über die Ergebnisse nach 28 Frost-Tau-Wechseln im CDF-Versuch an dem AC 11 D S (links) und dem SMA 11 S (rechts) mit den unterschiedlichen Gesteinskörnungen und den verschiedenen Prüfparametern

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 Absplitterun-

gen im Frost-Tausalz-Versuch ergeben sich auch höhere Oberflächenabwitterungen, vor allem bei dem 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 9 000 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 Asphalts mit Gesteinskörnung GK 7 vor (oben) und nach (unten) den 28 Frost-Tau-Wechseln im CDF-Versuch

Die gesamten Untersuchungsvarianten sind wie folgt zu bewerten:

- Eine Reduzierung des Verdichtungsgrads führt nicht zu einer Erhöhung der Oberflächenabwitterungen.

- Bei wasser- beziehungsweise 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 Versuchs 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-Tau-Wechsel und den Einsatz von Taumitteln ausgesetzt, die durch die Anzahl an Frost-Tau-Wechseln verstärkt werden. Diese Beanspruchungen können zu einer starken Schädigung, vor allem der Asphaltoberfläche, führen. Die derzeit geltenden Anforderungen an die Gesteinskörnungen hinsichtlich des Widerstands gegen Frost-Tausalz-Beanspruchung 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-Tau-Wechseln 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, 1,9, 8, 7, 10,4, 15,0 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 beziehungsweise der Vorbehandlung der Proben.

Mit dem CDF-Asphalt-Verfahren sollte ein Bewertungshintergrund aufgebaut werden, in den auch die Frost-Tausalz-Werte 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-Tausalz-Versuch auch im Asphaltversuch zu geringen Oberflächenabwitterungen führen; für das CDF-Asphalt-Verfahren kann ein Orientierungswert von 200 g/m^2 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.