

In der Ausschreibung sollten die technischen Daten des Voranstriches zwingend festgelegt werden.

Die Voranstrichmenge variiert je nach Rauigkeit des Traggrundes (*Tabelle 9*).

Traggrund	Voranstrichmenge S&P Haftemulsion G
Asphalttraggrund nicht gefräst	~ 300-400 g/m ² Emulsion
Asphalttraggrund gefräst	~ 400-500 g/m ² Emulsion

Tabelle 9: Voranstrichmenge S&P Haftemulsion G

Wird die Gittereinlage an Schattenlagen resp. **kühlen Herbsttagen** appliziert, stellt sich die Problematik des Aufweichens der Haftemulsion nicht. Unter diesen Umständen macht es Sinn als Variante ein qualitativ einwandfreier Haftkleber zu verwenden.

7. Grundlagenversuche EMPA Dübendorf CH „Wirkung von unterschiedlichen Asphalteinlagen“

7.1 Belastungsversuch am 4-Punkt-Biegebalken

An der EMPA CH wurden unterschiedlich armierte Asphaltsschichten am 4-Punkt-Biegebalken untersucht. Zwei typische Bruchbilder werden gezeigt.

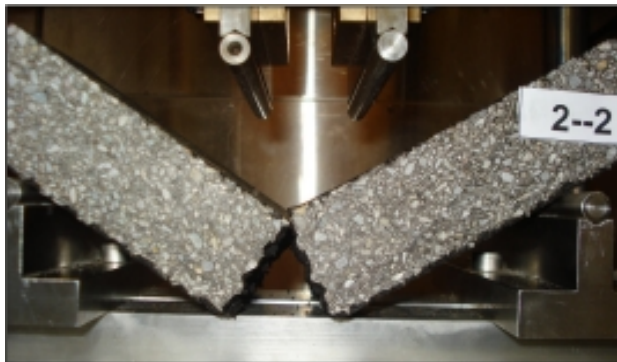


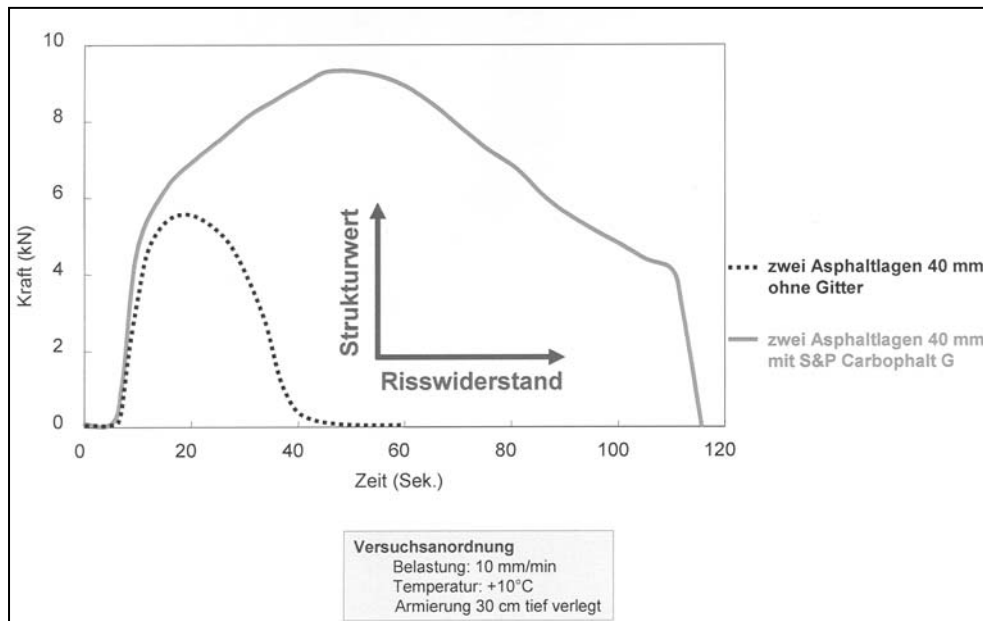
Bild 2: Referenzprobe ohne Einlage



Bild 3: Probe mit S&P Carbophalt G 200 kN als Einlage

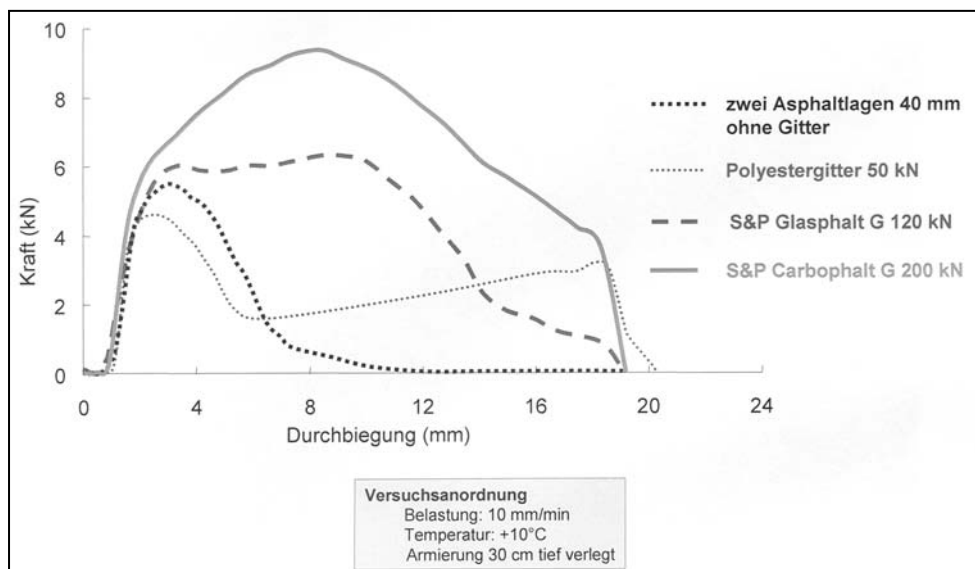
Während bei der unverstärkten Asphaltsschicht (*Bild 2*) ein Riss in Mitte der Referenzprobe zum Bruch führt, stellt sich bei der C-Faser armierten Asphaltsschicht (*Bild 3*) eine optimale Spannungsumlagerung und Rissverteilung ein.

Grafik 5 zeigt, dass der Bruchwiderstand (Strukturwert) sowie der Risswiderstand der armierten Belagsschicht durch die Kohlefaserarmierung massgeblich erhöht wird.



Grafik 5: Einfluss der Kohlefaserarmierung

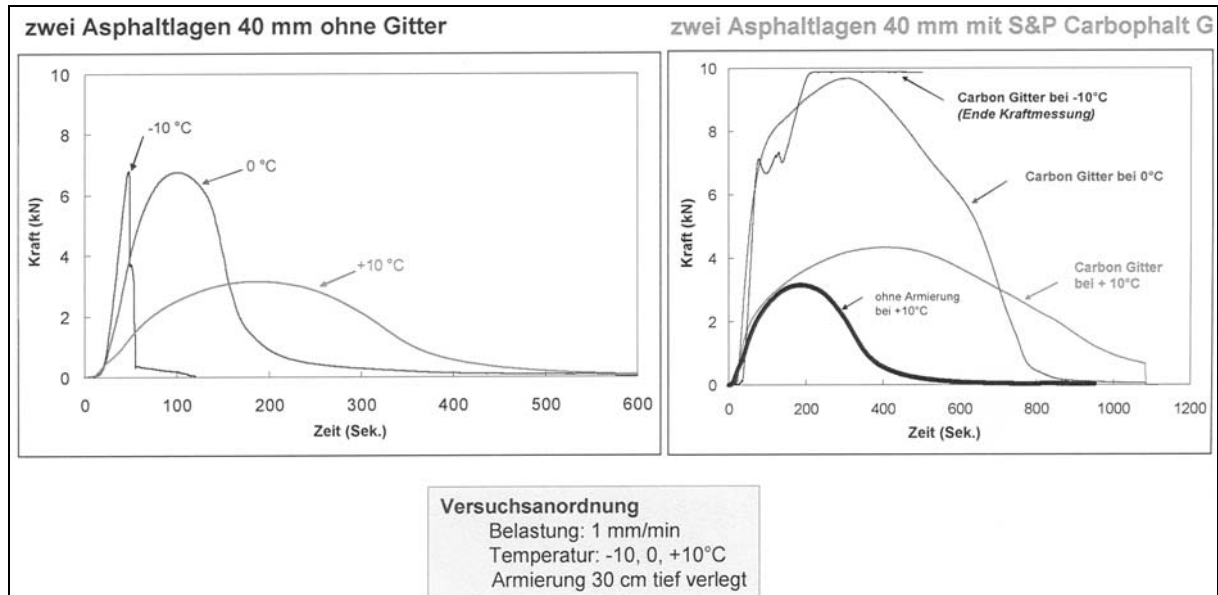
In Grafik 6 wird ein Polyestergeritter mit den vorbituminierten S&P Glas- resp. Kohlefasergitter verglichen. Das Polyestergeritter mit einem Zug E-Modul von ~ 15 kN/mm² dehnt unter der Krafteinwirkung weg und ist somit nicht in der Lage auf den Asphalt einwirkende Zugkräfte zu übernehmen. Die vorbituminierte Glaseinlage „S&P Glasphalt G“ mit einem Zug E-Modul von ~ 70 kN/mm² übernimmt Zugkräfte in der Asphaltsschicht und eignet sich somit grundsätzlich um Risse in der Asphaltsschicht zu reduzieren. Mit der Kohlefaserarmierung „S&P Carbophalt G“ kann zusätzlich die Bruchlast gesteigert werden. Die Kohlefasereinlage mit einem Zug E-Modul von ~ 240 kN/mm² erhöht den Strukturwert der verstärkten Asphaltsschicht und wirkt massgeblich zur Verbesserung des Risswiderstandes.



Grafik 6: Kohlefaserarmierung im Vergleich zu anderen Einlagen

In einem weiteren Versuch wurde der Einfluss der Temperatur bei -10° , 0° sowie $+10^{\circ}\text{C}$ von einer unbewehrten resp. einer kohlefaserbewehrten Asphalt­schicht verglichen.

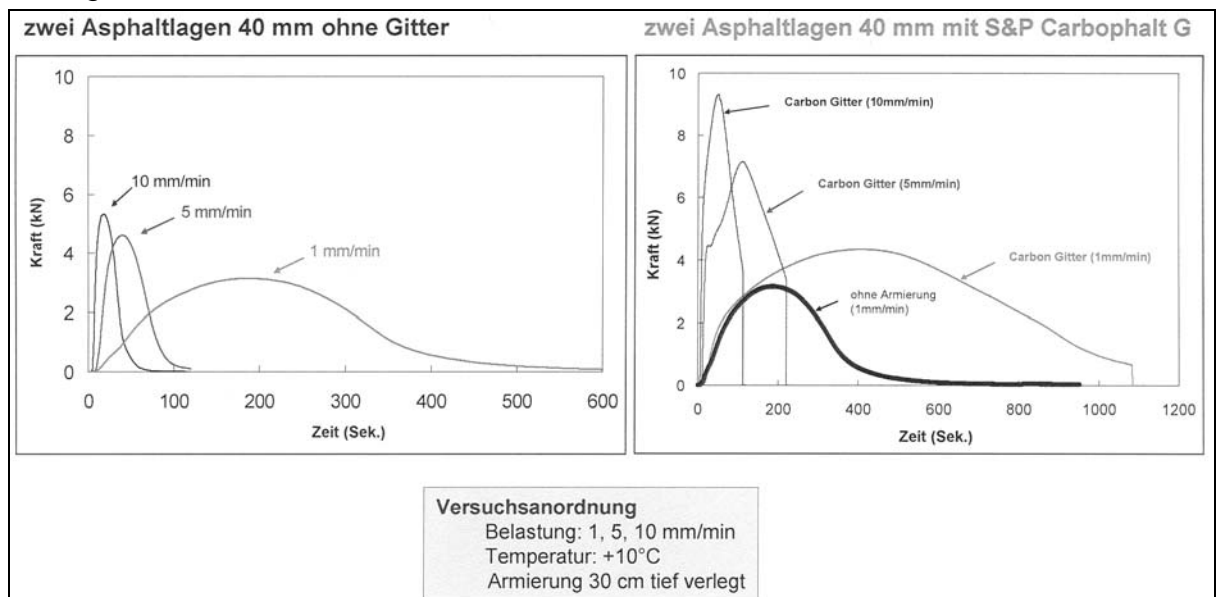
Grafik 7/8 zeigt, dass die Kohlefaserarmierung „S&P Carbophalt G“ den Risswiderstand sowie die Bruchlast in allen Temperaturbereichen bei -10° , 0° sowie bei $+10^{\circ}\text{C}$ massgeblich erhöht.



Grafik 7/8: Einfluss der Temperatur

In einem weiteren Versuch wurde der Einfluss der Belastung 1 mm/min, 5 mm/min sowie 10 mm/min von einer unbewehrten resp. einer kohlefaserbewehrten Asphalt­schicht verglichen.

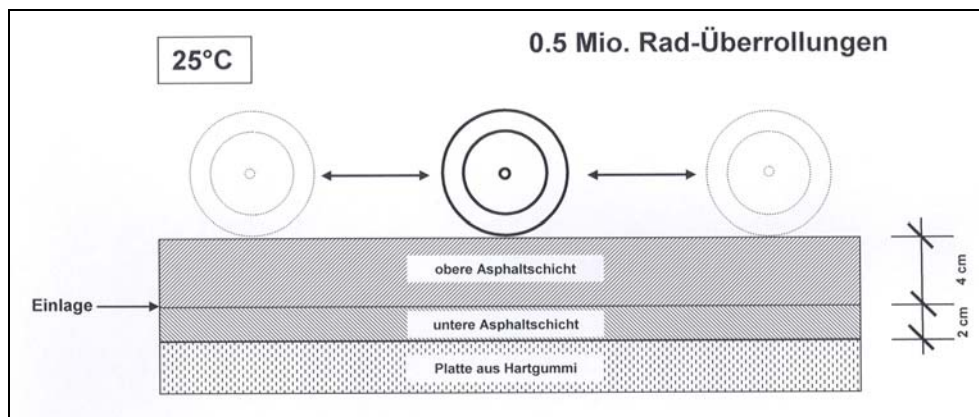
Grafik 9/10 zeigt, dass die Kohlefaserarmierung „S&P Carbophalt G“ den Bruch- sowie Risswiderstand in allen Lastbereichen 1 mm/min, 5 mm/min sowie 10 mm/min massgeblich erhöht.



Grafik 9/10: Einfluss der Belastung

7.2 Dynamische Dauerbelastung unter effektiver Radlast

An der EMPA CH wurden zweischichtige kohlefaserarmierte und unarmierte Belagskörper unter Dauerbelastung (*Grafik 11 / Tabelle 10*) verglichen. Zur Simulation der Nachgiebigkeit des Untergrundes wurden die Probekörper auf eine Gummiunterlage appliziert und im Spurrinnengerät mit 0.5 Mio. Radüberrollungen bei einer Temperatur von 25° C belastet.



Grafik 11: Testanordnung dynamische Dauerbelastung

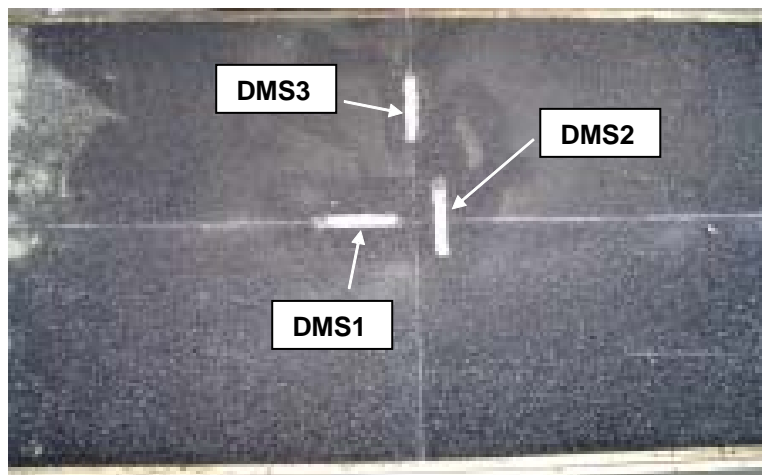


Bild 4: Anordnung der Dehnmessstreifen

Prüfkörper K1:	zweischichtiger Belag ohne Asphaltarmierung
Prüfkörper K5:	zweischichtiger Belag S&P Carbophalt in 4 cm Tiefe verlegt (Traggrund gefräst)

Tabelle 10: Übersicht Prüfkörper

Die Prüfkörper (*Tabelle 10*) wurden auf der Unterseite mit Dehnmessstreifen in Längs- und Querrichtung versehen (*Bild 4*). Die Resultate der experimentellen Untersuchungen wurden durch die EMPA CH mit einer Finite Elementberechnung modelliert. Modellierung und experimentelle Untersuchungen zeigten vergleichbare Resultate.

Die Dehnungen quer zur Radlast auf der Unterseite der Asphalttschicht wurden infolge der Kohlefasereinlage „S&P Carbophalt G“ um 33 % reduziert.

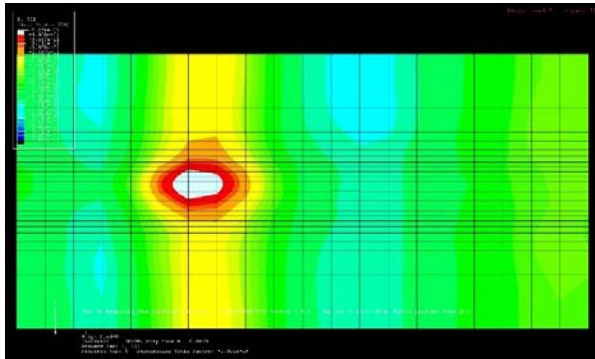


Bild 5: ohne Kohlefaserarmierung

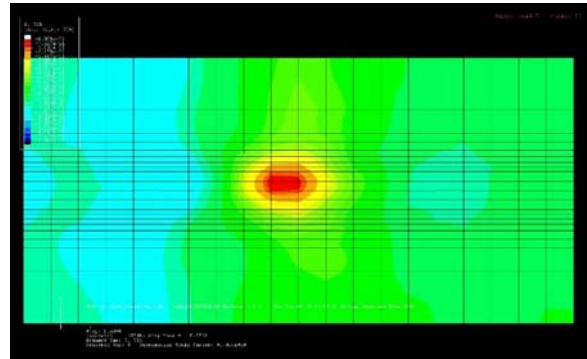


Bild 6: mit Kohlefaserarmierung

Bilder 5 und 6 zeigen die Druckspannungen vor und hinter der Radbelastung beim Überfahren sowie die Zugspannungen unter der Radbelastung. Bei der kohlefaserverstärkten Belagsprobe werden Spannungen in die Armierung eingeleitet und durch diese absorbiert. Somit erfährt die Asphalttschicht reduzierte Spannungen.

8. Bemessungskonzept für C-Faser armierte Asphaltbeläge

Mit der Bemessungssoftware BISAR 3.0 wird ein mögliches Bemessungskonzept für kohlefaserverstärkte Asphalttschichten vorgestellt. In einem ersten Schritt wurde auf einer bestehenden alten Tragschicht eine 12 cm starke Binder- und eine 4 cm starke Deckschicht aufgebracht.

Asphaltlage	Dicke (cm)	Elastizitätsmodul (MPa)	Schichtbezeichnung	Belastung Nummer	Last vertikal (kN)	Spannung vertikal (MPa)
1	4 cm	3000	Deckschicht neu	1	20	0.577
2	12 cm	4000	Binderschicht neu	2	20	0.577
3	alte, bestehende Tragschicht	1500	Tragschicht bestehend			

Dehnung unterhalb Deckschicht (μ): (Resultat Software BISAR 3.0)	XX = 58,3 YY = 33,9 ZZ = 59,3
--	--

Tabelle 11: Bemessung mit BISAR 3.0 „ohne S&P Carbophalt Einlage“