

Verifikation eines europäischen Prüfverfahrens zur Beurteilung der Dauerhaftigkeit von Asphalt

FA 7.229

Forschungsstelle: Technische Universität Darmstadt, Institut für Verkehr, Fachgebiet Straßenwesen (Prof. Dr.-Ing. J. S. Bald)
 Bearbeiter: Böhm, S. / Beara, L.
 Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
 Abschluss: Februar 2013

1 Aufgabenstellung

Für eine dauerhafte Asphaltbefestigung ist die dauerhafte Verbindung von Gesteinskörnung und Bitumen wesentlich. Der Haftvorgang zwischen Bitumen und Gestein ist von der Beschaffenheit der einzelnen Komponenten abhängig. Begünstigende sowie hemmende Einflüsse auf diese Verbindung werden schon seit Jahrzehnten untersucht. Theorien zur Adhäsion sowie zum Versagen und darauf aufbauende Prüfverfahren liegen in großer Menge vor. Nachteilig bei vielen Prüfverfahren ist, dass die Adhäsion meist nur mit einzelnen Asphalteeigenschaften in Verbindung gebracht wird. Eine Kombination aus mehreren Einflüssen, die das Haftverhalten von Asphalt beeinträchtigen, ist in keinem bisherigen Prüfverfahren erfasst. Aufgrund dieser Beobachtung und der existierenden Aussagen ist festzustellen, dass zur Ansprache und Beurteilung des Haftverhaltens zwischen Gestein und Bitumen bis heute noch kein geeignetes Prüfverfahren existiert.

Eine kombinierte Untersuchung bietet die SATS-Prüfung (Saturation Ageing Tensile Stiffness Test), die im Vereinigten Königreich für die Untersuchung von relativ hohlraumreichen und bindemittelarmen Asphaltbinder- und Asphalttragschichten entwickelt wurde, um die Dauerhaftigkeit von Asphaltmischgut zu bewerten. Unter der SATS-Prüfung versteht man eine Sättigungs-/Alterungs-/Spaltzugfestigkeits-Prüfung. Es handelt sich um ein Klimatisierungsverfahren, bei dem Feuchtigkeit, Wärme und Druck in einem Druckalterungsbehälter auf Asphalt-Probekörper einwirken und mittels des dynamischen Spaltzugversuchs, oder auch einer anderen Vergleichsprüfung, untersucht werden. Das Ergebnis ist als SATS-Dauerhaftigkeitsindex bzw. SATS-Verhältnis zu bezeichnen. Dieser Wert dient als ein Maß für die Beurteilung der Adhäsion zwischen Bitumen und Gesteinsoberfläche.

Die SATS-Prüfung wurde inzwischen mit der Europäischen Normung eingeführt und liegt im deutschen Normenwerk mit der DIN EN 12697-45 (Ausgabe: Juli 2012) vor.

2 Untersuchungsmethodik

Das Untersuchungsprogramm entstand unter Berücksichtigung der Vorgaben und Möglichkeiten der Fassung der Prüfnorm (prEN 12697-45, Ausgabe: März 2008) und der möglichen Anwendung in Deutschland. Mit dem Untersuchungsprogramm wurde gezielt ein breites Spektrum unterschiedlicher Asphaltmischungen hinsichtlich der Bitumenart/-sorte, Gesteinsart sowie unterschiedlicher Hohlraumgehalte ausgewählt, um bei der Auswertung einerseits die Einflüsse verschiedenster Fakto-

ren (siehe Tabelle 1) auf die Dauerhaftigkeit von Asphalt betrachten und andererseits die Differenzierung des Prüfverfahrens mit Kenntnissen aus der Praxis prüfen zu können. Für die experimentellen Untersuchungen wurden Asphaltbinder 0/16 und Asphalttragschicht 0/32 untersucht. Die Zusammensetzung dieser Asphaltmischungen erfolgte unter Berücksichtigung der TL Asphalt-StB 07. Es handelt sich um die bewährten Rezepturen aus der Praxis. Diese wurden in Kombinationen mit drei Gesteinsarten und fünf Bindemitteln eingesetzt. Weiterhin wurde die Art der Probekörper und der Hohlraumgehalt variiert.

Tabelle 1: Untersuchungsprogramm

Asphalt	AC 16 B, AC 32 T
Bindemittel	10/20, 30/45, 50/70 (SATS), 50/70 (Norm) 25/55-55 A, 10/40-65 A
Gesteinsart	Basalt, Grauwacke, Mikrodiorit
Hohlraumgehalt	6, 8 und 10 (± 0,5) Vol.-%
Probekörper	Marshall-Probekörper (MPK)
	ausgebohrte Probekörper (PPK)
	prismatische Probekörper
Prüfverfahren	SATS-Prüfung:
	– dynamischer Spaltzugversuch
	– direkter Zugversuch
	Flaschen-Rollverfahren

Die Ergebnisse aus der SATS-Prüfung werden mit den Ergebnissen des Flaschen-Rollverfahrens verglichen. Hierbei wurde das Normbitumen 50/70 für die Untersuchungen herangezogen. Da sich die beiden Prüfverfahren (SATS-Prüfung und Flaschen-Rollverfahren) mit dem Haftverhalten zwischen Gestein und Bitumen befassen, kann die Beurteilung der Hafteigenschaften von verschiedenen Asphalten mit dieser neu entwickelten experimentellen Methode dazu beitragen, bestehende Parallelen dieser beiden Prüfverfahren herauszuarbeiten.

3 Untersuchungsergebnisse

Die Prüfergebnisse aus der SATS-Prüfung sind die verbleibende Steifigkeit und die verbleibende Sättigung an den Asphalt-Probekörpern. Aus diesen Kenngrößen wird der SATS-Dauerhaftigkeitsindex (DI_{SATS}) ermittelt. Dies ist der Mittelwert der verbleibenden Steifigkeiten (CTR_R – das Verhältnis der Steifigkeit nach und vor der Klimatisierung) aus den oberen vier Probekörpern im Siebträger-Gestell. Wenn als Vergleichsprüfung statt dem dynamischen Spaltzugversuch ein anderer gemacht wird, ist das Ergebnis als SATS-Verhältnis zu bezeichnen.

Im Rahmen dieser Untersuchungen wurde für die SATS-Prüfung sowohl der dynamische Spaltzugversuch nach DIN EN 12697-26 (Anhang C) als auch der direkte Zugversuch nach DIN EN 12697-46 verwendet.

In den Bildern 1 und 2 sind die ermittelten Ergebnisse für die Asphaltbinderschicht 0/16 für die Marshall-Probekörper mit den Hohlraumgehalten von 6 und 10 Vol.-% dargestellt.

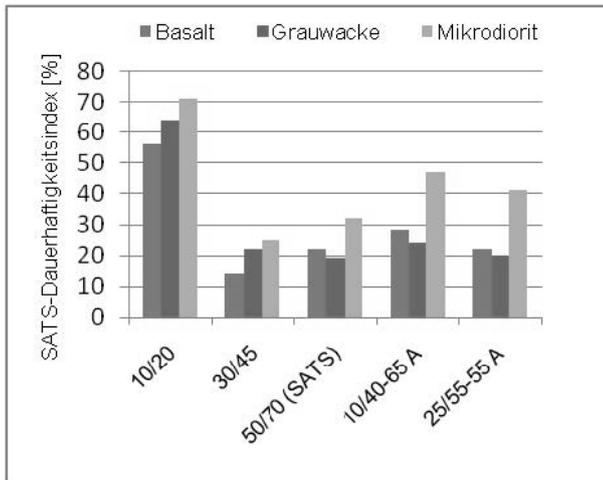


Bild 1: DI_{SATS} – AC 16 B (MPK), V = 6 Vol.-%

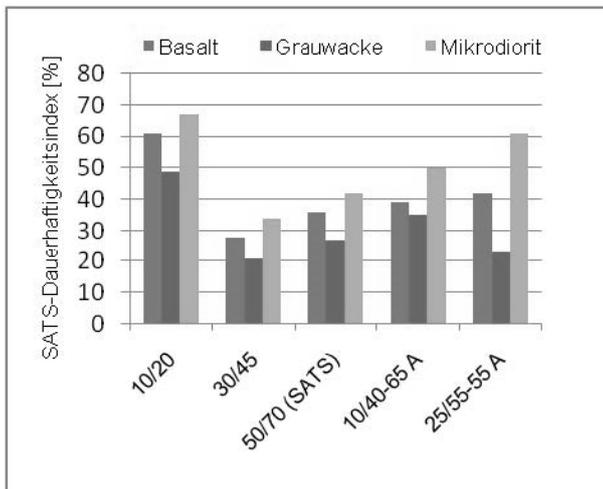


Bild 2: DI_{SATS} – AB 16 B (MPK), V = 10 Vol.-%

Die Asphaltmischungen mit dem Bindemittel 10/20 weisen die höchsten SATS-Dauerhaftigkeitsindexe auf. Obwohl dies zu erwarten war, ist das Ergebnis bei den Asphaltmischungen in Kombination mit den anderen vier Bindemitteln deutlicher als angenommen. Insgesamt ist eine deutliche Abnahme des SATS-Dauerhaftigkeitsindex bei den Asphaltbindervarianten mit den vier anderen Bindemitteln (30/45, 50/70, 25/55-55 A und 10/40-65 A) zu beobachten, was sich nicht mit Erfahrungen aus der Praxis deckt. Bei den Asphaltmischungen mit dem Hohlraumgehalt von 10 Vol.-% zeigt sich ein tendenziell ähnlicher Verlauf der Werte, wobei hier generell höhere SATS-Dauerhaftigkeitsindexe zu entnehmen sind.

Der Einfluss der Herstellung des Probekörpers zeigte sich als weniger signifikant. Sowohl bei den Marshall-Probekörpern als auch bei den ausgebohrten Probekörpern lassen sich tendenziell ähnliche bzw. vergleichbare Werte erzielen.

Die SATS-Prüfung wurde zur Bewertung der Dauerhaftigkeit der hohlraumreichen Asphalte, d. h. Asphaltbinder- und Asphalttragschicht, entwickelt. Da diese Asphaltmischungen einen

Hohlraumgehalt von über 6 Vol.-% aufweisen, ist bei ihnen eine frühzeitige Alterung infolge von Feuchte, neben der mechanischen Beanspruchung, zu erwarten. Demzufolge wurde neben dem Asphaltbinder 0/16 noch die Asphalttragschicht 0/32 untersucht.

Tabelle 2: SATS-Dauerhaftigkeitsindex – AC 32 T

Asphalt		AC 32 T		
Hohlraumgehalt		6	10	
PK	Bitumen	Gestein		
		DI _{SATS} [%]		
MPK	10/20	Basalt	61	128
		Mikrodiorit	54	77
		Grauwacke	74	89
	50/70	Basalt	30	27
		Mikrodiorit	90	69
		Grauwacke	75	111

Auf den ersten Blick lassen sich in der Tabelle 2 vorwiegend die höheren SATS-Dauerhaftigkeitsindexe als bei den Untersuchungen des Asphaltbinders 0/16 entnehmen. Beim Hohlraumgehalt von 10 Vol.-% sind Werte von über 100 % (Basalt mit 10/20 und Grauwacke mit 50/70) zu entnehmen. Dies liegt teilweise daran, dass die Untersuchungen mit der gleichen Kräfteinstellung, wie beim Asphaltbinder 0/16 durchgeführt worden sind. Weiterhin wurden zusätzlich die Untersuchungen mit einer höheren Kräfteinstellung durchgeführt. Aus den ermittelten Ergebnissen war deutlich zu erkennen, dass die Ergebnisse im Vergleich zu den oben interpretierten auf einem insgesamt niedrigeren Niveau liegen, aber auch kein systematisches Verhalten aufweisen.

Die zweite Vergleichsprüfung, die im Rahmen der SATS-Prüfung an ausgewählten Asphaltmischungen durchgeführt wurde, ist der direkte Zugversuch. Aus den ermittelten Ergebnissen lassen sich insgesamt höhere SATS-Werte im Vergleich zu den oben interpretierten Ergebnissen feststellen.

Bei der Betrachtung der Ergebnisse der SATS-Prüfung im Vergleich zum Flaschen-Rollverfahren ist kein Zusammenhang erkennbar. Bei allen Untersuchungen ergeben sich allerdings bei Verwendung von Bitumen 10/20 die günstigsten Werte. Es hat sich eindeutig gezeigt, dass die Basalt-Kombinationen die günstigsten Umhüllungswerte aufweisen. Bei den anderen zwei Gesteinsarten (Grauwacke und Mikrodiorit) war die Reihenfolge nicht deutlich zu identifizieren. Es hat sich bestätigt, dass die Kombinationen mit den polymermodifizierten Bitumensorten ein günstigeres Haftverhalten aufweisen als die Straßenbaubitumensorten. Diese Erkenntnisse wurden bei den SATS-Prüfergebnissen nicht bestätigt.

Tabelle 3: SATS-Verhältnis – AC 16 B (V = 6 Vol.-%)

SATS-Verhältnis [%]		
Prüftemperatur [°C]	Gestein/Bindemittel	Verbleibende Zugfestigkeit [%]
+20	Basalt 10/20	77
	Basalt 30/45	68
	Grauwacke 10/20	75
	Grauwacke 30/45	43
+5	Basalt 10/20	81
	Basalt 30/45	51
	Grauwacke 10/20	68
	Grauwacke 30/45	46
0	Basalt 10/20	72
	Basalt 30/45	55
	Grauwacke 10/20	92
	Grauwacke 30/45	60

4 Zusammenfassung

Im Rahmen dieses Forschungsprojekts sollte die SATS-Prüfung, die für die Untersuchungen von hohlraumreichen und bindemittelarmen Asphaltmischungen im Vereinigten Königreich angewendet wird, überprüft werden. Die Entwickler dieses Prüfverfahrens geben an, anhand dieser Prüfung die Asphaltmischungen bezüglich des Haftverhaltens zwischen den Gesteinen und Bitumen bewerten und somit eine aussagekräftige Abschätzung der Nutzungsdauer mit dem gewonnenen SATS-Dauerhaftigkeitsindex ableiten zu können.

Anhand der ermittelten Ergebnisse kann festgestellt werden, dass die untersuchten Asphaltmischungen erwartungsgemäß die höchsten SATS-Dauerhaftigkeitsindexe mit dem Bitumen 10/20 aufweisen. Nach der Anforderung des englischen Regelwerks soll der SATS-Dauerhaftigkeitsindex mindestens 80 % aufweisen, um ein Asphaltmischgut als langlebig und geeignet für starke Beanspruchungen einzustufen zu können. Im Rahmen dieses Forschungsprojekts war dieser Wert bei den untersuchten Asphaltmischungen kaum zu finden.

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass die Anwendung der SATS-Prüfung nicht zu plausiblen Ergebnissen führt. Dies mag unter anderem damit begründet sein, dass die Vergleichsprüfung, die durch den SATS-Dauerhaftigkeitsindex ausgedrückt wird, mittels dynamischem Spaltzugversuch durchgeführt worden ist. Problematisch bei dieser Art der Prüfung ist nicht nur die mangelhafte Präzision des Prüfverfahrens, sondern auch die Tatsache, dass hier nur die Mantelfläche der Asphaltproben angesprochen wird. Damit ist aber kein innerer Zustand des Probekörpers angesprochen und auch kein Haftverbund zwischen Gestein und Bitumen erfasst. Die Probekörper vor und nach der Klimatisierung befinden sich in einem komplett anderen Zustand, sodass eine Prüfung, die "nur" die Mantelfläche anspricht, hier scheinbar nicht ausreichend ist.

Eine weitere Erkenntnis bezieht sich auf die Gesteinsart. Die Idee der SATS-Prüfung ist unter anderem, dass die Asphaltmischungen mit haftkritischen Gesteinen einen niedrigeren SATS-Dauerhaftigkeitsindex aufweisen als die Asphaltmischungen mit einem haftunkritischen Gestein. Dies hat sich hier nicht bestätigt. Die günstigeren Ergebnisse sind bei den Grauwacke- und Mikrodiorit-Asphaltmischungen zu erkennen, wobei diese Gesteinsarten als haftkritisch zu bezeichnen sind. Der hier verwendete Mikrodiorit ist für seine Quellfähigkeit bekannt. Die Asphaltmischungen mit Basalt weisen die niedrigsten Werte auf. Diese Beobachtung ist konträr zu der Erkenntnis aus der Praxis.

Bei der Betrachtung der Sättigungs-Werte (vor und nach der Klimatisierung) konnte festgestellt werden, dass die ersten vier Probekörper im Druckalterungsbehälter ein ähnliches Verhalten aufweisen und die Ergebnisse auf vergleichbarem Niveau, unabhängig von der Position im Druckalterungsbehälter, liegen. Es sind bei allen untersuchten Varianten die niedrigeren Sättigungs-Werte nach der Klimatisierung zu entnehmen. Die unten positionierten Probekörper zeigten erwartungsgemäß den höchsten Sättigungs-Wert nach der Klimatisierung auf.

Mittels SATS-Prüfung wurde auch die Frage geklärt bzw. untersucht, ob und gegebenenfalls in welchem Maße der SATS-Dauerhaftigkeitsindex als Merkmalgröße zur quantitativen Beurteilung der Dauerhaftigkeit der Asphaltmischungen von den gezielt variierten Einflussgrößen – nämlich der Gesteinsart, der Bindemittelart/-sorte, dem Hohlraumgehalt und der Asphaltart/-sorte – systematisch abhängt. Es zeigte sich, dass die Variation des Hohlraumgehalts keine nennenswerten Unterschiede bei den Ergebnissen ergibt. Insgesamt ist festzustellen, dass kein direkter Zusammenhang zwischen den unterschiedlichen Einflussgrößen vorhanden ist. Allerdings ist ersichtlich, dass der Klimatisierungsvorgang im Druckalterungsbehälter, d. h. der simulierte Alterungsprozess, eine starke Wirkung auf die Proben hat. Diese ist durch die stark abfallenden Steifigkeits-Werte nach dem Klimatisierungsvorgang erkennbar. Eine Rückgewinnung des Bindemittels aus den konditionierten Marshall-Probekörpern hat diese Erkenntnis bestätigt. Hierbei zeigte sich bei fast allen verwendeten Bindemitteln eine Zunahme des Erweichungspunkts Ring und Kugel im Vergleich zu Anlieferungszustand von über 10 K.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass kein genereller Trend erkennbar ist. Die Ergebnisse aus der SATS-Prüfung, ausgedrückt durch den SATS-Dauerhaftigkeitsindex, werden vermutlich ausschließlich durch den Bitumenzustand beeinflusst, so dass der Einfluss der Gesteinsart auf den SATS-Dauerhaftigkeitsindex gering zu sein scheint. Eine Beurteilung des Haftverhaltens zwischen den Gesteinen und dem Bitumen lässt sich aus dem SATS-Dauerhaftigkeitsindex nicht ableiten. Aus diesem Grund ähneln sich die Ergebnisse unter Verwendung der gleichen Bitumenart/-sorte unabhängig von der Gesteinsart.

Anhand der ermittelten Ergebnisse mittels direktem Zugversuch konnte gezeigt werden, dass die Asphaltmischungen sowohl mit dem Bindemittel 10/20 als auch mit dem Bindemittel 30/45 ein ähnliches Verhalten aufweisen und die Ergebnisse sich nicht so stark unterscheiden, wie dies bei der Ermittlung der Steifigkeit festzustellen war. Mittels direkten Zugversuchen

konnte weiterhin gezeigt werden, dass die Zugfestigkeiten sowohl an unkonditionierten als auch an konditionierten Probekörpern, ausgedrückt durch das SATS-Verhältnis, bei allen drei Prüftemperaturen nicht nur von dem Bindemittel als dominanter Einflussgröße sondern auch von der Gesteinsart beeinflusst wird. Die günstigen Eigenschaften von Basalt waren hier deutlich zu sehen.

5 Ausblick

Mit den hier ermittelten Untersuchungsergebnissen und der angewendeten Untersuchungssystematik lässt sich keine Umsetzung der SATS-Prüfung bzw. daraus resultierenden SATS-Dauerhaftigkeitsindexen auf das deutsche Regelwerk ableiten. Gleichwohl ist der Forschungsnehmer der Auffassung, dass das Verfahren nach Optimierung der Prüfbedingungen Potenzial zur Ansprache der Alterungsbeständigkeit von Asphalt hat.

Es besteht die Notwendigkeit zum einen darin, ein geeignetes Prüfverfahren zu finden, bei dem die zuvor entwickelten Prüfbedingungen optimiert werden sollen, zum anderen darin, ein Verfahren zu finden wie z. B. den direkten Zugversuch, das an den Probekörpern vor und nach dem Klimatisierungsvorgang durchzuführen ist, bei dem die Zusammenhänge zwischen den Einflussgrößen (Druck, Wärme, Wasser) erfasst werden, so dass die Ergebnisse mehr differenzieren.

Dieses Potenzial sollte im Rahmen einer weiteren Forschungsarbeit ausgelotet werden.