

TRINIDAD NAF 501 ALS BINDEMittelZUGABE

Untersuchungen an einem Asphaltbinder

1. Vorbemerkungen

Im Rahmen dieses Berichts soll der Einfluss von Trinidad NAF 501 als Bindemittelzugabe auf die Asphalteeigenschaften eines Asphaltbinders 0/16 S untersucht werden. Hierzu soll durch einen Vergleich mit Straßenbaubitumen und PmB erörtert werden, ob durch die Anwendung von Trinidad NAF 501 folgende Eigenschaften positiv beeinflusst werden:

- Verformungsbeständigkeit
(Ermittlung mit Hilfe von Spurbildungsversuchen mit dem Spurbildungsgerät),
- Alterungsbeständigkeit
(Ermittlung durch Frostbeanspruchung von Spurbildungsplatten und anschließender Untersuchung der Verformungsbeständigkeit mittels Spurbildungsversuch) und
- Verdichtbarkeit
(Ermittlung nach dem Dichteänderungsverfahren an Marshall-Körpern).

Da auf der Grundlage der vorliegenden Untersuchungsergebnisse eine Versuchsstrecke im Zuständigkeitsbereich des Landschaftsverbandes Rheinland (mittlerweile Landesbetrieb Straßen NRW) angelegt werden sollte, wurden die Vorgaben zum Untersuchungsumfang und zu den Versuchsbedingungen in enger Absprache mit dem LVR und dem Auftraggeber festgelegt. Die Laboruntersuchungen sind mit der Vorgabe durchgeführt worden, möglichst den Einfluss von Trinidad NAF 501 als Bindemittelzugabe im Vergleich zu den verwendeten Straßenbaubitumen und PmB verdeutlichen zu können. Aus diesem Grunde wurden von der Praxis abweichende Bedingungen geschaffen, die weitere Einflüsse auf die oben genannten Versuchsergebnisse ausschließen. Hierzu zählen insbesondere:

- die Kornform,
- der Eigenfüller-/Fremdfülleranteil und
- der Hohlraumgehalt.

Das Alterungsverhalten sollte nicht am reinen Bindemittel, sondern am fertigen Mischgut mit Hilfe einer Frost-Tau-Beanspruchung ermittelt werden. Die Frostbeanspruchung wurde gewählt, da Binderschichten nicht direkt der Atmosphäre ausgesetzt sind. Durch die Frosteinwirkung können eventuell infolge von Eisdruck Risse im Asphaltgefüge entstehen, die sich später negativ auf Ergebnisse auswirken.

Weiterhin wurde vom Landschaftsverbands Rheinland gefordert, die beiden Gesteinsarten Basalt und Grauwacke zu untersuchen. Aufgrund dieser Überlegungen sollten die folgenden drei Varianten untersucht werden:

- Asphaltbinder 0/16 S, Gesteinsart Basalt, Bindemittel 30/45,
- Asphaltbinder 0/16 S, Gesteinsart Grauwacke, Bindemittel PmB 45 A und
- Asphaltbinder 0/16 S, Gesteinsart Grauwacke, Bindemittel 30/45 + NAF 501.

2. Eignungsprüfungen der drei Varianten

Für die drei Varianten wurden Eignungsprüfungen unter Berücksichtigung der oben genannten Vorgaben erarbeitet. Obwohl unterschiedliche Gesteinsarten und Bindemittel angewendet werden, war vorgegeben, bei allen Varianten einen etwa gleich großen Hohlraumgehalt zu erreichen. Somit erfolgte keine Optimierung des Bindemittelgehaltes für die einzelnen Varianten, sondern eine Gesamtbetrachtung der drei Mischgutsorten.

2.1 Gesteinsuntersuchungen

Als Gesteinsart wurde Basalt des Steinbruchs Hühnerberg/Nonnenberg und Grauwacke des Steinbruchs Scheda verwendet. Die Gesteinskörnungen wurden mit Hilfe einer Schlitzsiebmaschine von den Gesteinskörnern mit schlechter Kornform ($L/D > 3$) befreit. Hierdurch sollte der Einfluss der Kornform auf die Untersuchungsergebnisse eliminiert werden. Nach dem Waschen und der Schlitzsiebung wurde die Korngrößenverteilung der einzelnen Kornfraktionen bestimmt. Mit Hilfe dieser Ergebnisse wurde die optimale Sieblinie ausgewählt. Durch das Waschen auf dem 0,063 mm Sieb wurde der größte Teil des Eigenfülleranteils eliminiert.

2.2 Bindemitteluntersuchungen

Als Bindemittel kamen ein Bitumen 30/45, ein PmB 45 A sowie ein Bitumen 30/45 mit NAF 501 zum Einsatz. Die Originalbindemittel wurden aus einem Mischwerk entnommen, um praxisnahe Bitumen für die Untersuchung verwenden zu können. Das Trinidad NAF 501 wurde dem Bitumen 30/45 zugegeben. An den drei sich so ergebenden Bindemitteln wurden die Nadelpenetration und der Erweichungspunkt Ring und Kugel nach EN 1427 sowie die Viskosität nach EN 13 302 ermittelt. Die Ergebnisse sind in unten stehender Tabelle dargestellt.

	B 30/45	PmB 45 A	B 30/45 + NAF 501
Nadelpenetration	30,0	52,0	27,0
Erweichungspunkt	57,4	58,7	68,1
EVT 100	198,0	210,0	213,0
EVT 1000	142,0	144,0	148,0

Das Bitumen 30/45 entspricht den Anforderungen der EN 12 591 bzgl. Nadelpenetration und Erweichungspunkt Ring und Kugel. Das Ergebnis der Nadelpenetration liegt hierbei an der unteren Grenze des zulässigen Bereichs. Beim PmB 45 A sind die Anforderungen der TL-PmB 91 Teil 1 bzgl. Nadelpenetration und Erweichungspunkt eingehalten.

Für Gemische aus Bitumen und Trinidad NAF 501 gibt es diesbezüglich keine einzuhaltenden Anforderungen, es kann lediglich eine vergleichende Bewertung erfolgen. Während im Vergleich mit dem Ausgangsbitumen nur eine geringe Reduzierung der Nadelpenetration festgestellt wurde, ist der Anstieg des Erweichungspunktes um über 10°C beachtlich.

2.3 Endgültige Eignungsprüfungen

Bei der Festlegung der endgültigen Eignungsprüfung nach dem „Merkblatt für Eignungsprüfungen an Asphalt“ wurden die Sieblinie und der Bindemittelgehalt der einzelnen Varianten so lange variiert, bis die jeweiligen Hohlraumgehalte in etwa übereinstimmten und einen minimalen Wert aufwiesen. Die Ergebnisse sind in Anlage 1 enthalten. Der Hohlraumgehalt entspricht bei allen Varianten nicht der Vorgabe der ZTV Asphalt-StB 94/98 von maximal 7 Vol.-%. Die Varianten weisen hingegen Hohlraumgehalte von 8,1 bzw. 8,3 Vol.-% auf. Für die Zielsetzung der Laboruntersuchungen sind aufgrund des von der Vorschrift abweichenden Hohlraumgehaltes deutlichere Auswirkungen in Abhängigkeit der Bindemittelvariation zu erwarten.

3. Untersuchung der Verformungsbeständigkeit

Die Verformungsbeständigkeit der Asphaltbinder wurde mit dem Spurbildungsgerät nach den „Technischen Prüfvorschriften für Asphalt im Straßenbau TP A-StB, Teil: Spurbildungsversuch – Bestimmung der Spurrinntiefe im Wasserbad“, Ausgabe 1997 der FGSV untersucht.

3.1 Herstellung der Probeplatten

Die für den Spurbildungsversuch erforderlichen Probeplatten mit den Abmessungen $L \times B \times H = 32 \times 26 \times 6$ cm wurden mit dem Lamellenverdichter hergestellt. Die weitere Vorbereitung der Proben erfolgte nach oben genannter TP A-StB. Die volumetrische Einwaage der Probeplatten wurde anhand der Raumdichte am Marshall-Körper aus der Eignungsprüfung vorgenommen. Die Einwaage wurde so gewählt, dass durch die weggeregelt Verdichtung ein Verdichtungsgrad von 100 % erreicht wird. Vor der Versuchsdurchführung wurde die Raumdichte der jeweiligen Probeplatten durch das Tauchwägevorgang ermittelt.

3.2 Ergebnisse der Spurbildungsversuche

Die Prüfbedingungen für die Spurbildungsversuche wurden nach der TP A-StB gewählt. Das Temperieren der Probeplatten erfolgte im Wasserbad auf eine Temperatur von 50°C, die Belastung wurde mit dem Stahlrad vorgenommen. Die Versuche wurden nach 20.000 Überrollungen gemäß TP A-StB beendet. Bei der Probe S 224 a wurde ein Ausreißer (10,6 mm) festgestellt. Aus diesem Grund wurde dieser Wert bei der weiteren Auswertung nicht mehr berücksichtigt. Die Vorgabe für die zulässige Spannweite von 1,5 mm für zwei Probeplatten aus der TP A-StB wurde bei den Proben S 225 und S 227 nicht erfüllt (siehe Anlage 1).

Die Verdichtungsgrade liegen bei allen Proben über 100 %, die Hohlraumgehalte der Probeplatten erfüllen teilweise die Anforderungen an den Hohlraumgehalt am Marshall-Körper (≤ 7 Vol.-%).

Eine absolute Bewertung der Versuchsergebnisse im Hinblick auf die Gesteinsart und die Bindemittelvariation ist aufgrund der labormäßigen Vorgaben (siehe Vorbemerkungen) nicht zulässig. Die relative Bewertung zeigt, dass durch die Zugabe von NAF 501 eine deutliche Verringerung der Spurtiefen (im Mittel ca. 40 %) verglichen mit dem Ausgangsbitumen eintritt. Weiterhin kann festgestellt werden, dass die Probeplatten mit Bitumen 30/45 mit NAF 501-Zusatz über 30 % günstigere Spurtiefen aufweisen als die Probeplatten mit PmB 45.

4. Untersuchung der Alterungsbeständigkeit

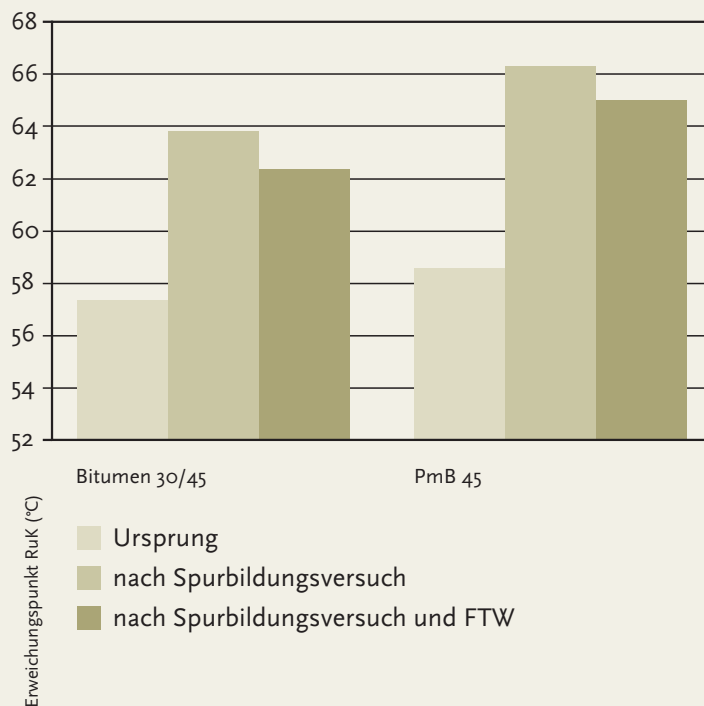
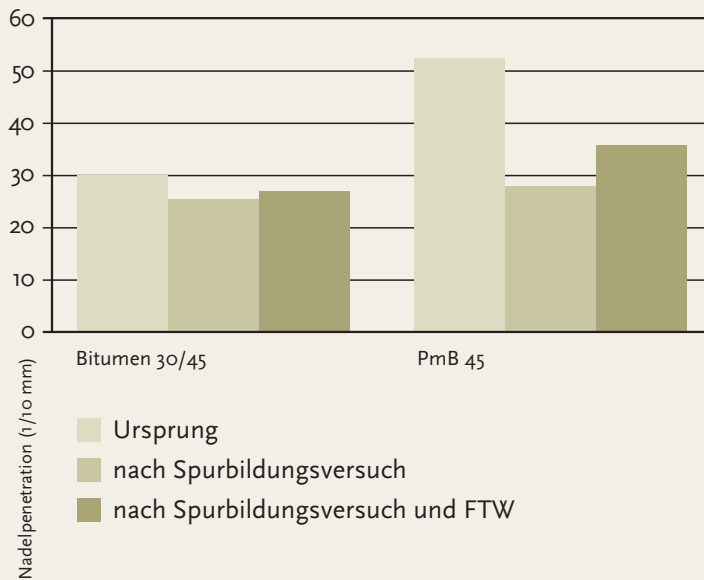
Der Nachweis der Alterungsbeständigkeit sollte nicht am reinen Bindemittel, sondern entsprechend den Vorbemerkungen am fertigen Mischgut erbracht werden. Hierzu wurden Probeplatten hergestellt, die einer Frost-Tau-Beanspruchung im wassergesättigten Zustand ausgesetzt wurden. Die Herstellung der sechs Probeplatten je Variante erfolgte mit dem Lamellenverdichter, wie unter 3.1 beschrieben. Nach der Frost-Tau-Beanspruchung wurde die Verformungsbeständigkeit mit dem Spurbildungsgerät untersucht, um hieraus Aussagen über das Alterungsverhalten abzuleiten.

4.1 Durchführung der Frostbeanspruchung

Die Frostbeanspruchung wurde im Klimaraum des „isac“ durchgeführt. Hierzu wurden die 18 Probeplatten in einzelnen Behältern nach 24-stündiger Wasserlagerung einer 25-fachen Frost-Tau-Wechsel-Beanspruchung unterworfen. Anschließend wurden die Behälter beim Auftauvorgang vollständig mit Wasser gefüllt, während beim Gefriervorgang etwa ein Drittel der Probeplatte unter Wasser gelagert war. Dieser Vorgang wurde 35-mal wiederholt. Anschließend wurden die Probeplatten im Spurbildungsgerät auf ihre Verformungsbeständigkeit hin untersucht.

4.2 Ergebnisse der Bindemitteluntersuchungen

Um die Auswirkungen der in 4.1 beschriebenen Versuche auf die unterschiedlichen Bindemittel zu untersuchen, wurden zusätzlich zu verschiedenen Zeitpunkten die Bindemittel-eigenschaften (Nadelpenetration und Erweichungspunkt) ermittelt. Dies erfolgte im Anlieferungszustand, nach dem Spurbildungsversuch ohne Frost-Tau-Beanspruchung und nach dem Spurbildungsversuch nach Frost-Tau-Beanspruchung. Die Untersuchungsergebnisse sind in den folgenden beiden Abbildungen dargestellt.

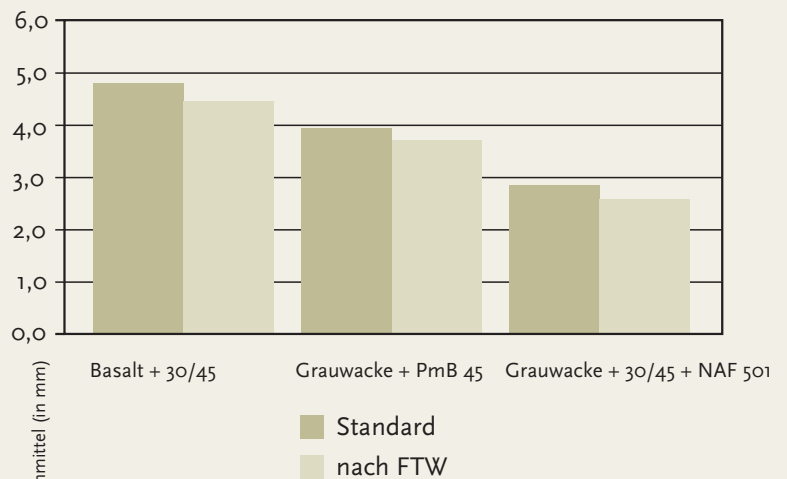


Es zeigt sich, dass die Verhärtung des Bindemittels, die auch bei der Alterung auftritt, nach dem Spurbildungsversuch ohne Frost-Tau-Beanspruchung in etwa genauso groß oder noch größer ist als die Verhärtung nach dem Spurbildungsversuch mit Frost-Tau-Beanspruchung.

4.3 Ergebnisse der Spurbildungsversuche

Bei der Durchführung des Spurbildungsversuchs wurden die gleichen Prüfbedingungen gewählt wie bei den Probeplatten ohne Frostbeanspruchung siehe 3.2. Auch hier wurden die Raumdichte und die hieraus errechneten Verdichtungsgrade und Hohlraumgehalte ermittelt. Die folgende Abbildung enthält den Vergleich zwischen den erreichten Mittelwerten der Spurtiefen vor und nach der Frost-Tau-Beanspruchung je Mischgutvariante.

Spurtiefen der einzelnen Varianten vor und nach der Frost-Tau-Beanspruchung



Die Mittelwerte nach der Frost-Tau-Beanspruchung sind bei allen drei Bindemitteln geringer als ohne Frost-Beanspruchung. Beim Normenbitumen beträgt der Unterschied 0,4 mm, beim PmB 0,3 mm und bei Zugabe von NAF 501 0,2 mm. Hieraus kann der Trend zu einer geringen „Verhärtung“ der Asphaltmischung abgeleitet werden. Aufgrund der Streuungen des Spurbildungstests und der Verteilung der Einzelwerte sind sie statistisch nicht nachweisbar.

Es fällt jedoch auf, dass bei der Variante Bitumen ohne Frostbeanspruchung keine Spurtiefe kleiner als 4,0 mm war. Nach den Beanspruchungen war die Hälfte der Einzelergebnisse kleiner als 4,0 mm, und die Spannweite betrug 4,1 mm. Ohne Frosteinwirkung ergab sich die Spannweite von 2,4 mm. Bei den Mischungen mit PmB ergaben sich Werte von 3,4 mm (vor) und 1,0 mm (nach). Die Spannweite der Einzelwerte

bei den Varianten mit NAF 501 waren deutlich kleiner und betragen nur 0,9 mm (nach) bzw. 1,3 mm (vor). Daraus kann gefolgert werden, dass sich mit NAF 501 die besten Ergebnisse bezügl. der Homogenität des Asphaltmischguts erzielen lassen. Der Einfluss von Wasser ist somit am geringsten. Andere Einflüsse, wie z. B. der Hohlraumgehalt, konnten nicht nachgewiesen werden.

5. Untersuchung der Verdichtbarkeit

Die Verdichtbarkeit der drei Varianten wurde nach der „Arbeitsanleitung für die Bestimmung der Verdichtbarkeit von Walzasphalt mit Hilfe des Marshall-Verfahrens“ der FGSV ermittelt. Es wurde das Verfahren über die Dichteänderung gewählt, wozu insgesamt 18 Marshall-Probekörper hergestellt wurden. Die einzelnen Ergebnisse sind in der unten stehenden Grafik aufgeführt.

Der geringste Verdichtungswiderstand ist beim Asphaltbinder 0/16 S mit Grauwacke, Bitumen 30/45 und NAF 501 ($C = 38$) 42 Nm vorhanden. Die Variante mit Grauwacke und PmB 45 weist einen Verdichtungswiderstand von ($C = 50$) 42 Nm auf, während der größte Verdichtungswiderstand bei der Variante mit Basalt und Bitumen 30/45 ($C = 86$) 42 Nm vorhanden ist.

6. Beurteilung

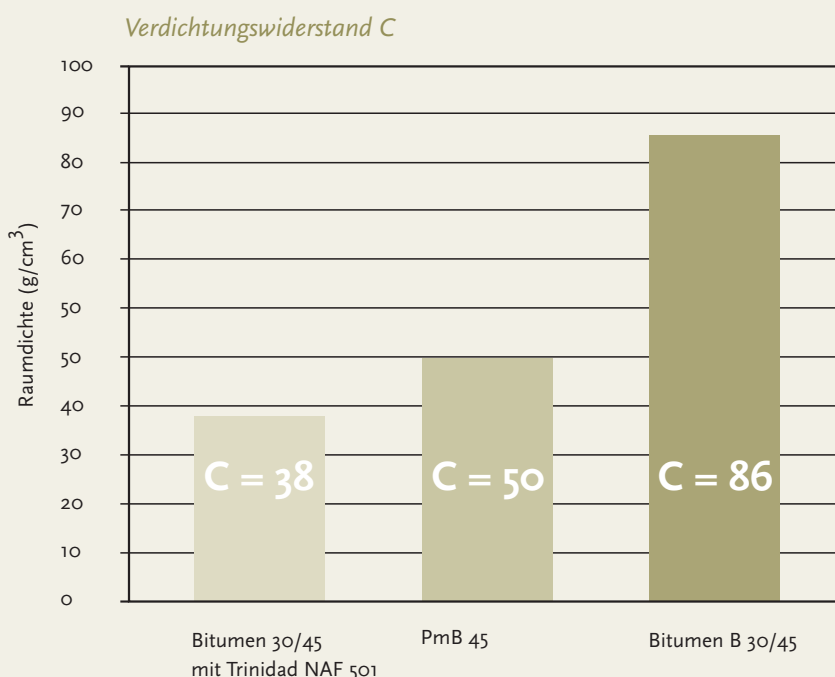
Der untersuchte Asphaltbinder 0/16 S mit Grauwacke, Bitumen 30/45 und NAF 501 weist im Spurbildungsversuch nach TP A-StB mit 2,9 mm bessere Ergebnisse auf als die Varianten mit Grauwacke und PmB 45 (4,0 mm) sowie mit Basalt und Bitumen 30/45 (4,8 mm). Dies lässt auf einen günstigen Einfluss des NAF 501 hinsichtlich der Verformungsbeständigkeit schließen.

Verglichen mit dem Ursprungsbitumen (30/45) wird eine Verringerung der Spurtiefe von ca. 40 % erreicht, wobei beim Ursprungsbitumen eine andere Gesteinsart zur Anwendung kam. Die Verformungsbeständigkeit von Asphalten mit Grauwacke ist wegen des Stripping-Effektes im Spurbildungsversuch jedoch tendenziell als schlechter zu bewerten. Wie hoch diese Wirkung bei realen Mineralstoffen ist, kann jedoch nicht gesagt werden.

Das Alterungsverhalten wurde nach einer Frost-Tau-Belastung an Spurbildungsprobekörpern untersucht. Hieraus kann ein Trend zu einer geringen „Verhärtung“ der Asphaltmischung abgeleitet werden, welcher aufgrund der Streuungen des Spurbildungstests und der Verteilung der Einzelwerte statistisch nicht nachweisbar war. Außerdem zeigen die Bindemitteluntersuchungen, dass keine zusätzliche Alterung des Bindemittels durch den Frost-Tau-Vorgang erfolgte. Die deutlich geringeren Spannweiten der Einzelwerte weisen auf eine Homogenisierung des Asphaltmischgutes bei Verwendung von NAF 501 hin, die sich positiv auf den nachteiligen Einfluss von Wasser auswirken.

Der Verdichtungswiderstand ist bei der Variante mit NAF 501 am geringsten, und bei der Variante mit Basalt und Bitumen 30/45 am größten.

Insgesamt kann festgehalten werden, dass unter den oben beschriebenen Bedingungen durch den Zusatz von NAF 501 ein besserer Verformungswiderstand bei günstigerem Einbauverhalten erreicht wird.



TRINIDAD NAF 501 ALS BINDEMittelZUGABE – ANLAGE 1

Probe [-]	Bindemittel [Gew. -%]	Bitumenart [-]	Gesteinsart [-]	Plattenkennwerte				Spurtiefen		Mittelwert [mm]
				Raum- dichte [g/cm ³]	Verdicht.- grad [%]	Hohlraum- gehalt [Vol. -%]	Dicke [cm]	[mm]	Mittel [mm]	
S 229a	4,7	30/45	Basalt	2,575	101,8	6,7	6,1	6,5	5,2	
S 229b	4,7	30/45	Basalt	2,598	102,7	5,8	6,0	3,9		
S 230a	4,7	30/45	Basalt	2,548	100,8	7,6	6,1	5,3	3,9	4,4
S 230b	4,7	30/45	Basalt	2,611	103,2	5,4	6,0	2,4		
S 231a	4,7	30/45	Basalt	2,588	102,3	6,2	6,0	4,8	4,2	
S 231b	4,7	30/45	Basalt	2,601	102,8	5,7	6,0	3,5		
S 232a	4,7	PmB 45	Grauwacke	2,333	101,3	6,9	6,1	4,2	3,9	
S 232b	4,7	PmB 45	Grauwacke	2,336	101,4	6,8	6,1	3,6		
S 233a	4,7	PmB 45	Grauwacke	2,349	102,0	6,3	6,1	3,2	3,3	3,7
S 233b	4,7	PmB 45	Grauwacke	2,348	101,9	6,3	6,0	3,4		
S 234a	4,7	PmB 45	Grauwacke	2,339	101,5	6,7	6,1	3,9	3,9	
S 234b	4,7	PmB 45	Grauwacke	2,326	101,0	7,2	6,1	3,9		
S 235a	5,0	30/45+NAF 501	Grauwacke	2,352	101,9	6,4	6,1	3,1	2,9	
S 235b	5,0	30/45+NAF 501	Grauwacke	2,348	101,7	6,6	6,1	2,7		
S 236a	5,0	30/45+NAF 501	Grauwacke	2,342	101,4	6,8	6,1	3,2	3,0	2,7
S 236b	5,0	30/45+NAF 501	Grauwacke	2,334	101,1	7,1	6,1	2,8		
S 237a	5,0	30/45+NAF 501	Grauwacke	2,347	101,6	6,6	6,1	2,3	2,3	
S 237b	5,0	30/45+NAF 501	Grauwacke	2,364	102,4	5,9	6,0	2,3		

Probe [-]	Bitumen [Gew. -%]	Bitumenart [-]	Gesteinsart [-]	Plattenkennwerte				Spurtiefen		Mittelwert [mm]
				Raum- dichte [g/cm ³]	Verdicht.- grad [%]	Hohlraum- gehalt [Vol. -%]	Dicke [cm]	[mm]	Mittel [mm]	
S 225a	4,7	30/45	Basalt	2,566	101,5	7,0	6,0	6,4	5,2	
S 225b	4,7	30/45	Basalt	2,538	100,4	8,0	6,0	4,0		
S 238a	4,7	30/45	Basalt	2,591	102,5	6,1	6,0	4,6	4,6	4,8
S 238b	4,7	30/45	Basalt	2,566	101,5	7,0	6,0	4,6		
S 239a	4,7	30/45	Basalt	2,588	102,3	6,2	6,0	5,1	4,7	
S 239b	4,7	30/45	Basalt	2,601	102,8	5,7	6,0	4,2		
S 224a	4,7	PmB 45	Grauwacke	2,307	100,1	8,0	6,1		3,1	
S 224b	4,7	PmB 45	Grauwacke	2,327	101,0	7,2	6,1	3,1		
S 227a	4,7	PmB 45	Grauwacke	2,305	100,0	8,1	6,2	6,4	5,5	4,0
S 227b	4,7	PmB 45	Grauwacke	2,308	100,2	7,9	6,2	4,5		
S 240a	4,7	PmB 45	Grauwacke	2,333	101,3	6,9	6,1	3,0	3,3	
S 240b	4,7	PmB 45	Grauwacke	2,348	101,9	6,3	6,0	3,6		
S 226a	5,0	30/45+NAF 501	Grauwacke	2,342	101,4	6,8	6,1	3,4	3,4	
S 226b	5,0	30/45+NAF 501	Grauwacke	2,338	101,3	7,0	6,1	3,3		
S 228a	5,0	30/45+NAF 501	Grauwacke	2,323	101,6	7,6	6,2	2,8	2,5	2,9
S 228b	5,0	30/45+NAF 501	Grauwacke	2,321	101,5	7,6	6,2	2,1		
S 241a	5,0	30/45+NAF 501	Grauwacke	2,364	102,4	5,9	6,1	2,9	2,8	
S 241b	5,0	30/45+NAF 501	Grauwacke	2,369	102,6	5,7	6,0	2,7		