

## Datentechnische Erfassung und Auswertung von Prüfdaten zur Erfahrungssammlung

FA 29.327

Forschungsstelle: Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Verkehrswegebau (Prof. Dr.-Ing. M. Radenberg)

Bearbeiter Radenberg, M.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn

Abschluss: Juni 2017

### 1 Einleitung

Zur Überprüfung und Gewährleistung der Qualität von Asphaltstraßen werden seit vielen Jahren auch Prüfungen an bitumenhaltigen Bindemitteln im Rahmen der bauvertraglichen Vorgaben durchgeführt. Trotz überwiegender Einhaltung dieser Vorgaben wurden in der Vergangenheit unzureichende Dauerhaftigkeiten von Asphaltschichten beobachtet, deren Ursache auch in der Bindemittelqualität vermutet wurde. Vor diesem Hintergrund hat die Arbeitsgruppe "Asphaltbauweisen" der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) unter anderem erweiterte Prüfungen an bitumenhaltigen Bindemitteln festgelegt und zunächst mit dem Allgemeinen Rundschreiben Straßenbau (ARS) Nr. 11/2012 [ARS 11/2012, 2012] und dann mit ergänzenden Ausgaben der [TL Asphalt-StB 07/13, 2013] und der [ZTV Asphalt-StB 07, 2007] eingeführt.

Diese umfassen die Prüfung des Erweichungspunkts Ring und Kugel und der Nadelpenetration sowie Prüfungen mit dem Dynamischen Scherrheometer (inklusive MSCR-Prüfung) und mit dem Biegebalkenrheometer an vier verschiedenen Straßenbaubitumen und drei Polymermodifizierten Bindemitteln. Teilweise werden diese Prüfungen zusätzlich nach einer Kurzzeit- und Langzeitalterung durchgeführt.

Während der Laufzeit des Projekts wurde eine Datenbank mit entsprechendem Webserver aufgebaut und betrieben. In dieser Datenbank wurden die Basisdaten statistisch analysiert und ausgewertet. Neben der Plausibilitätskontrolle zur Vermeidung von Fehleingaben der eingespeisten Werte, wurde eine erweiterte Betrachtung der Prüfungen gemäß den aktuellen Regelwerken durchgeführt und es wurden alternative Bewertungsmöglichkeiten untersucht.

### 2 Zielsetzung

Ziel des Forschungsprojekts war es, einen aussagekräftigen und repräsentativen Bewertungshintergrund für die performance-orientierten Bindemittelprüfungen mit dem Biegebalkenrheometer gemäß [DIN EN 14771, 2012] und dem Dynamischen Scherrheometer gemäß [DIN EN 14770, 2012] inklusive MSCR-Prüfung nach der [AL MSCR-Prüfung, 2012] und den Prüfungen zur Kurzzeit- und Langzeitalterung gemäß [DIN EN 12607-1, 2007] beziehungsweise [DIN EN 14769, 2012] sowie die gemäß den [TL Asphalt-StB, 2007] als "ist anzugeben" gekennzeichneten Asphaltprüfungen (proportionale Spurrinntiefe, Hohlraumausfüllungsgrad, dynamische Stempeleindringtiefe) zu ermitteln. Dadurch sollte es ermöglicht werden, zweckmäßige Prüfkriterien

zu erkennen und gegebenenfalls sinnvolle Grenzwerte für diese festzulegen.

### 2.1 Dateneingang

Bis zum letzten Export der Datensätze im Rahmen dieses Projekts sind 8 844 Datensätze eingegangen. In Bild 1 ist die Datenvolumenentwicklung über die Projektlaufzeit dargestellt.

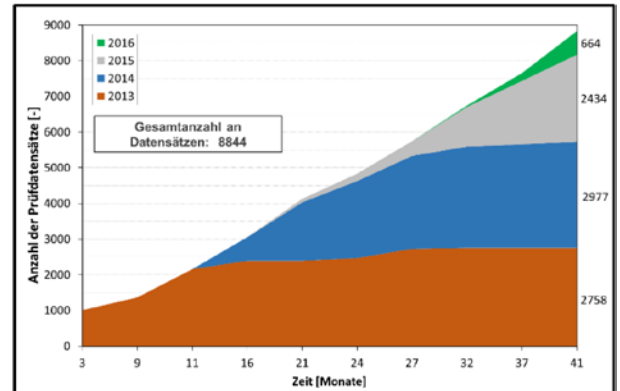


Bild 1: Datenvolumenentwicklung

Der Hauptteil der Daten wurde von Mischgutherstellern geliefert. Das Datenvolumen unterteilt sich nach den drei Quellen Bindemittelhersteller (BH), Mischguthersteller (MGH) und Auftraggeber (AG).

Zur Bewertung der Ergebnisse wurden die Daten aus den Untersuchungsjahren 2014 und 2015 herangezogen.

### 3 Untersuchungsergebnisse

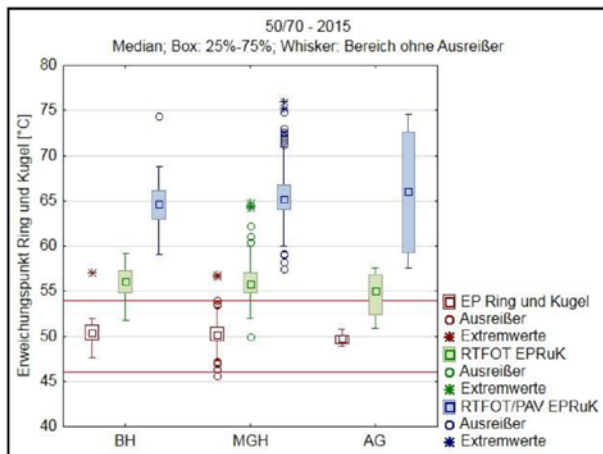
Die Prüfung der Bindemittel erfolgte nach dem jeweils gültigen Regelwerk.

#### 3.1 Standard-Kennwerte

Die gelieferten Datensätze der Standard-Kennwerte (Erweichungspunkt Ring und Kugel und Nadelpenetration) wurden zunächst statistisch bewertet und anhand von Box-Whisker-Plots dargestellt und auf die Einhaltung der Anforderungsgrenzen gemäß Regelwerk untersucht (Beispiel siehe Bild 2).

Auffällig war, dass die Straßenbaubitumen 50/70, 70/100 und 160/220 tendenziell härter ausfielen, als dies laut Klassifizierung der Fall sein sollte, was sich in einer relativ häufigen Unterschreitung des Anforderungswerts an die Nadelpenetration äußerte.

Grundsätzlich ist bei den Straßenbaubitumen eine relativ gute Identifizierung durch die kombinatorische Betrachtung der Standard-Kenndaten Nadelpenetration und Erweichungspunkt Ring und Kugel möglich. Dabei weisen die Bitumensorten 50/70 und 70/100 jedoch größere Überschneidungsbereiche auf.



**Bild 2: Erweichungspunkt Ring und Kugel Bitumen 50/70, Untersuchungsjahr 2015**

Zum Alterungsverhalten ist festzustellen, dass etwa gleiche mittlere Veränderungen der Erweichungspunkte Ring und Kugel der Bindemittel infolge der beiden Alterungsstufen festgestellt wurden. Diese lagen bei ca. +6 °C (RTFOT-gealtert) und +15 °C (RTFOT- und PAV-gealtert). Die mittleren Veränderungen der Nadelpenetration zeigten hingegen eine Abhängigkeit von der Bitumenhärte. Die prozentuale Abnahme der Nadelpenetration erhöhte sich mit abnehmender Bitumenhärte.

Bei den Polymermodifizierten Bindemitteln hingegen war keine deutliche Identifizierung der Bindemittelsorte anhand der Standard-Kennwerte möglich. Die durch Laboralterung bedingte Abnahme der Nadelpenetration und die Zunahme des Erweichungspunkts Ring und Kugel variierten je nach Bindemittelsorte. Aufgrund dieser Variationen kam es bei der Betrachtung der Daten nach RTFOT- und PAV-Alterung zu einer deutlichen Streuung der Datenwerte.

### 3.2 BBR-Ergebnisse

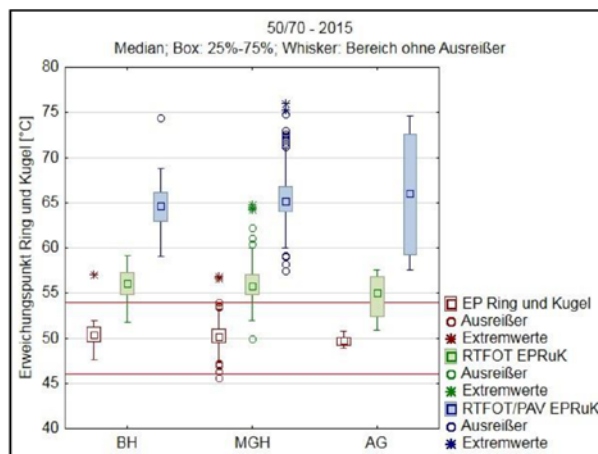
Auch für die BBR-Ergebnisse erfolgte eine statistische Analyse des m-Werts und der Biegekriechsteifigkeit in Abhängigkeit von der Prüftemperatur.

Bei den Straßenbaubitumen konnte durch die Gegenüberstellung der Biegekriechsteifigkeit und des m-Werts eine gute Abgrenzung der verschiedenen Bindemittelsorten vorgenommen werden. Mit abnehmender Prüftemperatur streuten die Werte jedoch zunehmend. Daher wurden zur Bestimmung der Temperaturen  $T_{S300}$  und  $T_{m0,3}$  ausschließlich die Prüftemperaturen von -10 und -16 °C berücksichtigt.

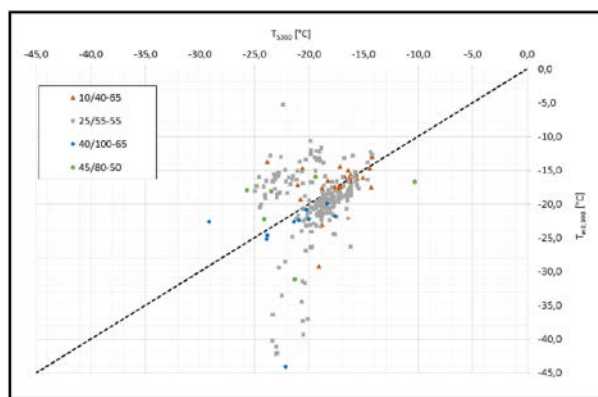
Auch bei der Gegenüberstellung der kritischen Temperaturen  $T_{S300}$  und  $T_{m0,3}$  der Straßenbaubitumen wiesen die verschiedenen Bindemittelsorten relativ hohe Überschneidungsbereiche auf, wobei die Temperaturen des 30/45 tendenziell am höchsten lagen und mit Abnahme der Bindemittelhärte die ermittelten Temperaturen absanken (Bild 3).

Im Gegensatz zu den Straßenbaubitumen war bei den polymermodifizierten Bindemitteln keine Gruppierung der Daten unterhalb der Winkelhalbierenden erkennbar. Zwar befindet sich der etwas größere Teil der Daten unterhalb der Winkelhalbierenden,

jedoch streuen hier die Werte sehr stark sowohl unterhalb als auch oberhalb der Winkelhalbierenden (Bild 4).



**Bild 3: BBR-Ergebnisse der Straßenbaubitumen, Untersuchungsjahr 2015**

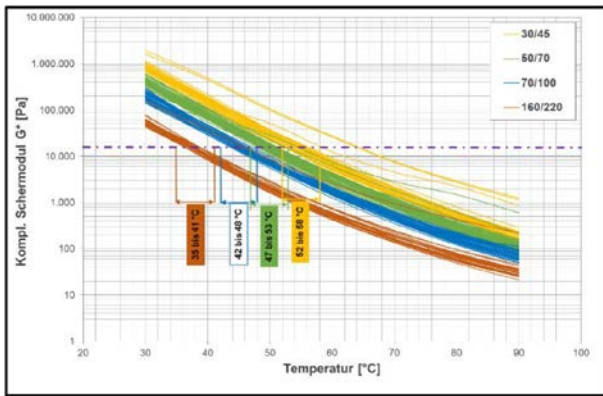


**Bild 4: BBR-Ergebnisse der modifizierten Bindemittel, Untersuchungsjahr 2015**

### 3.3 DSR-Ergebnisse

Auch die Daten der DSR-Ergebnisse wurden zunächst statistisch bewertet. Zur weitergehenden Bewertung der DSR-Ergebnisse wurde die jeweilige Äquisteifigkeitstemperatur herangezogen. Diese entspricht der Temperatur, bei der der komplexe Schermodul einen Wert von 15,0 kPa erreicht [Projekt 16639 N/1, 2014]. Zusätzlich wird der Phasenwinkel bestimmt, der bei der Äquisteifigkeitstemperatur vorliegt (Beispiel siehe Bild 5).

Bei der ebenfalls vorgenommenen Betrachtung der Phasenwinkel bei einem komplexen Schermodul von 1,0 kPa ließ sich eine sichere Einteilung aller Straßenbaubitumen mit einem Bereich von 85 bis 89° erkennen. Die polymermodifizierten Bindemittel hingegen lagen in einem Bereich von 67 bis 86° und grenzten sich damit hinreichend gut von den Straßenbaubitumen ab.



**Bild 5: Äquisteifigkeitstemperatur der Straßenbaubitumen, Untersuchungs-jahr 2015**

Die Zusammenfassung dieser Kenndaten ist in Tabelle 1 und 2 dargestellt.

**Tabelle 1: Zusammenfassung der rheologischen Kenndaten der Straßenbaubitumen**

Binde-mittel	T bei G* = 15,0 kPa		Phasen- -winkel bei G* = 15,0kPa		Phasen-winkel bei G* = 1,0 kPa	
	min T [°C]	max T [°C]	min δ [°]	max δ [°]	min δ [°]	max δ [°]
30/45	52	58	76	86	85	89
50/70	47	53	76	86	85	89
70/100	42	48	77	86	85	89
160/220	35	41	77	86	85	89

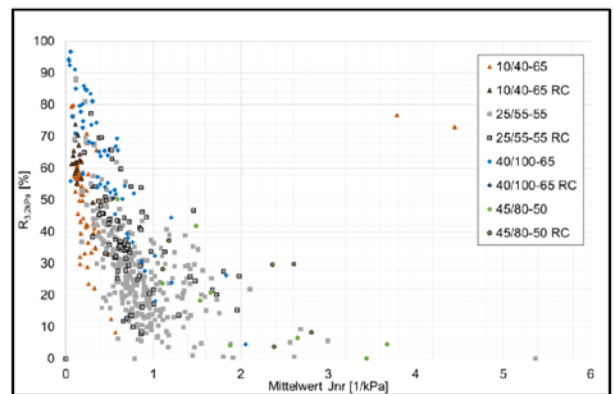
**Tabelle 2: Zusammenfassung der rheologischen Kenndaten der polymermodifizierten Bitumen**

Binde-mittel	T bei G* = 15,0 kPa		Phasen-winkel bei G* = 15,0 kPa		Phasen-winkel bei G* = 1,0 kPa	
	min T [°C]	max T [°C]	min δ [°]	max δ [°]	min δ [°]	max δ [°]
25/55-55 A	48	62	62	78	71	86
10/40-65 A	56	68	62	78	73	81
40/100-65 A	48	58	60	72	67	80

3.4 MSCR-Ergebnisse

Die MSCR-Ergebnisse der Straßenbaubitumen konnten nicht anhand der prozentualen Verformung über den nicht rückverformbaren Anteil bewertet werden, da für die prozentuale Rückverformung teilweise negative Werte erfasst wurden. Dieser Effekt verstärkte sich mit abnehmender Bindemittelhärte. Demnach scheint das Prüfverfahren nach derzeitigem Kenntnisstand für Straßenbaubitumen nicht sinnvoll zu sein.

Die Auswertung der MSCR-Daten hat grundsätzlich gezeigt, dass die größte Differenzierung der Werte bei einer Kriechspannung von 3,2 kPa gegeben war. Wird bei den Polymermodifizierten Bindemitteln die prozentuale Rückverformung gegen den nicht rückverformbaren Anteil aufgetragen, zeigt sich eine gewisse Gruppierung in Abhängigkeit von der Bindemittelsorte (Bild 6).



**Bild 6: Ergebnisse der MSCR-Auswertung für Polymermodifizierte Bitumen, Untersuchungs-jahr 2014**

4 Folgerungen für die Praxis

4.1 Proportionale Spurrinnentiefe

Bezogen auf die Asphaltbetonkonzepte zeigte sich eine Abstufung der proportionalen Spurrinnentiefe in Abhängigkeit von dem Größtkorn. Dabei nahm die proportionale Spurrinnentiefe mit zunehmendem Größtkorn ab. Dabei lagen für alle geprüften Konzepte Überschneidungsbereiche vor.

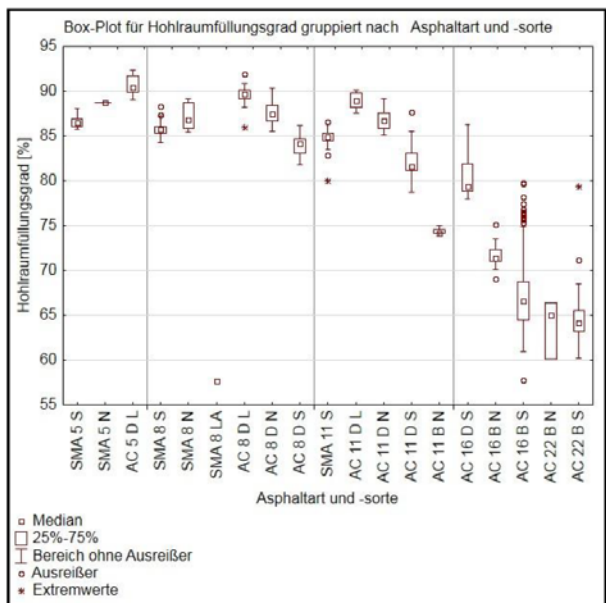
Anhand dieser Daten konnten Erfahrungswerte für die proportionale Spurrinnentiefe in Abhängigkeit von der Asphaltart und -sorte formuliert werden (Tabelle 3).

**Tabelle 3: Erfahrungswerten für die proportionale Spurrinnentiefe**

Asphaltart und -sorte	Proportionale Spurrinnentiefe	
	Minimum [%]	Maximum [%]
SMA 8 S	2	10
SMA 11 S	2	10
AC 8 D S	5	12
AC 11 D S	3	11
AC 16 B S	2	6
AC 22 B S	1	5

## 4.2 Hohlraumausfüllungsgrad

Auch bei dem Hohlraumausfüllungsgrad zeigte sich eine Abhängigkeit von dem verwendeten Größtkorn. Je größer dieses war, desto niedriger war der Hohlraumausfüllungsgrad. Zusätzlich konnte eine Abhängigkeit von der Art der Belastung, für die die jeweilige Asphaltart konzipiert wurde, festgestellt werden. Asphaltkonzepte für eine leichte Beanspruchung wiesen einen größeren Hohlraumausfüllungsgrad auf als für eine normale Beanspruchung. Bei besonderer Beanspruchung sank der Hohlraumausfüllungsgrad erneut. Die Deckschichten und Binderschichten ließen sich anhand des Hohlraumausfüllungsgrads klar voneinander trennen (Bild 7).



**Bild 7: Hohlraumausfüllungsgrad in Abhängigkeit von der Asphaltart und -sorte**

Auch hier wurden anhand der Ergebnisse Erfahrungswerte in Abhängigkeit von der Asphaltart und -art formuliert. Diese weisen für die Deckschichten eine Spannweite von 5 % auf und für die Binderschichten aufgrund der festgestellten größeren Streuung eine Spannweite von 5 bis 10 %.

## 4.3 Dynamische Stempelleindringtiefe

Bei den Gussasphalten war eine gute Abstufung der Werte der dynamischen Stempelleindringtiefe in Abhängigkeit von dem Größtkorn zu erkennen. Mit steigendem Größtkorn nahm die proportionale Spurrinnentiefe ab.

Aus diesen Ergebnissen wurden Erfahrungswerte für die proportionale Spurrinnentiefe in Abhängigkeit von der Gussasphaltart abgeleitet (Tabelle 4).

**Tabelle 4: Erfahrungswerte für die dynamische Stempelleindringtiefe an Gussasphalten bei n = 2 500**

Asphaltart	Minimalwert der Stempelleindringtiefe [mm]	Maximalwert der Stempelleindringtiefe [mm]
MA 5 S	1,0	3,5
MA 8 S	0,8	3,0
MA 11 S	0,5	2,5

## 5 Fazit und Ausblick

Im Rahmen dieses Projekts konnten Erfahrungswerte für die verschiedenen Ergebnisparameter formuliert werden, die bei zukünftigen Diskussionen zur Regelwerksanpassung berücksichtigt werden sollten.

Das Alterungsverhalten sollte zur Beurteilung des Kälteverhaltens von Bindemitteln mit einbezogen werden. In weiteren Untersuchungen sollten potenzielle Korrelationen bezüglich des Alterungsverhaltens der Bindemittel und den BBR-Ergebnissen und gegebenenfalls auch den DSR-Ergebnissen überprüft werden. Dies soll dazu dienen, das Alterungsverhalten möglichst umfassend zu beschreiben, um in weiterer Forschungsarbeit den Zusammenhang zwischen der Alterung des Bindemittels und der Dauerhaftigkeit des Asphalts bewerten zu können.

Die DSR-Prüfung hat sich als geeignet zur Differenzierung der Bindemittelsorte bei den Straßenbaubitumen herausgestellt. Mit der Ermittlung des Phasenwinkels bei einem komplexen Schermodul von 1,0 kPa konnte ein ergänzender Bewertungsparameter eingeführt werden.

Zur Beurteilung der MSCR-Ergebnisse bedarf es eines erweiterten Bewertungshintergrunds, welcher durch ergänzende Forschung geschaffen werden müsste.

Die Bewertung der BBR-Ergebnisse erfolgte anhand der kritischen Temperaturen. Zur Ermittlung dieser stellten sich die Prüftemperaturen -10 °C und -16 °C als hinreichend geeignet heraus.

Die in diesem Projekt formulierten Werte der Asphalt-Kenndaten sollten in Zukunft als Orientierungswerte Berücksichtigung finden und durch weitere Erfahrungssammlung bestätigt oder gegebenenfalls angepasst werden. In wie weit sich Teile dieser Werte sinnvoll in das zukünftige Regelwerk integrieren lassen, sollte kritisch diskutiert werden.

## 6 Literaturverzeichnis

AL MSCR-Prüfung, 2012: Arbeitsanleitung zur Bestimmung des Verformungsverhaltens von Bitumen und bitumenhaltigen Bindemitteln im Dynamischen Scherrheometer (DSR) – Durchführung der MSCR-Prüfung (Multiple Stress Creep and Recovery Test). Köln: FGSV Verlag, 2012

ARS 11/2012, 2012: Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 11/2012 (ARS 11/2012) – Änderungen und Ergänzungen des Technischen Regelwerkes Asphaltstraßen. s. I.: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, 2012

- DIN EN 12607-1, 2007: Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung der Beständigkeit gegen Verhärtung unter Einfluss von Wärme und Luft – Teil 1: RTFOT-Verfahren. Fassung 2014. Berlin: Beuth Verlag, 2007
- DIN EN 14769, 2012: Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Beschleunigte Langzeit-Alterung mit einem Druckalterungsbehälter (PAV). Berlin: Beuth Verlag, 2012
- DIN EN 14770, 2012: Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung des komplexen Schermoduls und des Phasenwinkels – Dynamisches Scherrheometer (DSR). Berlin: Beuth Verlag, 2012
- DIN EN 14771, 2012: Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung der Biegekriechsteifigkeit – Biegebalkenrheometer (BBR). Berlin: Beuth Verlag, 2012
- Projekt 16639 N/1, 2014: Einfluss der chemischen, rheologischen und physikalischen Grundeigenschaften von Straßenbaubitumen auf das Adhäsionsverhalten unterschiedlicher Gesteinskörnungen – Schlussbericht. Vorhaben 16639 N/1. Bochum: Lehrstuhl für Verkehrswegebau, Ruhr-Universität Bochum, 2014
- TL Asphalt-StB 07/13, 2007: Technische Lieferbedingungen für Asphaltmischgut für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen. Köln: FGSV Verlag, 2007. Fassung 2013
- ZTV Asphalt-StB 07, 2007: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen aus Asphalt. Köln: FGSV Verlag, 2007. Fassung 2013