

## Ermittlung der herstellungsbedingten Streuungen von Asphaltmischanlagen zur Gewinnung einer Gesamttoleranz gemäß ZTV Asphalt-StB

FA 7.223

Forschungsstelle: Technische Universität Braunschweig,  
Institut für Straßenwesen (Prof. Dr. techn.  
Dipl.-Ing. M. P. Wistuba)

Bearbeiter: Büchler, S. / Wistuba, M. P.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau und  
Stadtentwicklung, Bonn

Abschluss: Februar 2015

### 1 Zielsetzung und Vorgehen

Bei der Herstellung von Asphaltmischgut in Asphaltmischwerken sind Streuungen der qualitätsbestimmenden Mischgutparameter unvermeidbar. Im Technischen Regelwerk (ZTV Asphalt-StB) werden diese Streuungen über Toleranzen für die Prüfungen der maßgebenden Kenngrößen berücksichtigt. Diese Toleranzen setzen sich aus der statistisch ermittelten Präzision des jeweiligen Prüfverfahrens und den geschätzten Streuungen von der Herstellung bis zur Probenahme zusammen.

Zur besseren Absicherung der Toleranzen für die heute gängigen Asphaltmischwerke wurden im Rahmen dieses Forschungsprojekts die herstellungsbedingten Streuungen ermittelt. So konnten Mischwerke aus dem gesamtdeutschen Raum gewonnen werden, welche folgende Asphaltarten produzierten:

- AC 32 T S,
- AC 22 B S,
- AC 11 D S,
- SMA 8 S und
- PA 8.

Dabei wurde an jedem Mischwerk zum einen im "Tagesbetrieb" (unterbrochene, geringe Produktion; zwischenzeitlich wurde anderes Asphaltmischgut produziert) und zum anderen bei "kontinuierlichem Betrieb" (kontinuierliche, große Produktion, ohne Wechsel der Asphaltart) produziert.

Jede Asphaltart wurde an fünf unterschiedlichen Mischwerken hergestellt. An jedem Mischwerk wurden beide Produktionsarten realisiert. Lediglich PA 8 wurde nur kontinuierlich produziert.

Die Anzahl der Proben ergab sich zu:

- 5 Asphaltarten produziert an
- 5 Mischwerken bei
- 2 Produktionsarten und jeweils
- 5 Proben.

Insgesamt wurden somit 250 Asphalt-Proben analysiert.

Die zu untersuchenden Kenngrößen richteten sich nach den im Regelwerk (ZTV Asphalt-StB 07/13) maßgebenden Kenngrößen. Diese sind:

- Bindemittelgehalt gemäß TP Asphalt-StB, Teil 1,

- Kenngrößen der Korngrößenverteilung gemäß TP Asphalt-StB, Teil 2: Kornanteile
  - Füller < 0,063 mm,
  - Feinanteil < 0,125 mm,
  - Feine Gesteinskörnung 0,063 – 2,0 mm,
  - Grobe Gesteinskörnung > 2,0 mm und
  - Grobkornanteil,
- Raumdichte gemäß TP Asphalt-StB, Teil 6,
- Rohdichte gemäß TP Asphalt-StB, Teil 5 und
- Hohlraumgehalt gemäß TP Asphalt-StB, Teil 8.

### 2 Vergleich der Mischwerke

In einem ersten Schritt wurden die Abweichungen von der Soll-Vorgabe der Eignungsnachweise auf Ebene der Mischwerke durch Mittelwertvergleiche und Varianztests bestimmt. Dabei wurden die Fragen untersucht:

- Produzieren die Mischwerke innerhalb einer Asphaltart und einer Produktionsart auf dem gleichen Niveau?
- Sind die Streumaße der Mischwerke gleich?
- Bestehen Unterschiede in der Produktionsart?

Tabelle 1 gibt eine Übersicht der erzielten Ergebnisse. Jeder Eintrag gibt die Anzahl der Fälle statistischer Gleichheit in Prozent an. Eine Aussage von 100 % bedeutet, dass alle untersuchten Mischwerke ein gleiches Ergebnis beziehungsweise gleiche Streumaße erzeugen. Eine Aussage von 0 % bedeutet, dass alle ermittelten Ergebnisse voneinander verschieden sind.

In Tabelle 1 werden beim Vergleich innerhalb einer Produktionsart sowohl die Ergebnisse der Mittelwertvergleiche als auch – mit einem Schrägstrich abgetrennt – die Ergebnisse der Varianzvergleiche angegeben. Bei der Übersicht aller Kenngrößen für den Mittelwertvergleich kann festgestellt werden, dass nur in Ausnahmefällen eine eindeutige, zahlenmäßige Gleichheit beziehungsweise Ungleichheit erreicht wird (100 beziehungsweise 0 %). Aufgrund der mehrheitlich geringen Prozentzahlen wird als Tendenz die Ungleichheit in der Produktion festgestellt. Bei den Varianzanalysen wird zwar öfter die Gleichheit beziehungsweise Ungleichheit der Streumaße erreicht, eine eindeutige Aussage ist trotzdem nicht möglich. Hier wird eine so hohe Prozentzahl der statistischen Gleichheiten erreicht, dass als Tendenz die Gleichheit der Streuungen festzuhalten ist. Die Frage, ob Unterschiede in der Produktionsart bestehen, kann in Tabelle 1 nicht eindeutig beantwortet werden. Insgesamt werden hier aber hohe Übereinstimmungen festgestellt, sodass bezüglich der Produktionsart eine tendenzielle Gleichheit aller Mischwerke über alle Kenngrößen besteht. Damit kann festgehalten werden, dass alle untersuchten Mischwerke signifikant unterschiedlich produzieren. Sie unterliegen jedoch im Wesentlichen den gleichen Streuungen. Die Produktionen an einem Mischwerk sind wiederholbar,

es besteht im Wesentlichen kein Unterschied zwischen einer unterbrochenen und einer kontinuierlichen Produktion.

**Tabelle 1: Vergleich der Produktionsarten auf der Ebene der Mischwerke. Mittelwert- und Varianzvergleich verschiedener Mischwerke sowie unterschiedlicher Produktionsarten**

Kenngröße, Asphalt	Wie häufig produzieren die Mischwerke gleich?		Wie häufig ist die Produktion an einem Mischwerk gleich?
	kontinuierliche Produktion	unterbrochene Produktion	
	Mittelwert/Varianz gleich [%]	Mittelwert/Varianz gleich [%]	
<b>Bindemittelgehalt</b>			
AC 32 T S	20/90	10/100	60 %
AC 22 B S	30/50	90/100	67 %
AC 11 D S	67/50	67/67	100 %
SMA 8 S	60/60	67/67	100 %
PA 8	67/33	-	-
<b>Fülleranteil &lt; 0,063 mm</b>			
AC 32 T S	20/50	30/60	60 %
AC 22 B S	60/40	40/100	80 %
AC 11 D S	22/50	67/33	75 %
SMA 8 S	20/90	0/67	33 %
PA 8	33/100	-	-
<b>Feinanteil &lt; 0,125 mm</b>			
AC 32 T S	50/50	100/60	60 %
AC 22 B S	40/40	30/60	60 %
AC 11 D S	17/67	33/50	75 %
SMA 8 S <sup>1)</sup>	30/90	67/33	67 %
PA 8 <sup>1)</sup>	33/67	-	-
<b>Anteil feiner Gesteinskörnungen 0,063 – 2,0 mm</b>			
AC 32 T S	20/80	40/60	100 %
AC 22 B S	20/60	50/60	80 %
AC 11 D S	67/33	67/100	75 %
SMA 8 S	40/50	67/33	67 %
PA 8	33/33	-	-
<b>Anteil grober Gesteinskörnungen &gt; 2,0 mm</b>			
AC 32 T S	20/90	40/80	60 %
AC 22 B S	30/50	50/70	40 %
AC 11 D S	67/33	67/100	100 %
SMA 8 S	40/50	67/33	67 %
PA 8	33/33	-	-
<b>Grobkornanteil</b>			
AC 32 T S	40/100	50/80	80 %
AC 22 B S	30/30	60/100	60 %
AC 11 D S	100/100	83/100	100 %
SMA 8 S	20/80	0/33	0 %
PA 8	66/100	-	-

<sup>1)</sup> Wird nur zur Information angegeben. Keine Anforderungswerte gemäß Regelwerk.

### 3 Streumaße der Kenngrößen

In einem Ringversuch (mit statistisch veränderter Zielsetzung) wurden die an den Asphalten ermittelten Abweichungen von den Eignungsnachweisen untersucht. Das Ergebnis des

Ringversuchs ist für jede Kenngröße und Asphaltart das Streumaß der Mischwerke, gemittelt über beide Produktionsarten.

In Tabelle 2 sind diese Streumaße als Mittelwert und Standardabweichung angegeben. Dabei ist zu beachten, dass es sich

## Asphaltbauweisen

bei den Mittelwerten um Abweichungen vom Eignungsnachweis handelt, nicht um den ermittelten Zahlenwert der Kenngröße.

Weiterhin ist zu beachten, dass die Streumaße die Streuungen des Prüfverfahrens beinhalten.

**Tabelle 2: Resultierende Mittelwerte, Standardabweichungen und Toleranzen der Mischwerke auf der Ebene der Asphalte sowie die Verfahrenspräzision und Toleranz gemäß ZTV Asphalt-StB 07/13**

Kenngröße, Asphalt	Präzision der Herstellung an allen Mischwerken			Präzision des Prüfverfahrens	ZTV Asphalt-StB 07/13
	Mittelwert	Standardabweichung	Toleranz unter Vergleichs- bedingungen	Toleranz unter Vergleichs- bedingungen	Toleranz bei einem Prüfergebnis
<b>Bindemittelgehalt</b>					
AC 32 T S	+0,184	0,2548	±0,51	±0,33	±0,5
AC 22 B S	+0,095	0,2004	±0,43	±0,33	±0,4
AC 11 D S	+0,108	0,1316	±0,27	±0,19	±0,4
SMA 8 S	+0,053	0,2490	±0,51	±0,19	±0,4
PA 8	-0,030	0,116	±0,25	±0,19	±0,4
<b>Fülleranteil &lt; 0,063 mm</b>					
AC 32 T S	+0,848	0,8982	±1,70	±0,75	-3/+7
AC 22 B S	+0,513	0,8028	±1,56	±0,75	±3,0
AC 11 D S	+0,308	0,3823	±1,96	±0,75	±3,0
SMA 8 S	-0,610	1,4410	±2,45	±0,75	±3,0
PA 8	0,293	0,219	±0,75	±0,75	±2,0
<b>Feinanteil &lt; 0,125 mm</b>					
AC 32 T S	+0,636	0,5200	±1,02	±0,65	-3/+7
AC 22 B S	+0,145	1,3585	±2,18	±0,65	±3,0
AC 11 D S	-0,208	0,9978	±1,58	±0,65	±3,0
SMA 8 S <sup>1)</sup>	-0,875	1,6695	±2,61	±0,65	±3,0 <sup>1)</sup>
PA 8 <sup>1)</sup>	-0,073	0,230	±0,62	±0,65	±3,0 <sup>1)</sup>
<b>Feine Gesteinskörnungen 0,063 – 2,0 mm</b>					
AC 32 T S	+0,770	3,8360	±6,31	±2,0	±8,0
AC 22 B S	+0,185	2,6227	±4,65	±2,0	±8,0
AC 11 D S	-0,660	2,2568	±4,13	±2,0	±8,0
SMA 8 S	0,530	2,0261	±3,81	±2,0	±8,0
PA 8	-0,020	0,180	±1,25	±2,0	±2,5
<b>Grobe Gesteinskörnungen &gt;2,0 mm</b>					
AC 32 T S	-1,552	3,3576	±5,25	±3,3	±9,0
AC 22 B S	-0,690	3,1647	±5,99	±3,3	±8,0
AC 11 D S	-0,577	2,3669	±3,98	±1,4	±8,0
SMA 8 S	-0,625	1,2944	±2,49	±1,4	±8,0
PA 8	-0,273	0,235	±1,03	±1,4	±6,0
<b>Grobkornanteil</b>					
AC 32 T S	+2,937	3,7399	±6,75	±6,75	±8,0
AC 22 B S	-3,770	5,7676	±9,24	±6,75	±9,0
AC 11 D S	-0,490	1,2381	±6,75	±6,75	±5,0
SMA 8 S	-1,143	2,3147	±6,75	±6,75	±8,0
PA 8	-3,273	1,895	±3,62	±6,75	±6,0

<sup>1)</sup> Wird nur zur Information angegeben. Keine Anforderungswerte gemäß Regelwerk.

Basierend auf der Standardabweichung wird die Spannweite unter Vergleichsbedingungen berechnet und halbiert. Damit wird die Spannweite als Toleranz angegeben. In Tabelle 2 sind weiterhin die in den Prüfvorschriften angegebenen Spannweiten unter Vergleichsbedingungen als Toleranz angegeben. Schließlich sind die Toleranzen gemäß ZTV Asphalt-StB 07/13 dargestellt.

Ein erster Vergleich gilt den Toleranzen bei der Herstellung und der Präzision der Prüfverfahren. In den meisten Fällen liegen die Toleranzen des Prüfverfahrens unterhalb der Toleranzen der

Herstellung. Dies bedeutet, dass die Kenngrößen zuverlässig ermittelt werden können. Für PA 8 trifft dies im Allgemeinen nicht zu. Dies kann auf die geringe Probenmenge und die daraus resultierende, überhöhte Präzision zurückgeführt werden.

Beim Grobkornanteil weisen die Ergebnisse für AC 32 T S, AC 11 D S und SMA 8 S so geringe Streuungen auf, dass zwischen den Streuungen in der Herstellung und den tatsächlichen Streuungen des Prüfverfahrens nicht unterschieden werden kann. Aus dem Vergleich der Toleranzen in der Herstellung (inklusive der

Streuung der Prüfverfahren) mit den Toleranzen gemäß ZTV Asphalt-StB 07/13 können folgenden Schlüsse gezogen werden:

- Bindemittelgehalt: Die Toleranzen in der Produktion liegen mit einer Ausnahme unterhalb der Toleranz gemäß ZTV Asphalt-StB 07/13. Lediglich für SMA 8 S werden bereits in der Produktion Abweichungen vom Bindemittelgehalt ermittelt, die über den Toleranzen gemäß ZTV Asphalt-StB 07/13 liegen.
- Fülleranteil: Alle ermittelten Toleranzen in der Herstellung liegen, auch unter Berücksichtigung der systematischen Abweichungen, unterhalb der Toleranzen gemäß ZTV Asphalt-StB 07/13.
- Feinanteil: Hier liegen alle ermittelten Toleranzen in der Produktion unterhalb der Toleranzen gemäß ZTV Asphalt-StB 07/13. Auch für SMA 8 S und PA 8 würden diese Toleranzen eingehalten werden.
- Feine Gesteinskörnungen: Alle ermittelten Toleranzen in der Herstellung liegen unterhalb der Toleranzen gemäß ZTV Asphalt-StB 07/13.
- Grobe Gesteinskörnungen: Die Toleranzen bei der Herstellung liegen zum Teil deutlich unter den Toleranzen gemäß ZTV Asphalt-StB 07/13.
- Grobkornanteil: Die Toleranzen bei der Herstellung liegen für AC 32 T S, SMA 8 S und PA 8 unterhalb der Toleranzen gemäß ZTV Asphalt-StB 07/13. Die ermittelten Toleranzen für AC 22 B S und AC 11 D S liegen oberhalb der zulässigen Toleranzen gemäß ZTV Asphalt-StB 07/13.

In Tabelle 3 sind schließlich die ermittelten Streumaße über mehrere Asphaltarten zusammengefasst. Diese Streumaße stellen das abschließende Resultat des Forschungsprojekts dar.

Die Ergebnisse zum Hohlraumgehalt sind in Tabelle 4 angegeben. Um die Präzision des Hohlraumgehalts zu ermitteln, müssen auch hier die Vorgaben der Eignungsnachweise einbezogen werden. Dazu werden die Abweichungen vom Hohlraumgehalt im Eignungsnachweis betrachtet.

Tabelle 4 kann entnommen werden, dass meist ein zu hoher Hohlraumgehalt gegenüber dem Eignungsnachweis resultiert. Die ermittelten Toleranzen liegen mit Ausnahme für AC 32 T S oberhalb der Toleranzen gemäß ZTV Asphalt-StB 07/13. Wird im Eignungsnachweis ein Hohlraumgehalt an der oberen Grenze gemäß TL Asphalt-

StB 07/13 erreicht, treten mit hoher Wahrscheinlichkeit Überschreitungen in den Kontrollprüfungen auf. Daher wird für das bestehende System vorgeschlagen, die Toleranzen gemäß ZTV Asphalt-StB 07/13 im Bereich der Deckschichtasphalte auf mindestens  $\pm 1,5$  Vol.-% zu erhöhen.

Die Ergebnisse zum Hohlraumgehalt zeigen auch, dass dieser nach dem gleichen Schema wie die weiteren Kenngrößen bewertet werden könnte. Dies bedeutet, dass im Eignungsnachweis ein Wert vorgegeben wird, welcher im Rahmen der Kontrollprüfungen überprüft wird.

**Tabelle 3: Resultierende Streumaße aller Kenngrößen, Mittelwert, Standardabweichung und 95%-Quantil der Abweichungen von den Eignungsnachweisen**

Kenngröße	Abweichungen vom Eignungsnachweis		
	Mittelwert [M.-%]	Standardabweichung [M.-%]	95%-Quantil [M.-%]
<b>Bindemittelgehalt</b>			
AC T, AC B, AC D, SMA, PA	+0,10	0,20	$\pm 0,39$
<b>Fülleranteil &lt; 0,063 mm</b>			
AC T	1,0	0,90	$\pm 1,76$
SMA	-0,6	1,40	$\pm 2,74$
alle anderen	0,5	0,50	$\pm 0,98$
<b>Feinanteil &lt; 0,125 mm</b>			
AC T	0,8	0,80	$\pm 1,56$
AC B, AC D, PA <sup>1)</sup>	0,0	1,00	$\pm 1,96$
SMA <sup>1)</sup>	-0,9	1,70	$\pm 3,33$
<b>Feine Gesteinskörnungen 0,063 - 2,0 mm</b>			
AC T, AC B, SMA	1,0	3,50	$\pm 6,86$
AC D	-0,7	2,20	$\pm 4,31$
PA	0,0	0,20	$\pm 0,39$
<b>Grobe Gesteinskörnungen &gt; 2,0 mm</b>			
AC T, AC B	-1,6	3,20	$\pm 6,27$
AC D, SMA	-0,6	2,30	$\pm 4,51$
PA	-0,3	0,30	$\pm 0,59$
<b>Grobkornanteil</b>			
AC T	3,0	3,80	$\pm 7,45$
AC B	-3,8	7,00	$\pm 13,72$
AC D, SMA	-1,0	2,30	$\pm 4,51$
PA	-3,3	1,90	$\pm 3,72$

**Tabelle 4: Vergleich der Streumaße für die ermittelten Hohlraumgehalte und Abweichungen des Hohlraumgehalts vom Eignungsnachweis**

Asphalt	Hohlraumgehalte			Abweichungen vom Eignungsnachweis		
	Mittelwerte	Standardabweichung	Toleranz	Mittelwerte	Standardabweichung	Toleranz
	Vol.-%	Vol.-%	Vol.-%	Vol.-%	Vol.-%	Vol.-%
AC 32 T S	8,910	2,2624	$\pm 3,68$	0,936	0,5643	$\pm 1,33$
AC 22 B S	6,230	1,2346	$\pm 2,26$	1,440	1,3333	$\pm 2,40$
AC 11 D S	2,960	1,6951	$\pm 2,90$	0,230	1,8218	$\pm 3,07$
SMA 8 S	3,050	0,4144	$\pm 1,12$	0,803	0,5872	$\pm 1,36$

## 4 Vorschläge zur Anpassung an das Regelwerk

Die ermittelten Streumaße der Mischwerke weisen in einigen Bereichen Überschreitungen der gültigen Toleranzen auf. Ohne Berücksichtigung von möglichen Abweichungen aufgrund des Transports, des Einbaus und der Probenahme werden folgende Anpassungen des Technischen Regelwerks vorgeschlagen:

- Grobkornanteil: Die Toleranzen gemäß ZTV Asphalt-StB 07/13 sollten für Asphaltbinder um 3,0 M.-% erhöht werden. Für alle weiteren Asphalte sollte als Minimum die Wiederholgrenze eingesetzt werden. Diese Grenze ist ausreichend bezüglich der ermittelten Präzision.
- Hohlraumgehalt: Die Toleranzen gemäß ZTV Asphalt-StB 07/13 sollten für die Deckschichtasphalte auf  $\pm 1,5$  Vol.-% erhöht werden.

Keine Notwendigkeit einer Änderung besteht in folgenden Punkten:

- Bindemittelgehalt,
- Fülleranteil,
- Feinanteil,
- Feine Gesteinskörnungen und

- Grobe Gesteinskörnungen.

Aufgrund der hier durchgeführten Untersuchungen könnte eine Einengung der Toleranzen für folgende Kenngrößen diskutiert werden:

- Fülleranteil,
- Feinanteil,
- Feine Gesteinskörnungen und
- Grobe Gesteinskörnungen.

Stichproben zwischen der Probenahme am Mischwerk und der Probenahme am Fertiger haben jedoch Unterschiede in der Zusammensetzung gezeigt. Daher wird zunächst vorgeschlagen, über weitere Forschungsprojekte Kenntnisse über die Streumaße der Schritte

- Transport vom Mischwerk zur Baustelle,
- Einbau mittels Fertiger (gegebenenfalls Handeinbau) und
- Probenahme

zu erlangen. Diese Untersuchungen können sehr detailliert ausfallen, um zum Beispiel Entmischungsneigungen beim Transport im Lkw und auch im Fertiger zu dokumentieren. Weiterhin wird vorgeschlagen, ein einheitliches Vorgehen bei der Probenahme festzulegen und umzusetzen.