TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Fachgebiet Straßenwesen
mit Versuchsanstalt
Univ.-Prof. Dr.-Ing. J. Stefan Bald

# Kontrollprüfungen mit Mischgut aus wiedererwärmten Bohrkernen

Forschungsauftrag des Deutschen Asphaltinstitutes e.V.
Mitglied der Arbeitsgemeinschaft industrieller
Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (AIF)

Schlussbericht

2005

**Projektleiter:**

Dr.-Ing. Stefan Böhm

**Bearbeiter:**

Dipl.-Ing. Thorsten Wolf

Darmstadt, März 2005

**Technische Universität Darmstadt**
**FG Straßenwesen m. Versuchsanstalt**

Name der Forschungsstelle

**13395 N / 1**

AiF-Vorhaben-Nr.

**01.09.2002 bis 31.10.2004**
Bewilligungszeitraum

**Schlussbericht für den Zeitraum: 01.09. 2002 bis 31.10.2004**

Forschungsthema:

# Kontrollprüfungen mit Mischgut aus wiedererwärmten Bohrkernen

**Darmstadt, den 21.03.2005**

Ort, Datum

Bearbeiter

Projektleiter

# Inhaltsverzeichnis


Kurzfassung

**1 Einleitung ..... 1**

**2 Problemstellung und Forschungsziel ..... 2**

2.1 Problemstellung ..... 2

2.2 Forschungsziel ..... 3

**3 Stand der Wissenschaft und Technik ..... 4**

3.1 Qualitätssicherung im Asphaltstraßenbau ..... 4

3.2 Vertragsbedingungen und Richtlinien ..... 8

3.3 Probenahmeverfahren ..... 10

3.4 Erfahrungen zu Prüfungen an Mischgut aus Bohrkernen ..... 13

**4 Methodik ..... 16**

4.1 Auswahl der Untersuchungsstrecken ..... 16

4.2 Probenahme ..... 18

4.3 Versuchsprogramm ..... 21

4.4 Auswertung der Untersuchungen ..... 25

**5 Versuchsdurchführung ..... 28**

5.1 Untersuchungsstrecken ..... 28

5.2 Baubegleitende Untersuchungen ..... 30

5.3 Labortechnische Untersuchungen ..... 33

5.3.1. Kenndaten der Eignungsprüfungen ..... 33

5.3.2. Asphaltkenndaten an Laboratoriumsproben der Untersuchungsstrecken ..... 34

5.3.3. Zusätzliche Kenndaten der Untersuchungsstrecken ..... 35

5.3.4. Kenndaten zusätzlicher Laborversuche ..... 36

**6 Darstellung und Bewertung der Untersuchungsergebnisse ..... 37**

6.1 Ergebnisse der Untersuchungsstrecken ..... 37

6.2 Ergebnisse der zusätzlichen Laborversuche ..... 59

**7 Diskussion der Untersuchungsergebnisse ..... 66**

7.1 Vergleichbarkeit der Kontrollprüfungsergebnisse ..... 66

7.2 Auswahlkriterien und Bewertung der Probenahmeverfahren ..... 72

**8 Schlussfolgerungen für die Praxis ..... 78**

**9 Zusammenfassung ..... 81**

**Literaturverzeichnis** **83**

**Abbildungsverzeichnis** **87**

**Tabellenverzeichnis** **88**

**Anlagenverzeichnis** **90**

## Kurzfassung

Kontrollprüfungen sind Teil eines umfassenden Qualitätssicherungssystems und bewerten die erzielte Qualität einer erstellten Asphaltbefestigung. Die Art und der Umfang von Kontrollprüfungen sind in den ZTV Asphalt-StB und ZTVT-StB beschrieben. Ein wesentlicher Bestandteil der Kontrollprüfung ist die Probenahme, die in der Regel durch Bohrkernentnahmen an der fertigen Leistung zur Kontrolle der Einbau- und Verdichtungsleistung und durch die Entnahme von losen Mischgutproben zur Bestimmung der Mischguteigenschaften durchgeführt wird. Abweichend zu dieser Vorgehensweise bestehen in einigen Bundesländern und auch eigene landesspezifische Regelungen, die Kontrollprüfungen zur Bestimmung der Mischguteigenschaften ausschließlich an Mischgut wiedererwärmter Bohrkerne vorsehen. Zur Überprüfung der Vergleichbarkeit der Kontrollprüfungsergebnisse aus Mischgut von wiedererwärmten Bohrkernen und aus losen Mischgutproben wurde dieses Forschungsprojekt vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) über das Deutsche Asphaltinstitut e.V. (DAI), Mitglied der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke" e.V. (AIF) gefördert und am Fachgebiet Straßenwesen mit Versuchsanstalt durchgeführt.

Zum Erreichen des Forschungszieles wurden an Untersuchungsstrecken Kontrollprüfungen durchgeführt. Bei der Auswahl der Asphaltbefestigungen konnten neben Gussasphalt, Splittmastixasphalt und Asphaltbeton auch verschiedene Mischgutsorten von Asphalttragschichten und -binderschichten berücksichtigt werden. Die wesentlichen Einbauparameter wurden baubegleitend erfasst. Folgende Probenahmeverfahren wurden durchgeführt:

- Probenahme von losem Mischgut an der Verteilerbohle in Anlehnung an DIN EN 12697, Teil 27
- Probenahme von losem Mischgut aus dem Verteilerkübel nach DIN 1996, Blatt 2
- Probenahme von Bohrkernen zur Gewinnung von zwei Einzelproben nach DIN 1996, Blatt 2
- Probenahme von Bohrkernen zur Gewinnung einer Durchschnittsprobe nach DIN 1996, Blatt 2

An allen Proben aus verschiedenen Probenahmeverfahren wurden die üblichen Asphaltkenndaten bestimmt. Im Vergleich der Ergebnisse konnte ermittelt werden, dass bei den Prüfungen „Bindemittelgehalt", „Erweichungspunkt Ring und Kugel",

„Elastische Rückstellung" an polymermodifiziertem Bindemittel, „Stabilität und Fliesswert" an Asphalttragschichtmischgut und die „Eindringtiefe" am Gussasphaltprobekörper nur geringe Abweichungen auftreten und eine Vergleichbarkeit gegeben ist. Die „Raumdichte am Marshall-Probekörper" wies bei Asphaltbindermischgut aus wiedererwärmten Bohrkernen tendenziell geringere Werte auf, die auf eine veränderte Kantenbeschaffenheit der groben Gesteinskörnungen im Mischgut hinweisen. Bei den Asphalttragschichten traten tendenziell geringere „Raumdichten am Marshall-Probekörper" im Mischgut aus wiedererwärmten Bohrkernen auf. Die Abweichungen der Raumdichten wirken sich auf die Berechnung des Verdichtungsgrades aus, die in Einzelfällen eine Veränderung bei den Asphaltbinderschichten von bis zu 0,8 % und bei den Asphalttragschichten bis zu 1,0 % betragen kann.

Für die Kenndaten der Korngrößenverteilung konnte im wiedererwärmten Mischgut aus Bohrkernen eine Kornverfeinerung festgestellt werden. Grundsätzlich enthalten alle Ergebnisse zufallsbedingte Streuungen durch Herstellung, Verarbeitung, Probenahme und Prüfung von Asphalt. Die Einflüsse, die Auswirkungen auf das Prüfergebnis haben, können sich gegenseitig aufheben oder auch überlagern. Die Ergebnisse am Mischgut aus wiedererwärmten Bohrkernen werden zusätzlich durch Einbau und Verdichtung des Asphalts sowie durch eine veränderte Probenahme beeinflusst. Um die Abweichungen in der Sieblinie genauer bestimmen zu können, wurde ein zusätzliches Versuchsprogramm im Laboratorium durchgeführt. Mit diesen Untersuchungen an präparativ hergestellten Probeplatten und an Bohrkernen, die aus walzsektorverdichteten Probeplatten entnommen worden sind, konnten die Einflüsse aus Einbau, Verdichtung und der Bohrkernprobenahme quantifiziert werden. Es werden folgende Korrekturfaktoren für bestehende Anforderungen vorgeschlagen:

- Splitt-/Sand-/Füllergehalt aller Asphaltgemische (- 3,0/+ 2,0/+1,0 M.-%)
- Grobkornanteil
    - Asphaltbinder 0/22 S und Splittmastixsaphalt 0/11 S (- 9,0 M.%)
    - Asphalttragschichten 0/22 CS und 0/32 CS (- 7,0 M.-%)
    - Asphaltbinder 0/16 S und Asphaltbeton 0/11 S (- 3,0 M.-%)

Die Übertragbarkeit auf weitere Mischgutsorten ist im Einzelfall zu prüfen. Ferner sind Veränderungen der Sieblinie bei Zugabe von Ergänzungskörnungen und Anteilen von Abstreusplitt im Mischgut aus wiedererwärmten Bohrkernen zu beachten. Die Untersuchungen zeigen daher auch Veränderungen der Anteile einzelner Kornklassen auf, die am Mischgut aus wiedererwärmten Bohrkernen zu erwarten sind.

Darüber hinaus können regionale Unterschiede, z.B. Gestein (Kornform, Festigkeit), Witterungsverhältnisse etc. sowie veränderte Einbauparameter erheblichen Einfluss auf die Prüfergebnisse haben.

Für die Praxis werden Empfehlungen zur Durchführung der Probenahme formuliert. Demnach werden für Asphaltdeckschichten Probenahmen von losem Mischgut an der Verteilerbohle und für Asphaltbinder- und Asphalttragschichten die Bohrkernentnahme einer Durchschnittsprobe zur Bestimmung der Mischguteigenschaften favorisiert.

Das Ziel des Vorhabens wurde erreicht. Die Forschungsergebnisse ermöglichen, dass die Bauleistung insbesondere auch bei kleineren Baulosen genau beurteilt werden kann. Die veränderte Vorgehensweise bei der Probenahme kann zu Kostenminimierungen und zur Steigerung der Leistungsfähigkeit der Unternehmen beitragen.

# 1 Einleitung

Die rechtliche Grundlage von Kontrollprüfungen ist in den VOB Teil C (DIN, 2000) und in den Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen der ZTV Asphalt-StB (FGSV, 2001) sowie in der ZTVT-StB (FGSV, 2002) verankert. In diesen Vertragsbedingungen werden Kontrollprüfungen als Prüfungen des Auftraggebers beschrieben, um festzustellen, ob die Güteeigenschaften der Baustoffe, der Baustoffgemische und der fertigen Leistungen den vertraglichen Anforderungen entsprechen. Dabei werden im Regelfall zur Überprüfung der Eigenschaften des angelieferten Mischguts lose Mischgutproben untersucht, während die Einbau- und Verdichtungsleistungen an zwei Bohrkernen überprüft werden, die der o.g. Mischgutprobe zugeordnet werden können. Werden noch weitere Untersuchungsergebnisse benötigt, um eine zugeordnete Fläche eines in der Kontrollprüfung festgestellten Mangels einzuengen oder falls das Ergebnis der Kontrollprüfung bezweifelt wird, sind in der Regel weitere Bohrkernentnahmen erforderlich. Die an dem Mischgut dieser wiedererwärmten Bohrkernen ermittelten Ergebnisse werden dann in der Regel den an losem Mischgut ermittelten Ergebnissen in ihrer Bedeutung gleichgesetzt, ohne dass bis heute diese Vergleichbarkeit nachgewiesen wurde. Es bestehen darüber hinaus landesspezifische Regelungen, die bereits die ausschließliche Verwendung von Mischgut wiedererwärmter Bohrkerne zur praxisgerechteren Durchführung der Kontrollprüfungen vorsehen.

Einer der Forschungsziele dieser Arbeit ist es daher, die Vergleichbarkeit von Asphaltprüfungen an losem Mischgut und Mischgut aus wiedererwärmten Bohrkernen nachzuweisen. Die Prüfergebnisse enthalten abhängig von den Probenahmeverfahren zufallsbedingte Streuungen aus den Prozessen Herstellung, Einbau, Verdichtung und Probenahme der Asphaltgemische. Diese Einflüsse sind in ihrer Größe weitgehend unbekannt und überlagern sich. Eine systematische Ermittlung von Prüfergebnissen aus Proben unterschiedlicher Entnahmeverfahren kann somit Aufschluss über die Vergleichbarkeit geben.

Dieses Forschungsprojekt wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) über das Deutsche Asphaltinstitut e.V. (DAI), Mitglied der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke" e.V. (AIF) gefördert.

# 2 Problemstellung und Forschungsziel

## 2.1 Problemstellung

In der Regel werden Asphaltkenndaten im Rahmen von Kontrollprüfungen an losen Mischgutproben bestimmt. Hierzu ist beim Einbau eine Teilprobe zu entnehmen und im Laboratorium zu untersuchen. Von dieser Teilprobe wird auf die Beschaffenheit einer Asphaltschicht von in der Regel 6000 m² geschlossen. Daher muss ein geeignetes Probenahmeverfahren sicherstellen, dass die Probe repräsentativ für die ihr zugeordnete Fläche ist. Für die Entnahme von Mischgut gilt daher die DIN 1996, Blatt 2. In der Praxis erweist sich jedoch dieses Probenahmeverfahren als sehr aufwendig und kommt häufig nicht zur Anwendung. Bestrebungen die Probenahme zu automatisieren, konnten in der Vergangenheit nicht umgesetzt werden. Zur Anwendung kommen somit Verfahren, die in Anlehnung an die DIN EN 12697, Teil 27 an der Verteilerschnecke des Straßenfertigers durchgeführt werden. Die fehlerfreie Probenahme an der Verteilerschnecke setzt jedoch besondere Erfahrungen voraus, um Entmischungen der Teilproben zu vermeiden.

Falls eine nicht sachgerechte Probenahme zu Beanstandungen führt, sind in der Regel auch die weiteren Teilproben, die als Rückstellproben verwahrt werden, nicht zu verwenden. Eine Schiedsuntersuchung muss in diesem Fall an wiedererwärmten Bohrkernen durchgeführt werden. Die Prüfergebnisse der Schiedsuntersuchung ersetzen hierbei die Ergebnisse der Kontrollprüfung. Bei Ermittlung der Asphaltkenndaten an Bohrkernen ist nicht bekannt, in welchem Maß sich Einflüsse aus Einbau, Verdichtung und Probenahme in den Prüfergebnissen widerspiegeln. Die Vergleichbarkeit der Untersuchungen ist bisher noch nicht systematisch nachgewiesen worden.

Die Problematik wurde auch in Fragen nach den ursprünglichen Mischguteigenschaften an Bohrkernen (Fall 356) und zur Bindemittelbestimmung an Bohrkernen einschließlich Randzonen (Fall 471) in den Kommentaren und Anregungen zu Technischen Regelwerken und Bauvertragstexten für Asphalt im Straßenbau (FGSV) erörtert. Demnach ist nicht bekannt wieweit die Mischgutzusammensetzung von losen Mischgut und Mischgut aus Bohrkernen vergleichbar ist.

Denkbar sind Veränderungen der Korngrößenverteilung, die abhängig von Größtkorn, Grobkörnigkeit und der Mineralstoffart sein kann. Des weiteren kann die veränderte Kantenbeschaffenheit der Splittkörner im Mischgut aus wiedererwärmten Bohrkernen eine Veränderung der Raumdichte am Marshall-Probekörper bewirken.

Dennoch erfolgt in landesspezifischen Regelungen und in Regelungen des ländlichen Wegebaus eine bauvertragliche Umsetzung der ausschließlichen Verwendung von Bohrkernen für die Prüfung der fertigen Leistung. In diesen Regelungen werden gegebenenfalls Anforderungen an Prüfungsarten an Asphaltmischgut aus Bohrkernen definiert, die sich auf baupraktische Erfahrungen berufen.

In diesem Zusammenhang werden als Vorteile der Mischgutuntersuchungen an wiedererwärmten Bohrkernen die zweifelsfreie Zugehörigkeit der Probe zur Entnahmestelle und die insgesamt repräsentative Probe durch die Entnahme einer Sammelprobe über einen weitreichenden Einbaubereich genannt.

## 2.2 Forschungsziel

Aufgrund der beschriebenen Einflüsse sind die Ergebnisse von Kontrollprüfungen am losen Mischgut und Kontrollprüfungen an aus Bohrkernen wiedergewonnenem Mischgut nur bedingt vergleichbar. Eine detaillierte und systematische Erfassung der Abweichungen auf der Grundlage labortechnischer Untersuchungen liegt bisher nicht vor. Deshalb können auch keine konkreten Aussagen zu möglichen vertragsrelevanten Abweichungen der Prüfergebnisse getroffen werden. Aussagen darüber, inwieweit die Ergebnisse der Asphaltkenndaten aus losem Mischgut und an aus Bohrkernen zurückgewonnenem Mischgut vergleichbar sind einschließlich einer Bewertung der Ergebnisse, dienen der Gewährleistung der Qualitätssicherung im Asphaltstraßenbau.

Ziel der Forschungsarbeit ist es herauszustellen, inwieweit Asphaltprüfungen an losem und an aus Bohrkernen zurückgewonnenem Mischgut miteinander vergleichbar sind. Die Abweichung der Untersuchungsergebnisse sind hinsichtlich möglicher, vertraglicher Konsequenzen kritisch zu bewerten. Es sollen Empfehlungen zur Durchführung von Kontrollprüfungen an Bohrkernen hinsichtlich der Probenentnahmebedingungen, der Bewertung der Untersuchungsergebnisse und ggf. Vorschläge für Anforderungen erarbeitet werden.

# 3 Stand der Wissenschaft und Technik

## 3.1 Qualitätssicherung im Asphaltstraßenbau

Kontrollprüfungen sind wesentlicher Bestandteil eines festgelegten Qualitätssicherungssystems. Das derzeit angewendete System hat sich über viele Jahre hinweg entwickelt. Zahlreiche Veröffentlichungen dokumentieren diese Entwicklung, die auch von einigen Autoren zusammenfassend dargestellt wird.

### Entwicklung der Qualitätssicherung

Urban (1996) beschreibt in seinen Ausführungen, dass in den 40er Jahren Straßenbau zumeist nach handwerklicher Erfahrung betrieben worden ist. Ende der 40er Jahre wurde begonnen, die regionalen Erfahrungen in einem Rahmenregelwerk zu erfassen. In der Folge wurden Richtlinien und Vorschriften entwickelt, die bereits erste Anforderungen an Baustoffe enthielten. Bestehende Normen und Lieferbedingungen wurden in den 50er Jahren dem Stand der Technik angepasst und ständig präzisiert. In den 60er Jahren erschien eine zweite Generation an Vorschriften für den Straßenbau. Es wurden Anforderungen an die Abnahme und Gewährleistung formuliert und bestehende Prüfverfahren auf Grundlage der damaligen DIN 1996 in einem Vorschriftenwerk zusammengefasst. In dieser Zeit wurden durch eine Vielzahl an Prüfungen, die bei großen Autobahnlosen durchgeführt worden sind, Erfahrungen bezüglich der Abweichungen von Zielwerten gemacht. Diese Abweichungen begründeten sich in einer mangelnden Präzision der Fertigung oder auch in systematischen Fehlern, Materialinhomogenitäten und Streuungen bei der Probenahme und Probeteilung sowie in der Durchführung der Prüfung. Mit der Zeit gelang es, durch umfassende statistische Erhebungen und systematisch angelegte Ringuntersuchungen und Forschungsarbeiten die Streuungsparameter für die wichtigsten vertragsrelevanten Eigenschaften zu ermitteln. Die Kenntnis der Streuungen reichte jedoch nicht aus, um von einer Einzelprobe sicher auf die Gesamtleistung zu schließen. Daher bestand die Notwendigkeit mittels Stichproben von begrenzter Größe auf die Gesamtheit der Leistung zu schließen. Für die Abnahme wurden Gesamttoleranzen ermittelt, die sich auf Prüfergebnisse aus Stichproben bezogen. In den 70er und 80er Jahren sollte mit der Entwicklung von Prüfplänen, die ein vertretbares Risiko für alle Beteiligten beinhalteten, eine klare Beurteilung der erreichbaren Qualität auf der Baustelle erzielt werden. Doch konnten diese Regelungen, die sich auf mathematisch statistische Qualitätskontrollen bezogen, nicht umgesetzt werden, weil der erforderlich große Stichprobenumfang sich für kleinere Baumaßnahmen im Asphaltstraßenbau als unwirtschaftlich herausgestellt hat.

Mit der Erkenntnis, Kontrollen nicht erst bei der Abnahme einzusetzen, sondern bereits produktionsbegleitend auszuführen, war die Basis der Gütesicherung geboren. Die Gütesicherung wurde zunächst nur regional angewandt, dann jedoch auch von der Verwaltung verpflichtend eingeführt. Die Idee, die für Urban (1996) dem heutigen Qualitätssicherungssystem entspricht, war es, die Elemente der Qualitätsplanung, Qualitätslenkung und Qualitätskontrolle im Rahmen des Herstellungsprozesses optimal zu verbinden. Die 90er Jahre waren geprägt von der Weiterentwicklung der Qualitätssicherung bis hin zum Qualitätsmanagement. Die Idee des Qualitätsmanagement liegt darin, Fehler bei der Planung und Ausführung erst gar nicht entstehen zu lassen, um so Abnahmeprüfungen auf ein Mindestmaß begrenzen zu können.

In einem Streifzug durch die Entwicklung der letzten 50 Jahre berichtet Reinboth (2003) über die fortschreitende Verbesserung und Sicherung der Qualität im Straßenbau. In seinen Ausführungen zitiert er vielfältige Veröffentlichungen der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) und von Autoren aus Verwaltung, Wirtschaft und Wissenschaft, die sich maßgeblich dem Thema „Qualitätssicherung im Asphaltstraßenbau" gewidmet haben. Insbesondere werden die in den 80er Jahren zielstrebig entwickelten Überlegungen und Impulse zur weiteren Verbesserung der Qualitätssicherung aufgezeigt, die sich auch in den FGSV Kolloquien „Qualitätssicherung im Straßenbau" von Seeheim (FGSV, 1984) und „Neue Qualitätsstandards im Straßenbau" von Mannheim (FGSV, 1986) widerspiegeln.

Reinboth (2003) beendet seine Zusammenstellung mit einem Ausblick in die weitere Entwicklung der Qualitätssicherung. Die Schwerpunkte bilden die Einarbeitung europäischer Normen und die Umsetzung organisierter Qualität in Form von Qualitätsmanagementsystemen.

Die Entwicklung ist daher noch nicht abgeschlossen und die zukünftige Rolle der Kontrollprüfungen in einem neuen System noch nicht definiert.

## Aktuelles Qualitätssicherungssystem

Innerhalb des Bauvertrages werden die Überwachungen und Prüfungen nach dem festgelegten Qualitätssicherungssystem der Abbildung 3-1 durchgeführt.

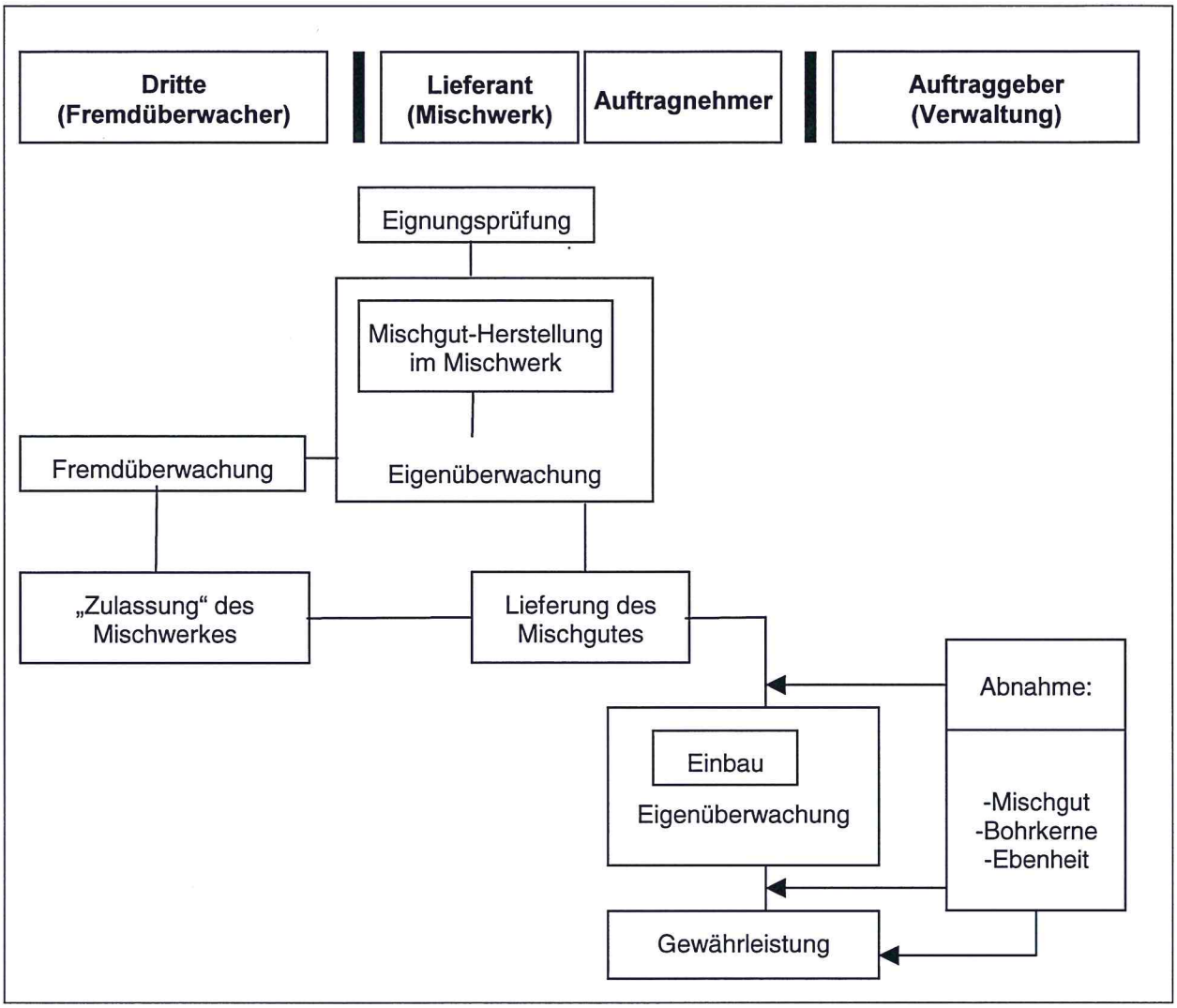



Abbildung 3-1: Vereinfachtes Schema des Qualitätssicherungssystems nach ZTV Asphalt-StB 01

Innerhalb dieses Systems werden vier Gruppen, die miteinander in Beziehung stehen, unterschieden:

- Eignungsprüfungen
- Fremdüberwachungsprüfungen
- Eigenüberwachungsprüfungen
- Kontrollprüfungen, ggf. Schiedsuntersuchungen

*Eignungsprüfungen* sind Prüfungen zum Nachweis der Eignung der Baustoffe und der Baustoffgemische. Sie sind vom Auftragnehmer für den vorgesehenen Verwendungszweck entsprechend den Anforderungen des Bauvertrags zu erstellen. Die Aufgabe der Eignungsprüfung ist es, durch die Wahl der richtigen

Zusammensetzung des Mischguts die Grundlage für die Ausführung anforderungsgerechter Asphaltschichten zu schaffen. Urban (1996) betrachtet die Eignungsprüfungen als ein Element der Qualitätsplanung, da Qualitätsforderungen aus technischen Vorschriften und aus dem Bauvertrag objektspezifisch in Baustoffe umgesetzt werden.

Die *Eigenüberwachungsprüfungen* sind Prüfungen des Auftragnehmers oder dessen Beauftragten, um festzustellen, ob die Güteeigenschaften der Baustoffe, der Baustoffgemische und der fertigen Leistung den vertraglichen Anforderungen entsprechen (ZTV Asphalt, FGSV 2001). Die Überprüfung der fertigen Leistung soll baubegleitend erfolgen. Die Ergebnisse dieser stichprobenartigen Überwachungen können somit bei vorhandenen Abweichungen sowohl für den Hersteller als auch für den Einbauer Auslöser für einzuleitende Korrekturmaßnahmen sein. Ein schnelles Eingreifen in den Bauprozess ermöglicht somit eine Qualitätslenkung.

Die *Fremdüberwachungsprüfungen* werden gemäß TLG Asphalt (FGSV, 2001) durchgeführt. Die Fremdüberwachung ist demnach der vom Fremdüberwacher durchzuführende Teil der Güteüberwachung. Urban (1996) führt aus, dass die Eigenüberwachungsergebnisse einer Fremdüberwachungsprüfung unterzogen werden, um eine Kontrolle offensichtlicher Ungereimtheiten und eine „Kalibrierung" der Eigenüberwachung vornehmen zu können.

Die *Kontrollprüfungen*, bereits in der Einleitung beschrieben, sind wichtiger Bestandteil der Qualitätssicherung von Asphalt. Die Ergebnisse der Kontrollprüfungen werden der Abnahme zugrunde gelegt und stellen somit die Bewertung der erzielten Qualität dar. Jedoch können sie als letzte Kontrollinstanz nicht die Qualität der Leistung beeinflussen.

Die Kontrollprüfungen werden unmittelbar durch den Auftraggeber oder durch Beauftragung einer nach RAP Stra (FGSV, 2001) anerkannten Prüfstelle durchgeführt. In den jeweiligen Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen sind Richtwerte für die Art und den Umfang der Prüfungen vorgegeben.

*Schiedsuntersuchungen* gelten als Wiederholung von Kontrollprüfungen, an deren sachgerechter Durchführung begründete Zweifel des Auftraggebers oder des Auftragnehmers bestehen. Das Ergebnis der Schiedsuntersuchung ist für die Vertragsparteien bindend und tritt an die Stelle des ursprünglichen Prüfergebnisses.

## 3.2 Vertragsbedingungen und Richtlinien

Kontrollprüfungen sind in der Verdingungsordnung für Bauleistungen (VOB, 2000) Teil C, der Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) DIN 18317 „Verkehrswegebauarbeiten - Oberbauschichten aus Asphalt" definiert und werden in den Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Fahrbahndecken aus Asphalt (ZTV Asphalt - StB 01, FGSV 2001) und für Tragschichten im Straßenbau (ZTVT-StB 95/02, FGSV 2002) präzisiert.

Für die Asphaltbauweisen werden in der Regel die ZTV Asphalt (FGSV, 2001) und die ZTVT (FGSV, 2002) angewendet. Hier wird vorgegeben, je Schicht und Lage sowie je angefangener 6000 m² Einbaufläche mindestens eine Probe zu entnehmen. Die Anzahl der Proben kann bei Bedarf erhöht werden (z.B. im Stadtstraßenbau oder bei Brückenbelägen). Es werden Prüfungen sowohl am Mischgut als auch an der eingebauten Schicht durchgeführt. Für die Praxis sind Grenzwerte und Toleranzen für Anforderungen formuliert. Die ZTV Asphalt-StB 01 beschreibt, dass die angegebenen Grenzwerte und Toleranzen die Streuungen bei der Probenahme, die Vertrauensbereiche der Prüfverfahren (Präzision unter Vergleichbedingungen) und auch die arbeitsbedingten Unregelmäßigkeiten enthalten. Die Grenzwerte und Toleranzen beziehen sich bei den Mischgutprüfungen auf die Prüfergebnisse aus losem Mischgut.

Darüber hinaus bestehen die Zusätzliche Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für die Befestigung ländlicher Wege (ZTV LW, FGSV 2001), die Kontrollprüfungen an wiedererwärmten Bohrkernen für Wegbefestigungen mit Asphalt regeln.

In einigen Bundesländern bestehen eigene landesspezifische Regelungen, die Kontrollprüfungen abweichend zu den ZTV Asphalt (FGSV, 2001) und ZTVT (FGSV, 2002) vorsehen. Viele dieser Regelungen beschreiben Kontrollprüfungen, die ausschließlich an Bohrkernen und nicht an Mischgutproben durchgeführt werden.

Die Tabelle 3-1 fasst die bestehenden Vertragsbedingungen, Prüfungen und Probenahmeverfahren an Bohrkernen zusammen. Die in dieser Tabelle nicht aufgeführten Prüfungen werden an Mischgutproben durchgeführt.

| *Vertragsbedingung* | *Probenahmeverfahren* | *Prüfungen an Bohrkernen (Asphaltkenndaten)* |
|---|---|---|
| ZTV Asphalt-StB 01<br>ZTVT-StB 95/02 | Einzelproben gemäß<br>DIN 1996 Blatt 2<br>2 Bohrkerne im Abstand von<br>von 5-10 cm | An Einzelproben:<br>Verdichtungsgrad, Hohlraumgehalt |
| ZTV LW 99/01 | Sammelprobe<br>aus mindestens 5 und maximal<br>9 Bohrkernen,<br>Bohrkerne im Abstand von 200 m | An Sammelprobe:<br>Bindemittelgehalt, Erweichungspunkt RuK, Rohdichte, Korngrößenverteilung<br>An Einzelproben:<br>Hohlraumgehalt |
| ZTV/St-Hmb. 01<br>(Hamburg) | Sammelprobe<br>aus 4 Bohrkernen<br>(2 Bohrkerne als Einzelprobe<br>und zwei weitere Bohrkerne<br>im Abstand von je 5 m diagonal) | An Sammelprobe:<br>Bindemittelgehalt, Erweichungspunkt RuK, Rohdichte, Korngrößenverteilung, Hohlraumgehalt<br>An Einzelproben:<br>Verdichtungsgrad |
| ZTV-StB LAS ST 01<br>(Sachsen-Anhalt) | Für Bauklassen SV-I und Verkehrsflächen der Bauklassen II/III mit besonderen Beanspruchungen<br>4 Bohrkerne alle 6000 m²<br>im Abstand von 5-10 cm | Bindemittelgehalt, Erweichungspunkt RuK, Rohdichte, Korngrößenverteilung, Hohlraumgehalt, Verdichtungsgrad |
| Bayerische Landkreisregelung | Sammelprobe aus 4 Bohrkernen je Baukilometer,<br>Bohrkerne im Abstand<br>von 250 m zueinander, diagonal entnommen | An Sammelprobe:<br>Bindemittelgehalt, Rohdichte, Korngrößenverteilung<br>An Einzelproben:<br>Hohlraumgehalt |

Tabelle 3-1: Vertragsbedingungen zu Kontrollprüfungen an Bohrkernen

Ein von den ZTV(en) abweichendes Vorgehen mit Verwendung von Mischgut- und Bohrkernproben wird in einzelnen Bundesländern praktiziert. In Niedersachsen ist bei der Durchführung von Kontrollprüfungen vorgesehen, lediglich eine Teilprobe als Mischgutprobe zu entnehmen, wobei dann im Falle einer möglichen Schiedsuntersuchung immer auf Bohrkerne zurückgegriffen wird. Im Freistaat Thüringen wird ebenfalls auf die Entnahme von Rückstellproben verzichtet und im Bedarfsfall auf Bohrkerne zurückgegriffen. Die Bohrkernentnahme entspricht in diesem Fall einer Durchschnittsprobe nach DIN 1996, Blatt 2, wobei die Bohrkerne diagonal über die gesamte Fahrbahnbreite zu entnehmen sind. Die Kontrollprüfung am Mischgut wird hingegen in Anlehnung an die Probenahme der DIN EN 12697, Teil 27 durchgeführt.

Hinsichtlich der Vergleichbarkeit der Kontrollprüfungsergebnisse aus wiedererwärmten Bohrkernen und Mischgutproben bestehen in den einzelnen

Länderverwaltungen Erfahrungswerte, die z.T. in länderspezifische Regelungen umgesetzt wurden. Diese Regelungen legen veränderte Anforderungswerte für Kontrollprüfungsergebnisse aus Mischgut wiedererwärmter Bohrkerne fest, um mögliche Einflüsse aus der Kornverfeinerung durch Einbau und Verdichtung oder aus der Schneidwirkung der Bohrkrone bei der Probenahme zu berücksichtigen.

Die Tabelle 3-2 fasst bisher vorliegende Regelungen verschiedener Bundesländer zusammen.

| ***Regelung*** | ***Anforderungen*** |
|---|---|
| EF Asphalt 2001<br>(Hessen) | Korrekturfaktor: Abzug der Anforderungen<br>nach ZTV Asphalt-StB 01/ZTVT-StB 95/02<br>Grobkornanteil: 2 M.-% |
| Rundverfügung<br>(Thüringen) | Für Asphalttragschichten:<br>Korrekturfaktor: Abzug der Anforderungen<br>nach ZTVT-StB 95/02 wegen Berücksichtigung der Schneidflächen<br>Beide gröbste Kornklassen einschließlich Überkornanteil: 2 M.-%<br>Splittgehalt: 3 M.-% |
| ZTV/St-Hmb. 01<br>(Hamburg) | Für Asphaltragschichten, -binderschichten, -deckschichten:<br>Eigene Anforderungen mit Abweichungen<br>zu den ZTV Asphalt-StB 01/ ZTVT-STB 95/02 |

Tabelle 3-2: Anforderungen an aus Bohrkernen gewonnenem Asphaltmischgut landesspezifischer Regelungen

## 3.3 Probenahmeverfahren

Die Probenahme sowie die Prüfungen, die auf der Baustelle erfolgen, führt der Auftraggeber in Anwesenheit oder in Kenntnis des Auftragnehmers durch. In den ZTV Asphalt (FGSV, 2001) und ZTVT (FGSV, 2002) wird beschrieben, dass diese Prüfungen die Probenahme, das versandfertige Verpacken der Probe und den Transport der Probe von der Entnahmestelle zur Prüfstelle sowie die Untersuchung einschließlich Prüfbericht umfassen. Die Probenahme ist wesentlicher Bestandteil der Kontrollprüfung. Die entnommenen Proben müssen repräsentativ für die gesamte eingebaute Asphaltbefestigung sein. Eine der wichtigsten Anforderungen an die Probenahme ist die sachgerechte Entnahme und die sofortige Kennzeichnung, um die Proben richtig zuordnen zu können.

Die Grundsätze der Probenahme und die verschiedenen Verfahren zur Durchführung der Probenahme von Asphalt sind in der DIN 1996 Blatt 2 beschrieben. Dabei wird darauf hingewiesen, dass die Verfahren abhängig von der Art des Prüfgutes, der Entnahmestelle und von ihrem Zweck sind.

## Probenahme von Mischgut

In der Vergangenheit gab es viele Bestrebungen ein einfaches und praxisgerechtes Probenahmeverfahren zu entwickeln, das auch Entmischungen besonders bei der Entnahme von grobkörnigen Mischgutsorten minimieren kann. Im einzelnen sind hier die automatische Probenahme im Querschnitt des Mischgutstromes (Arand, 1992) und die mechanische Probenahme am Deckenfertiger (Junghänel, 1988) zu nennen. Es konnte sich jedoch keines der aufgeführten Probenahmeverfahren in der Praxis durchsetzen, so dass weiterhin das Verfahren nach DIN 1996 Blatt 2 anzuwenden ist.

Neben der DIN 1996 Blatt 2 besteht jedoch auch die DIN EN 12697, Teil 27, die neben der manuellen Probenahme aus der Ladung eines LKW, aus einem Haufwerk auch die Entnahme aus dem Bereich der Verteilerschnecken der Straßenfertigerbohle beschreibt. Es werden hierzu an der Verteilerbohle Einzelproben genommen, die zu einer Sammelprobe vereinigt werden. Die weiteren Verfahren der DIN EN 12697, Teil 27 beschreiben Probenahmen aus eingebautem, ungewalztem Material mittels Probenahmeschalen bzw. mittels Aushub eines Grabens. Der „Kommentar zur ZTV Asphalt-StB 01" (2003) bemerkt hierzu, dass derzeit neben der nationalen Norm DIN 1996 auch die europäische Norm DIN EN 12697, die keinen Ersatzvermerk trägt, gültig ist. Im Bauvertrag ist die nationale Norm dann maßgeblich, wenn die jeweiligen Zusätzlich Technischen Vertragsbedingungen vereinbart worden sind.

Das Ablaufschema für die Probenahme und die Prüfung von Asphaltmischgut der DIN 1996 ist in Abbildung 3-2 dargestellt. In dieser Norm wird beschrieben, dass der Ort der Probenahme für Mischgut an der Mischanlage während des Beladens eines LKW oder an der Einbaustelle vom LKW, aus dem Verteilerkübel oder vom „Mischguthaufen" festgelegt werden kann. Bei einer solchen manuellen Probenahme wird eine Mischgutmenge von 20 Einzelschaufeln (Einzelproben) zu einer Sammelprobe vereinigt. Durch Umsetzen, Vierteilen und Ausscheiden auf einem Probenahmeblech wird die Sammelprobe soweit reduziert, dass die zur Gewinnung von Teilproben benötigte Mischgutmenge verbleibt.

In der Praxis erfolgt die Probenahme in der Regel nicht gemäß DIN 1996 Blatt 2 sondern meist an der Verteilerbohle des Einbaufertigers. Aus dem seitlichen Bereich der Verteilerschnecken wird in aller Regel eine Teilprobe durch das Befüllen eines Mischguteimers ohne die oben beschriebene Probeteilung gewonnen.

Der „Kommentar zur ZTV Asphalt-StB 01" (2003) weist in diesem Zusammenhang darauf hin, dass bei sorgfältiger Anwendung der Probenahme aus dem laufenden Materialstrom an der Einbaubohle und ausreichender Erfahrung des Probenehmers vergleichbare Ergebnisse zur Probenahme gemäß DIN 1996 Blatt 2 zu erwarten sind.

In dem Forschungsbericht zur „Überprüfung der Toleranzen für Bindemittelgehalt und Korngrößenverteilung gemäß ZTV Asphalt-StB und ZTVT-StB" konstatieren Renken und Dröge (2002), dass mit Ausnahme des Asphaltbindermischguts die Probenahme von Mischgut aus dem Bereich der Fertigerbohle keine Nachteile bei der Beurteilung der Mischgutzusammensetzung zur Folge hat. Die Autoren schlagen vor, die Probenahme aus dem Bereich der Einbaubohle als insgesamt gleichwertig zuzulassen. Die Einschränkung der Asphaltbindervarianten beziehen sich auf Größtkornanteile, die bei der DIN-konformen Probenahme deutlich höher ermittelt werden.

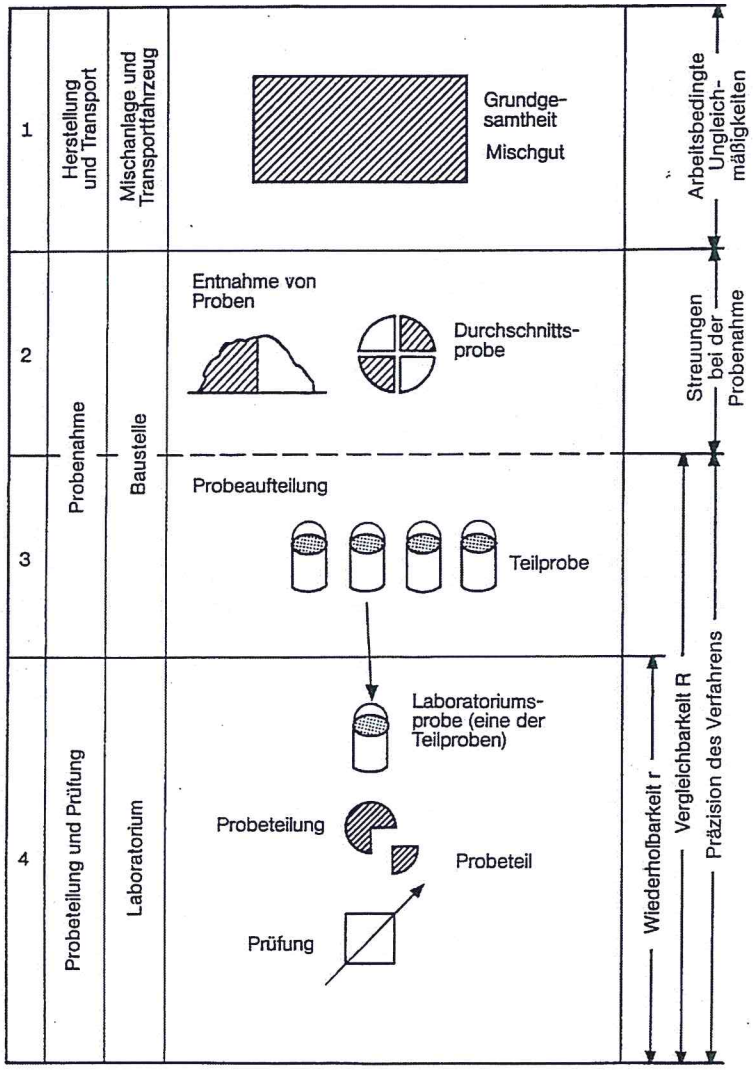



Abbildung 3-2: Ablaufschema für die Probenahme und Prüfung von Asphaltmischgut nach DIN 1996, Blatt 1

### Probenahme von Ausbaustücken

Bereits Zichner (1965) zeigt auf, dass definitionsgemäß auch Einzelproben als Stichproben oder Durchschnittsproben betrachtet werden können. Doch ist nachvollziehbar, dass ein einzelner Bohrkern nie die durchschnittliche Beschaffenheit einer Bauleistung repräsentieren kann. Durch den Transport von Asphaltmischgut kommt es bereits zu gewissen Entmischungen. Nach Aufgabe des Materials in den Fertiger werden die Entmischungen bei der Querverteilung des Materials durch die Verteilerschnecke in gewissem Umfang beseitigt. Doch bewirkt auch die Arbeitsweise einer Schnecke zugleich weitere Entmischungen.

Um repräsentative Proben gewinnen zu können, bedarf es festgelegter Probenahmeverfahren.

Für die Probenahme von Ausbaustücken sieht die DIN 1996 Blatt 2 zur Bestimmung der Schichtdicke je Entnahmestelle einen Bohrkern von mindestens 100 mm Durchmesser vor. Zur Bestimmung der Raumdichte und des Hohlraumgehaltes sowie zur Wasseraufnahme sind je Entnahmestelle zwei Bohrkerne (Einzelproben) von mindestens 150 mm Durchmesser in einem Abstand von 5 bis 10 cm zu entnehmen. Die Bohrkerne dürfen nicht aus dem Randbereich des Einbaustreifens entnommen werden.

Für die Durchführung weiterer Untersuchungen unterscheidet die DIN 1996 Blatt 2 die Einzelprobe von der Durchschnittsprobe. Es sind je Entnahmestelle so viele Bohrkerne (Einzelproben) zu entnehmen, dass ausreichend Material für die durchzuführenden Untersuchungen zur Verfügung steht. Es sind jedoch immer mindestens 2 Bohrkerne zu entnehmen. Falls eine Durchschnittsprobe benötigt wird, sind 5 Bohrkerne aus einem Einbaustreifen im Abstand von 5 m zu entnehmen und zu einer Sammelprobe zu vereinigen.

## 3.4 Erfahrungen zu Prüfungen an Mischgut aus Bohrkernen

Im Rahmen der FGSV-Kommentar-Gruppe "Asphaltstraßen" zu strittigen Fragen aus der Praxis des Asphaltstraßenbaus wurde auf die Thematik der durchzuführenden Probenahmeverfahren und der Verwendung von Mischgut aus wiedererwärmten Bohrkernen wiederholt eingegangen. In den dargestellten Fallbeispielen aus der Praxis wird die Kornverkleinerung in der Randzone von Bohrkernen (Fall 113), der „Bindemittelentzug" in der Schnittfläche von Bohrkernen (Fall 155), die ursprünglichen Mischguteigenschaften an Bohrkernen (Fall 356), Mischgut-Kontrollprüfungen an Bohrkernen (Fall 470) und der Bindemittelgehalt von Mischgut aus Bohrkernen einschließlich Randzonen (Fall 471) behandelt. Die

Tabelle 3-3 fasst die Erfahrungen der Praxis zusammen, die den Fallbeispielen der „Kommentare und Anregungen zu Technischen Regelwerken und Bauvertragstexten für Asphalt im Straßenbau" (FGSV) zu entnehmen sind.

| *Fall* | *Praxiserfahrungen aus den Stellungnahmen* |
|---|---|
| 113 (1966)<br>Kornverkleinerung in der Randzone von Bohrkernen | o Bohrkernentnahme hat einen Einfluss auf die Siebanalyse<br>o Der Einfluss ist abhängig von verschiedenen Parametern (Größtkorn, Gestein, Bohrkerndurchmesser, Bohrgerät |
| 155 (1967)<br>„Bindemittelentzug" in der Schnittfläche von Bohrkernen | o Bindemittelentzug in der Mantelfläche des Bohrkerns kann nicht beobachtet werden, da das durch die Reibung erwärmte Bindemittel in die Poren gedrückt wird |
| 356 (1978)<br>Untersuchung der ursprünglichen Mischguteigenschaften an Hand von Bohrkernen | o Mögliche Kornverfeinerung bzw. Kornzertrümmerung an Mischgut aus wiedererwärmten Bohrkernen ergeben sich aus:<br>o Schneidwirkung der Bohrkrone und der Trennsäge<br>o Einbau und Walzverdichtung des Asphaltmischguts<br>o Verkehrseinflüsse wie Baustellenverkehr<br>o Frosteinwirkung<br>o Ein allgemeiner Umrechnungsfaktor für die Kornverteilung gibt es aufgrund vielfältiger Einflussfaktoren nicht<br>o Eine Bestimmung der Kornzusammensetzung an Bohrkernen ist nur in Ausnahmefällen anzuwenden |
| 470 (1983)<br>Bohrkern-Durchschnittsproben gemäß<br>DIN 1996 Teil 2 | o In der Regel sollen für die Bestimmung der Mischgutzusammensetzung Kontrollprüfungen nicht an Bohrkernen durchgeführt werden<br>o Eine Einzelprobe nach DIN 1996 kann auch als Durchschnittsprobe gewertet werden, wenn das Prüfgut ausreichend homogen ist. Bei einer augenscheinlichen Beurteilung ist das für eine Deckschicht möglich, jedoch in der Regel nicht für darunter liegende Binder- und Tragschichten<br>o Der Straßenzustand einer neuen Straße sollte nicht durch unnötig viele Bohrkernlöcher beeinträchtigt werden. |
| 471 (1983)<br>Bindemittelgehalts-bestimmung an Bohrkernen einschließlich Randzonen | o Das Herauslösen angeschnittener Körner an Bohrkernen führt zu einem verringerten Grobkornanteil und einer Erhöhung des Mörtel- und Bindemittelmenge in der Probe<br>o Das Belassen der angeschnittenen Körner in der Probe oder das Abstechen der gesamten Randzone von Bohrkernen führt zu Bindemittelgehalten, die eine weitgehend gute Übereinstimmung mit vergleichbaren Mischgutproben zeigen<br>o Das Abstechen der Bohrkernrandzone hat zur Folge, dass die Probemenge für weitere Untersuchungen nicht ausreicht<br>o Werden die angeschnittenen Körner in der Probe belassen, sind sie bei der Beurteilung der Korngrößenverteilung zu beachten |

Tabelle 3-3: Kommentare und Anregungen zur Durchführung der Kontrollprüfungen an Bohrkernen (FGSV)

In der Fachliteratur sind bisher nur wenige Untersuchungen zur Vergleichbarkeit von Kontrollprüfungen an losem Mischgut mit denen an Mischgut aus wiedererwärmten Bohrkernen veröffentlicht.

Im Jahr 1968 wurde von der Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST) bei einer Baumaßnahme der Einfluss der Verdichtung auf die Kornverfeinerung eines Asphaltbinders untersucht. Zum Einsatz kamen eine Vibrationswalze, eine statische Walze und eine Gummiradwalze. Breitbach (2000) zeigt die Problematik der Durchführung von Kontrollprüfungen auf und stützt seine Erkenntnisse auch auf die unveröffentlichten Ergebnisse der Bundesanstalt für Straßenwesen. Er führt aus, dass in diesen Untersuchungen Mischgutproben und aus den zugehörigen Flächen Bohrkerne nach Abschluss der gesamten Verdichtungsvorgänge entnommen worden sind. Die dabei festgestellten Kornverfeinerungen an den Bohrkernproben aus Fein- und Grobbinder waren von der Walzverdichtung beeinflusst. Den möglichen Kornverfeinerungen aus der Bohrkernentnahme wurde durch das Vorbehandeln der Bohrkerne mittels Abschälen der Bohrkernmantelfläche entgegen gewirkt. Der Vergleich der Untersuchungen zwischen Bohrkern- und Mischgutproben zeigte eine Kornverfeinerung in der Splittfraktion von etwa 3 bis 4 M.-%.

Zur Klärung möglicher Differenzen zwischen den Prüfergebnissen an Mischgut und Bohrkernmaterial stellt Weinert (1999) ein Untersuchungsprogramm vor. Innerhalb des Programms wurden die Kennwerte Bindemittelgehalt und Korngrößenverteilung für eine Asphalttragschicht, Asphaltbinderschicht und eine Deckschicht aus Splittmastixasphalt untersucht. Die Mischgutprobe wurde jeweils aus dem Bohrkern nach Abschälen der Mantelfläche gewonnen, da keine zuordenbare Asphaltmischgutproben zur Verfügung standen. Im Ergebnis traf der Verfasser folgende Feststellungen, die jedoch statistisch nicht abgesichert werden konnten:

- Bindemittelfreie Schnitt- und Trennflächen am Bohrkern führen zu geringeren Bindemittelgehalten
- Mit zunehmender Korngröße der Asphaltgemische werden die Differenzen der Bindemittelgehaltsbestimmungen größer
- Bezüglich der Gesamtsplittanteile ist eine Kornverfeinerung durch die Probenahme (Bohren und Schneiden) praktisch nicht erkennbar
- Beim Größtkornanteil entsteht an den Bohrkernproben eine Kornverfeinerung in geringem Umfang

# 4 Methodik

## 4.1 Auswahl der Untersuchungsstrecken

Zur Erläuterung der Methodik wurden zunächst die möglichen Einflussgrößen zusammengestellt, die auf das Ergebnis von Kontrollprüfungen wirken. Hierbei wurden die verschiedenen Einflüsse von Herstellung, Transport, Einbau, Probenahme und Laboruntersuchung auf die Kontrollprüfungsergebnisse analysiert und systematisiert. Die Abbildung 4-1 verdeutlicht diese Einflussgrößen, die Auswirkungen auf das Ergebnis der Kontrollprüfung haben können. Die verschiedenen Einflussmöglichkeiten sind vielfältig, können sich überlagern und gegenseitig beeinflussen.

Abbildung 4-1: Einflussgrößen auf das Ergebnis von Kontrollprüfungen (Foto: eigene Quelle)

In der Tabelle 4-1 sind verschiedene Einflussgrößen und Einflussmerkmale zusammengestellt.

| *Einflussgröße* | *Einflussmerkmale* |
|---|---|
| Einbau | • Technische Ausstattung (Art des Fertigers/Einbaubohle)<br>• Vorverdichtung (siehe Einflussfaktoren Walzverdichtung )<br>• Einbaugeschwindigkeit |
| Walzverdichtung | • Verdichtungsgerät (Art der Walze, Walzengewicht, Anzahl der Übergänge)<br>• Mischgutart und -sorte (Grob- und Größtkornanteil der Mineralstoffe)<br>• Mischguttemperatur<br>• Mineralstoff (Art, Kornform, Festigkeit)<br>• Bitumenviskosität<br>• Schichtdicke der Befestigung<br>• Witterung beim Einbau |
| Probenahme Mischgut | • Probenahmeverfahren (Art und Ort der Durchführung)<br>• Mischgutart (Grob- und Größtkornanteil der Mineralstoffe) |
| Probenahme Bohrkern | • Probenahmeverfahren (Art, Ort, Größe und Menge der Probe)<br>• Zeitpunkt der Probenahme<br>• Mischgutart und -sorte (Grob- und Größtkornanteil der Mineralstoffe) |

Tabelle 4-1: Einflussmerkmale auf das Ergebnis der Kontrollprüfung

Die Einflüsse aus der Herstellung des Mischguts in der Mischanlage und aus dem Transport des Mischguts werden nicht näher betrachtet, da diese Einflüsse als unveränderbare abhängige Variablen für das Kontrollprüfungsergebnis betrachtet werden können. Die herstellungsbedingten Streuungen des Mischguts sind unabhängig vom Einbau, von der Verdichtung, dem Probenahmeverfahren und der Prüfung im Ergebnis der Kontrollprüfung enthalten.

Erst nach Aufgabe des Mischguts in den Verteilerkübel kommen unterschiedliche Einflussmerkmale zum Tragen, die Auswirkungen auf veränderte Mischguteigenschaften haben können. Das Mischgut aus wiedererwärmten Bohrkernen wird im Vergleich zu losem Mischgut zusätzlich durch den Einbau- und Verdichtungsprozess beansprucht und kann hierdurch Entmischungen, Kornverfeinerungen, Kornanreicherungen oder auch eine Bitumenalterung erleiden. Durch die Bohrkernprobenahme kann das Mischgut zusätzliche

Kornverfeinerungen, Bindemittelverluste und je nach Zeitpunkt der Probenahme auch Bindemittelverhärtungen aufweisen. Bei Deckschichten kommt der Einfluss des eingebundenen Abstreusplitts auf eine veränderte Korngrößenverteilung des Mischguts hinzu.

Zur Vermeidung zusätzlicher Einflüsse, die sich z.B. auf Streuungen der Mischgutproduktion berufen können, wurde abweichend vom ursprünglichen Konzept und in Abstimmung mit dem projektbegleitenden Ausschuss der Abstand der Entnahmeprofile zu 250 m gewählt, so dass jedes Profil eine Tagesleistung repräsentiert. Insgesamt entspricht ein Entnahmeprofil, abhängig von der Einbaubreite eine Fläche von etwa 2500 m².

Die Anforderungen an die Auswahl der Untersuchungsstrecken waren somit mit der Größe des Bauloses und der zu untersuchenden Mischgutarten gemäß dem Forschungsantrag definiert.

Bei der Auswahl der Strecken wurden Asphaltbefestigungen mit folgenden Mischgutarten und -sorten berücksichtigt:

- Asphaltdeckschicht (AB 0/11 S, SMA 0/11 S, GA 0/11 S)
- Asphaltbinderschicht (ABi 0/22 S (2fach), ABi 0/16 S)
- Asphalttragschicht (ATS 0/32 CS (2fach), ATS 0/22 CS)

Die Auswahl der genannten Mischgutarten und -sorten deckt eine große Bandbreite möglicher Asphaltgemische ab. Die Ergebnisse der Untersuchungen lassen sich somit auf viele in der Praxis verwendeten Asphaltbefestigungen übertragen.

In Kapitel 5.1 werden die Randbedingungen der einzelnen Untersuchungsstrecken beschrieben.

## 4.2 Probenahme

In Vorbereitung auf die zu untersuchenden Mischgutsorten wurden Prüfmerkmale definiert, um die beschriebenen Einflüsse aus Kapitel 4.1 bei Durchführung der baubegleitenden Untersuchungen erfassen zu können. Diesbezüglich werden den Fertigungsschritten „Transport, Einbau und Verdichtung von Asphalt“ und der „Kontrollprüfung“ Prüfmerkmale zugeordnet, die bereits bei der Bauausführung Anhaltswerte für mögliche Einflüsse auf das Ergebnis der Prüfungen wiedergeben. Aus der Anleitung „Qualitätsmanagementplan Asphalttragschichten“ (BAST, 1995)

lassen sich hierzu verschiedene Fertigungsschritte mit zugehörigen Arbeitsschritte ableiten.

Die Tabelle 4-2 gibt einen Überblick über die Prüfmerkmale der verschiedenen Fertigungsschritte und wurde bei der Probenahme angewendet. Die Einflüsse wurden baubegleitend protokolliert, um die zu ermittelnden Untersuchungsergebnisse bei der Auswertung auch ausreichend interpretieren zu können. Demnach wurden alle wesentlichen Einbauparameter beim Einbau und Verdichten der Asphaltschichten erfasst.

| ***Fertigungsschritt*** | ***Arbeitsschritt*** | ***Prüfmerkmal*** |
|---|---|---|
| Transport | Mischgutanlieferung | Überprüfung der Anlieferung (Lieferschein) |
| | | Temperatur Mischgut |
| | | Beschaffenheit Mischgut (augenscheinlich) |
| | | Schädliche Bestandteile im Mischgut (augenscheinlich) |
| Einbau | Kontrolle der Einbaubedingungen | Temperatur (Luft, Unterlage, Mischgut) |
| | | Beschaffenheit der Unterlage (augenscheinlich) |
| | | Witterungsverhältnisse |
| | Kontrolle der Geräte und Maschinen | Maschinenkonfiguration (Fertiger, Verdichtungsbohle) |
| | | Einbaubreite |
| | | Einbauhöhe |
| | Beschickung des Fertigers | Leerfahren des Verteilerkübels |
| | | Hochklappen der Verteilerkübelseitenklappen |
| Verdichtung | Kontrolle der Geräte und Maschinen | Maschinenkonfiguration (Auswahl und Anzahl der Walzen) |
| | | Verdichtungsübergänge |
| Kontrollprüfung Baustelle | Mischgutprobenahme | Lage der Probenahme |
| | | Probeteilung und Probemenge |
| | Bohrkernprobenahme | Lage der Probenahme |
| | | Bohrkerndurchmesser |
| | | Anzahl der Proben |

Tabelle 4-2: Prüfmerkmale der Fertigungsschritte Transport, Einbau, Verdichtung und Kontrollprüfung

Bei Durchführung der Probenahme wurden die Entnahmestellen im voraus festgelegt und ausreichend beschrieben. An jeder Untersuchungsstrecke waren vier Entnahmeprofile zu untersuchen. An jedem Entnahmeprofil wurden baubegleitend Mischgutproben aller Asphaltschichten entnommen. Die Entnahme des Mischguts erfolgte vor der Verteilerbohle, um eine gute örtliche Übereinstimmung mit der nach Fertigstellung der Deckschicht zu entnehmenden Bohrkerne zu bekommen. Diese Vorgehensweise war aus dem Forschungsauftrag vorgegeben. Doch entspricht diese in der Praxis übliche Probenahme nicht der Norm, weshalb eine weitere Mischgutprobenahme aus dem Verteilerkübel gemäß der DIN 1996, Teil 2 erfolgte.

Daher wurden zwei Probenahmeverfahren für das lose Mischgut durchgeführt, um Streuungen der Kontrollprüfungsergebnisse, die sich aus dem Probenahmeverfahren am losen Mischgut ergeben, bewerten zu können.

Nach Fertigstellung der Deckschicht wurden den Entnahmestellen für die einzelnen Mischgutarten zugeordnet, Bohrkerne vor der Verkehrsübergabe entnommen. Die Bohrkernproben bestehen hierbei für jede Untersuchungsstrecke aus einer Bohrkerndurchschnittsprobe und aus zwei Bohrkerneinzelproben nach DIN 1996, Blatt 2. Die Bohrkerndurchschnittsprobe besteht jeweils aus Bohrkernen, die diagonal über die Einbaubreite entnommen worden sind. Durch diese Entnahme wird der Einfluss der Mischgutquerverteilung über die Einbaubreite erfasst.

Die Abbildung 4-2 zeigt die Anordnung der Entnahmeprofile, wie sie für jede Untersuchungsstrecke festgelegt worden ist.

Die vier Probenahmeverfahren wurden auf allen Untersuchungsstrecken ausgeführt. Die Verfahren werden in dieser Forschungsarbeit mit den folgenden Abkürzungen beschrieben:

- VER -Probenahme an der Verteilerbohle (Mischgut)
- DIN -Probenahme aus dem Verteilerkübel (Mischgut)
- BK Einzel (BKE) -Probenahme von zwei Einzelproben (Bohrkern)
- BK Durch (BKD) -Probenahme einer Durchschnittsprobe (Bohrkern)

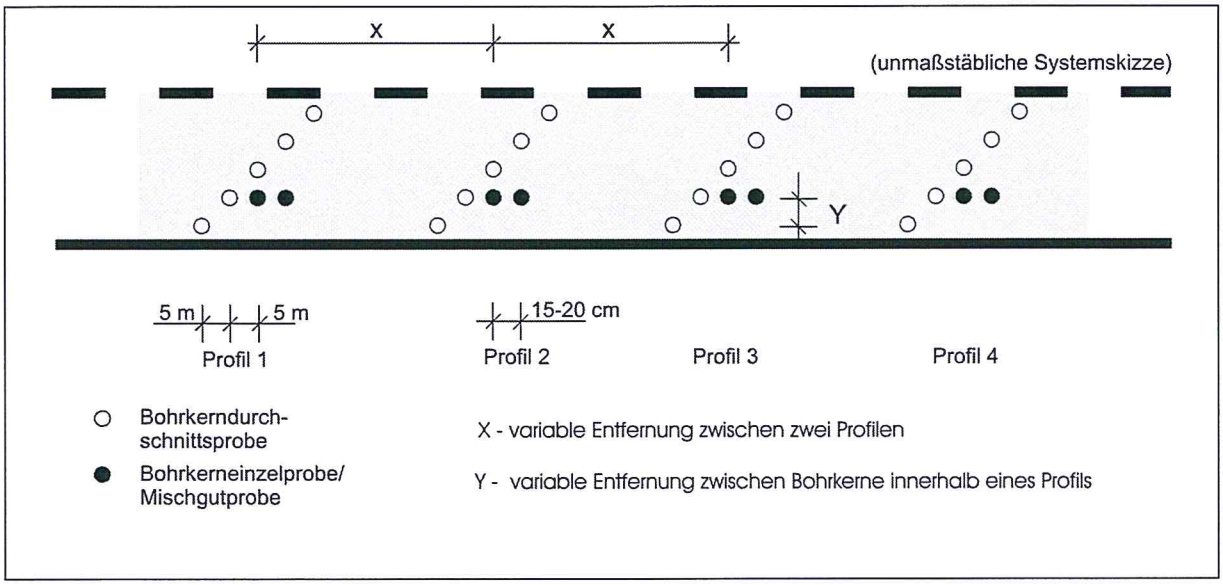



Abbildung 4-2: Anordnung der Entnahmeprofile für die Probenahme von Bohrkernen und Mischgut (schematische Darstellung)

Die Probenahme erfolgte an den jeweiligen Stationen nach einem festgelegten Prüfplan. Insbesondere musste an den Probenahmestationen baubegleitend die Oberfläche jeder zu überbauenden Schicht begutachtet werden, um Bohrkernentnahmestellen mit Entmischungsfehlstellen ausschließen zu können.

Alle Proben wurden eindeutig gekennzeichnet und in der Prüfstelle bis zur Untersuchung zwischengelagert.

## 4.3 Versuchsprogramm

### *Kenndaten der Untersuchungsstrecken*

Die Bohrkerneinzelproben und Bohrkerndurchschnittsproben wurden je Entnahmestation jeweils zu Sammelproben vereinigt und anschließend in Laboratoriumsproben aufgeteilt. Von jeder Sammelprobe gibt es jeweils nur eine Teilprobe (Laboratoriumsprobe), daher ist eine Bestimmung der Ergebnisse unter Wiederholbedingungen nicht möglich.

Die Mischgutproben „VER" wurden ohne Probeteilung als Laboratoriumsprobe gewonnen. Es liegen je Entnahmestation zwei Teilproben „VER" vor.

Die Mischgutteilproben „DIN" wurden mit dem Verfahren der DIN 1996, Blatt 2 gewonnen. Es liegen je Entnahmestation vier Teilproben „DIN" vor.

Die Tabelle 4-3 fasst die Prüfungsarten zusammen, die an den Messproben der Laboratoriumsproben durchzuführen waren.

| *Prüfungsart* | *Probenart* | | | |
|---|---|---|---|---|
| | *Mischgut VER* | *Mischgut DIN* | *Bohrkern Einzel* | *Bohrkern Durch* |
| **Korngrößenverteilung** | X | X | X | X |
| **Bindemittelgehalt** | X | X | X | X |
| **Erweichungspunkt RuK** | X | X | X | X |
| **Raumdichte am MPK/PK** | X | X | X | X |
| **Stabilität und Fliesswert*** | X | X | X | X |
| **Eindringtiefe am PK**** | X[1] | | X | X |
| **Rohdichte** | X | X | X | X |
| **Raumdichte am BK** | -- | -- | X | X |
| **Elastische Rückstellung***** | X | X | X | X |

* nur an Tragschichten **nur an Gussasphalt ***nur an PmB
[1] es liegt nur ein Ort der Probenahme (Auslauf des Kochers) vor

Tabelle 4-3: Prüfungsarten zur Bestimmung der Asphaltkenndaten

Als Kenndaten für die Korngrößenverteilung werden betrachtet:

- **Füller** (< 0,09 mm)
- **Sand** (0,09 bis 2,0 mm)
- **Splitt** (> 2,0 mm)
- **Grobkorn**

Des weiteren war zu beachten, dass in dem Deckschichtmischgut wiedererwärmter Bohrkerne Anteile an Abstreusplitt enthalten sind. Um die Vergleichbarkeit der Untersuchungen zu gewährleisten, ist jeweils der Anteil des Abstreusplitts zu bestimmen.

Zusätzliche Betrachtungen der gesamten Sieblinie können darüber hinaus Kornverfeinerungen und Kornanreicherungen einzelner Kornklassen infolge des

veränderten Probenahmeverfahrens angeben. Die Angabe der Veränderungen einzelner Kornklassen ist in der Praxis dann relevant, wenn Anforderungen an Massenanteile zugegebener Ergänzungskörnungen genannt sind.

Die Versuchsdurchführung zur Bestimmung der Asphaltkenndaten wird in Kapitel 5.3.2 erläutert.

### *Kenndaten zusätzlicher Laborversuche*

Insbesondere für die Bewertung der Durchführung von Kontrollprüfungen an Mischgut aus wiedererwärmten Bohrkernen ist entscheidend, wie sich die Einflussgrößen Einbau, Verdichtung und Probenahme auf das Prüfergebnis auswirken. Um nun die einzelnen Einflüsse quantifizieren zu können, wurde in Rücksprache mit dem projektbegleitenden Ausschuss ein zusätzliches Versuchsprogramm unter Laborbedingungen festgelegt.

Hierzu wurden im Laboratorium aus präparativ zusammengesetzten Mischgutproben walzsektorverdichtete Asphaltprobeplatten in Anlehnung an vorliegende Eignungsprüfungen der vorhandenen Untersuchungsstrecken hergestellt. Mit der Verwendung präparativ zusammengesetzter Mischgutproben wird ein Einfluss der Probenahme am Mischgut auf das Prüfergebnis ausgeschlossen. Im einzelnen wurden die folgenden Asphaltgemische ausgewählt:

- Splittmastixasphalt 0/11 S
- Asphaltbeton 0/11 S
- Asphaltbinder 0/16 S und 0/22 S
- Asphalttragschicht 0/32 CS

An den genannten Asphaltgemischen wurden die Kenndaten „Bindemittelgehalt" und „Korngrößenverteilung" an folgenden Probenarten bestimmt:

a) Mischgut (im Labor hergestellt)

b) Walzsektorverdichtete Asphaltplatten (WSV-Platte)

c) Bohrkerne aus walzsektorverdichteten Platten (BK-Platte)

Mit den Kenndaten der Probe a) ist ein möglicher Einfluss der Asphaltextraktion auf das Prüfergebnis feststellbar. Die Eingangsdaten der Eignungsprüfung können überprüft werden. Die Kenndaten der Probe b) können im Vergleich mit den Kenndaten der Probe a) den Einfluss der Verdichtung auf eine mögliche Veränderung der Sieblinie herausstellen. In den Kenndaten der Probe c) überlagern

sich die Einflüsse aus Verdichtung und Bohrkernprobenahme. Ein Vergleich der Untersuchungsergebnisse der Proben b) und c) stellt den Einfluss der Bohrkernprobenahme auf das Prüfergebnis heraus.

Dieser Vorgehensweise liegt die Annahme zugrunde, dass die Walzverdichtung im Walzsektorverdichter die Walzverdichtung der Praxis simuliert, ohne dass nennenswerte neue Einflüsse auf das Prüfergebnis wirken.

Die Versuchsdurchführung wird in Kapitel 5.3.4 beschrieben. Das Versuchsprogramm ist der Abbildung 4-3 zu entnehmen.

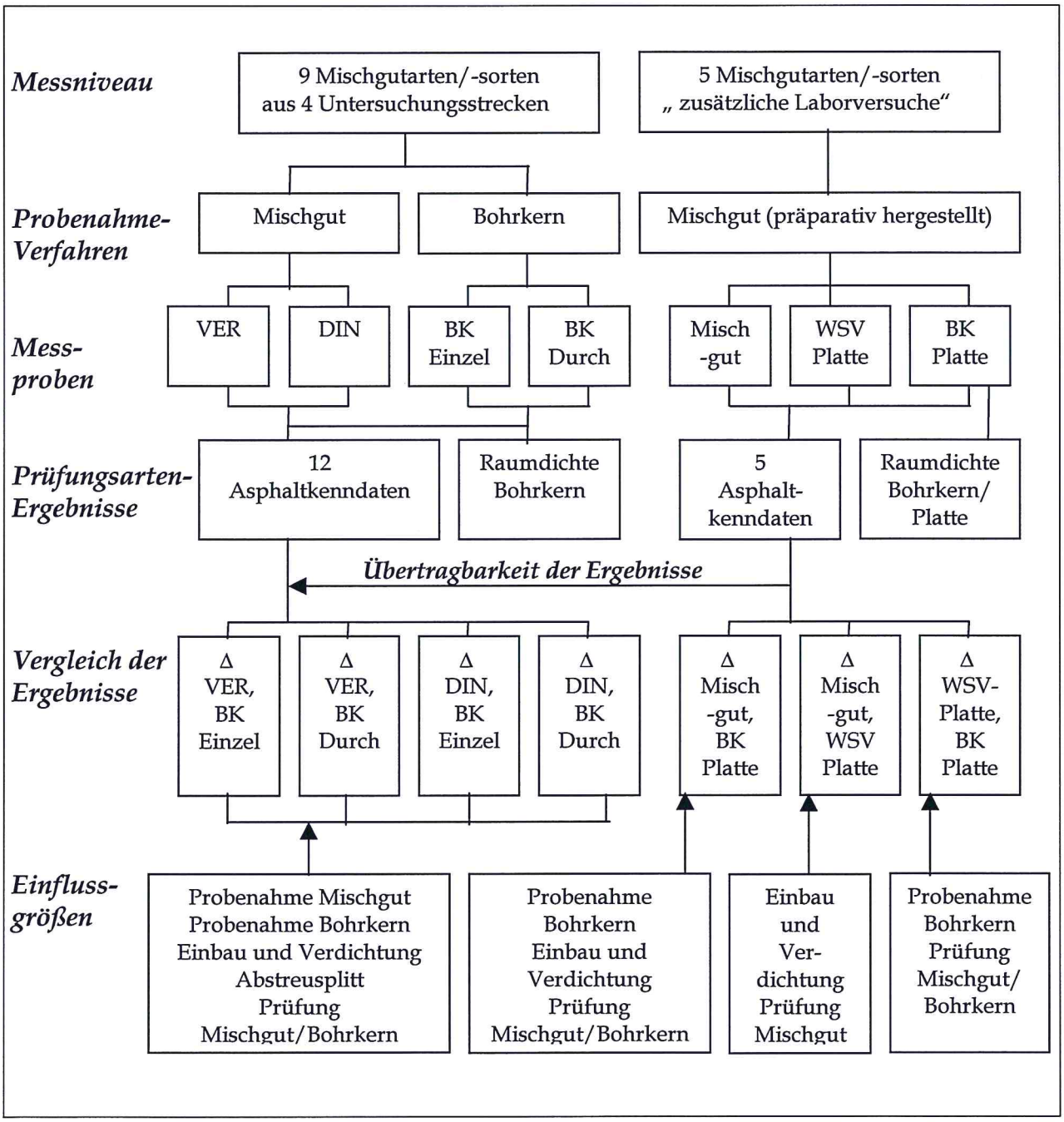



Abbildung 4-3: Versuchsprogramm zur Auswertung der Ergebnisse

## 4.4 Auswertung der Untersuchungen

Mit dem beschriebenen Versuchsprogramm soll die Vergleichbarkeit der Asphaltkenndaten an losem Mischgut und an Mischgut aus wiedererwärmten Bohrkernen gewährleistet werden.

Die Auswertung der Untersuchungen erfolgt in Kapitel 6 in mehreren Schritten. Zunächst werden alle Einzelwerte der Untersuchungen, insofern diese prüftechnisch bedingt keine Ergebnisse sind, gemittelt und als arithmetische Mittel der Einzelwerte angegeben.

Jede Mischgutsorte der zu betrachtenden Untersuchungsstrecke bildet eine Grundgesamtheit. Diese Grundgesamtheit ergibt sich auf der Grundlage, dass immer eine Tagesproduktion Mischgut erfasst worden ist. Die Versuchsdurchführung und die Prüfungen erfolgten vom selben Laboranten des Laboratoriums mit denselben Messgeräten nach festgelegten Prüfverfahren. Die Festlegung der 4 Profile je Untersuchungsstrecke hat zur Folge, dass der Umfang n der Messreihe für jede Prüfungsart eines Probenahmeverfahren n = 4 beträgt.

Bezüglich aller Prüfungsarten werden bei der Auswertung der Prüfergebnisse Ausreißer, die durch die baustellenbegleitenden Kontrollen und Aufzeichnungen erfasst worden sind, ausgeschlossen. Bei diesen Ausreißern handelt es sich um grobe Abweichungen, die nachweislich Messwerte liefern, die nicht der Grundgesamtheit angehören.

Gemäß Merkblatt über die statistische Auswertung von Prüfergebnissen (FGSV, 2000) bilden alle wahre Merkmalswerte in einer fest umrissenen Grundgesamtheit die sogenannte Merkmalsverteilung innerhalb der Grundgesamtheit.

Die Menge der potentiell möglichen Merkmalswerte werden durch eine Wahrscheinlichkeitsverteilung beschrieben. Die Kenngrößen der Wahrscheinlichkeitsverteilung (Mittelwert $\mu$ und Standardabweichung $\sigma$ der Verteilung) können hier aufgrund der analogen Definition mit den Kennwerten arithmetisches Mittel $\bar{X}$ und Standardabweichung s zur statistischen Schätzung verwendet werden. Für diese Kennwerte gelten die Gleichungen (1) und (2).

$$\bar{X} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} X_i \tag{1}$$

$$s_n = \sqrt{\overline{(\Delta x)^2}} = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})^2} \tag{2}$$

Aus den ermittelten Ergebnissen werden je Probenahmeverfahren arithmetische Mittel gebildet. Die Ergebnisse werden daher auf Verträglichkeit geprüft. Dazu wird die kritische Spannweite $d_r$ mit der Gleichung (3):

$$d_r = W_{95\%}(n)\sigma_r \tag{3}$$

berechnet. Ist die beobachtete Spannweite nicht größer als die zugehörige kritische Spannweite, dann gelten die Ergebnisse als sicher. Eine gesonderte Ausreißerprüfung ist in diesem Fall nicht notwendig.

Für die Berechnung der Standardabweichungen $\sigma_r$ werden die vorhandenen Wiederholstandardabweichungen der Prüfverfahren herangezogen.

Eine Gegenüberstellung der arithmetischen Mittel bei Betrachtung der Streumaße aller Prüfergebnisse führt zu einer vergleichenden Bewertung der Probenahmeverfahren. Die Prüfergebnisse enthalten jeweils die Summe aller Einflussmerkmale.

Die zusätzlichen Laborversuche wurden unter Wiederholbedingungen durchgeführt. Es liegen für jede Probenart zwei Messreihen mit je drei Ergebnissen vor. Die Verträglichkeit der Ergebnisse unter Wiederholbedingungen kann angegeben werden. Die Gleichungen (1) bis (3) sind im Rahmen dieser Auswertung ebenfalls für die Verträglichkeitsuntersuchungen der Einzelwerte und Ergebnisse anzuwenden.

Zusätzlich werden varianzabhängige Ausreißerprüfungen nach Merkblatt über die statistische Auswertung von Prüfergebnissen, Teil 2 (FGSV, 1978) durchgeführt. Die Prüfgröße wird für den beschriebenen Fall 1 „Entweder größter oder kleinster Messwert einer Messreihe ausreißerverdächtig" mit folgenden Formeln errechnet:

$$T_n = \frac{(x_{(n)} - \bar{X})}{s} \tag{4}$$

$$T_1 = \frac{(\bar{X} - x_{(1)})}{s} \tag{5}$$

Mit der Formel (4) wird die Prüfgröße dafür berechnet, dass der größte Messwert ausreißerverdächtig ist. Ist der kleinste Messwert ausreißerverdächtig, ist die Prüfgröße der Formel (5) zu berechnen.

Die Ergebnisse der zusätzlichen Laborversuche können auf die Ergebnisse der Untersuchungsstrecken übertragen werden und somit auch einzelne Einflüsse quantifizieren. So ist es möglich den Einfluss des Einbaus und der Verdichtung und der Bohrkernprobenahme auf das Prüfergebnis anzugeben. Des weiteren sind auch die Einflüsse des Abstreusplitts auf die Prüfergebnisse anzugeben. Die Ergebnisse werden in Kapitel 6 dargestellt und bewertet.

Die Ergebnisse werden in Kapitel 7 diskutiert und in Kapitel 8 Schlussfolgerungen, für die Praxis gezogen. Es werden Empfehlungen zur Durchführung von Kontrollprüfungen an Bohrkernen hinsichtlich der Probenentnahmebedingungen und der Bewertung der Untersuchungsergebnisse formuliert. Darüber hinaus werden Vorschläge für Korrekturfaktoren bestehender Anforderungen erarbeitet.

# 5 Versuchsdurchführung

## 5.1 Untersuchungsstrecken

Für das Projekt standen geeignete Strecken z.T. erst mit großer Verzögerung zur Verfügung, dementsprechend wurden erste Proben im Oktober 2002, die letzten Proben im Mai 2004 entnommen. Zwei der Mischgutsorten sehen ein polymermodifiziertes Bindemittel vor, um auch wie vorgesehen den Kennwert der elastischen Rückstellung vergleichend bewerten zu können. Die Angaben der verwendeten Bindemittel werden in Kapitel 5.3.1 beschrieben.

Abweichend vom ursprünglichen Antrag wurde in Abstimmung mit dem projektbegleitenden Ausschuss eine Untersuchungsstrecke mit einer Asphalttragschicht 0/22 CS ausgeführt. Insgesamt konnten wie vorgesehen neun Mischgutsorten berücksichtigt werden.

Die Abbildung 5-1 stellt den Asphaltoberbau der Asphaltbefestigungen aller Untersuchungsstrecken dar.

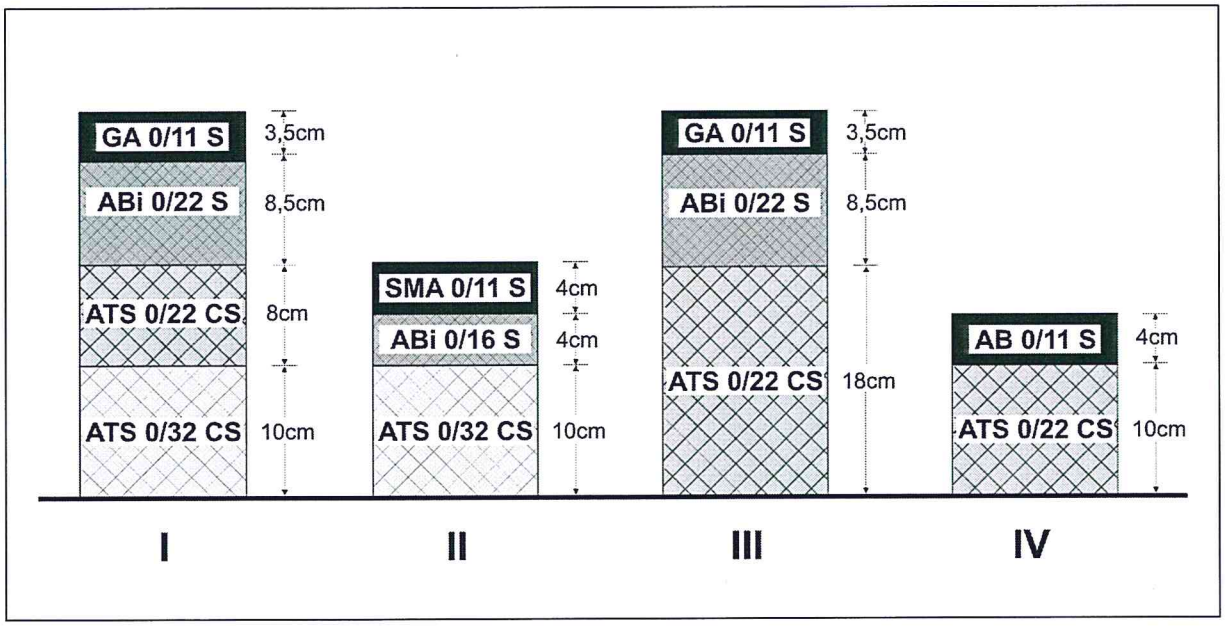



Abbildung 5-1: Asphaltoberbau der Untersuchungsstrecken

Die Tabelle 5-1 zeigt die wesentlichen Daten dieser Untersuchungsstrecken. Es sind in dieser Darstellung nur die Mischgutarten/-sorten angegeben, die auch beprobt worden sind.

| Strecken-bezeichnung | **BAB A49 Untersuchungs-strecke I** | **L 3482 Untersuchungs-strecke II** | **BAB A45 Untersuchungs-strecke III** | **L 3232 Untersuchungs-strecke IV** |
|---|---|---|---|---|
| Mischgutarten/-sorten | GA 0/11S<br>ABi 0/22 S<br>ATS 0/22 CS<br>ATS 0/32 CS (1 A/B)* | SMA 0/11 S<br>ABi 0/16 S (PmB)<br>ATS 0/32 CS (2 A/B)* | ABi 0/22 S (PmB) | AB 0/11S |
| Bauklasse | SV<br>(RStO 01,<br>Tafel 1, Zeile 2.2) | III<br>(RStO 01,<br>Tafel 1, Zeile 2.2) | SV<br>(RStO 01,<br>Tafel 1, Zeile 2) | IV<br>(RStO 01,<br>Tafel 1, Zeile 3) |
| Bauzeit | November 2002 | Oktober 2002 | Oktober 2003 | Mai 2004 |
| Bau-kilometer | km 0.000 bis<br>km 3.500 | km 0.000 bis<br>km 1.400 | km 0.000 bis<br>km 1.550 | km 0.000 bis<br>km 5.550 |
| Regel-querschnitt | RQ 29,5 | RQ 10,5<br>(verbreitert) | RQ 29,5 | RQ 7,5 |
| Anzahl (erneuerte Fahrstreifen) | zwei | zwei | zwei | zwei |

* Das Asphalttragschichtmischgut 0/32 CS wird für die Untersuchungsstrecken 1 (I) und 2 (II) von je zwei Mischanlagen A und B geliefert

Tabelle 5-1: Grunddaten der Untersuchungsstrecken

## 5.2 Baubegleitende Untersuchungen

Die Bauvorhaben wurden in der angegebenen Bauzeit begleitet. Zunächst wurden, wie in der Methodik beschrieben, je Untersuchungsstrecke die Entnahmeprofile festgelegt.

Die Vorgehensweise der beschriebenen Methodik aus Kapitel 4 mit der Erfassung der Prüfmerkmale gemäß Tabelle 4-2 wurde bei allen Maßnahmen durchgeführt. Die Tabelle 5-2 enthält entsprechende Angaben über Einbaubedingungen und Maschinenkonfiguration der Verdichtung aller Untersuchungsstrecken.

| ***Mischgutart/-sorte (Strecke)*** | ***Walzen*** | ***Breite der Einbau-streifen [m]*** | ***Temperatur [°C] Luft/Unterlage/ Mischgut*** | ***Witterung*** |
|---|---|---|---|---|
| GA 0/11 S (I) | Gummiradwalze 19 t<br>Tandemwalze 7 t | 5,5 | 12/13/ 240 | Bewölkt |
| SMA 0/11 S (II) | Tandemwalze 10 t<br>Tandemwalze 7 t | 5,0 | 3-6/3-6/ 150-170 | Bewölkt, z.T. Regen |
| AB 0/11 S (IV) | Tandemwalze 8 t<br>Tandemwalze 8t(*)<br>Tandemwalze 7 t | 5,5 | 12-17/12-25/ 170-185 | Sonnig |
| ABi 0/16 S (II) | Tandemwalze 10 t<br>Tandemwalze 7 t | 5,0 | 5-7/5-7/ 155-165 | Bewölkt |
| ABi 0/22 S (I) | 3 Tandemwalzen 7-8 t | 5,0 | 13-16/14-17/ 165-175 | Bewölkt |
| ABi 0/22 S (III) | Gummiradwalze 15 t<br>Tandemwalze 7 t<br>Tandemwalze 8 t | 7,0 bis 9,0 | 12-14/12-14/ 175-185 | Bewölkt |
| ATS 0/22 CS (I) | Tandemwalze 8 t<br>Tandemwalze 8 t | 5,0 | 7-10/7-11/ 170-180 | Bewölkt, z.T. Regen |
| ATS 0/32 CS (I) | Tandemwalze 8 t<br>Tandemwalze 8 t(*) | 5,0 | 10-14/10-14/ 160-170 | Bewölkt |
| ATS 0/32 CS (II) | Gummiradwalze 19 t<br>Tandemwalze 10 t(*) | 5,0 | 12/12/ 150-155 | Bewölkt |

(*) Verdichtung erfolgte mit und ohne Vibration

Tabelle 5-2: Einbaukenndaten der Untersuchungsstrecken

Die Fertigungsschritte

- Transport
- Einbau
- Verdichtung

wurden baubegleitend hinsichtlich ihrer Prüfmerkmale an den Entnahmestellen untersucht.

Das Mischgut wurde bei Anlieferung einer Kontrolle unterzogen, um die Temperatur und Beschaffenheit festzustellen. Die Transportfahrzeuge waren abgedeckt, so dass Schädigungen der Bindemittel infolge von Oxidationen ausgeschlossen werden können. Das Mischgut konnte bei Anlieferung in allen Fällen augenscheinlich als homogen beurteilt werden.

Die Vorverdichtung erfolgte bei allen Untersuchungsstrecken mit Straßenfertiger, die mit einer konventionellen Verdichtungsbohle ausgestattet waren. Die Anzahl der Verdichtungsübergänge wurde an den entsprechenden Probenahmestationen erfasst. Vereinzelt konnte das Leerfahren und Hockklappen des Verteilerkübels, verbunden mit Stillstandzeiten des Fertigers beobachtet werden.

Bei der Durchführung der Kontrollprüfungen wurden weitere Anzeichen registriert, die Einfluss auf das Ergebnis der Kontrollprüfungen haben können. So erwies sich die Durchführung der DIN-konformen Probenahme nach DIN 1996 Blatt 2 durch die Fahrbahngeometrie und die Baustellenabsicherung der Untersuchungsstrecken als umständlich und schwierig, da weite Wege zwischen der Einbaustelle und der Probeteilung zurück gelegt werden mussten. Das Probenahmeverfahren behinderte insoweit den Baubetrieb, dass für die Mischgutentnahme aus dem Verteilerkübel der LKW nach halber Entleerung zurücksetzen musste. Die Entnahme von Mischgut aus dem Verteilerkübel nach Entleeren des LKW führt insbesondere bei den Asphaltbindervarianten zwangsweise zu Entmischungen der zu entnehmenden Probe. Bei den Deckschichten ist jedoch ein Zurücksetzen des LKW nicht möglich, um Unebenheiten in der Deckschicht, die sich durch erneutes Anstoßen des Fahrzeugs an den Fertiger ergeben können, zu vermeiden.

Die Abbildung 5-2 zeigt die Probeteilung von Mischgut gemäß DIN 1996, Blatt 2 unter Baustellenbedingungen. Die Abbildung 5-3 stellt die Entmischung von Asphaltbindermischgut im Verteilerkübel eines Straßenfertigers dar.

An der Verteilerbohle wurden jeweils zwei Teilproben entnommen. Eine Teilprobe wurde, wie in der Praxis üblich, an der Verteilerbohle durch das direkte Befüllen eines Probeeimers gewonnen. Fehlende Anbauteile und Schneckenverlängerungen führten bei größeren Einbaubreiten bei einigen Mischgutsorten zu Entmischungen in

den Seitenbereichen des Schneckenraums. Daher muss bei der Probenahme an der Verteilerbohle der Schneckenkasten mit Mischgut gefüllt sein, um Entmischungen bei der Probenahme zu vermeiden. Die Abbildung 5-4 zeigt die Entmischungsneigung von Asphaltbindermischgut an der Verteilerbohle eines Straßenfertigers. In der Abbildung 5-5 ist eine Probenahme von Splittmastixasphalt an der Verteilerbohle dargestellt.

Abbildung 5-2 :

Probeteilung von Mischgut gemäß DIN 1996, Blatt 2 (Foto: eigene Quelle)

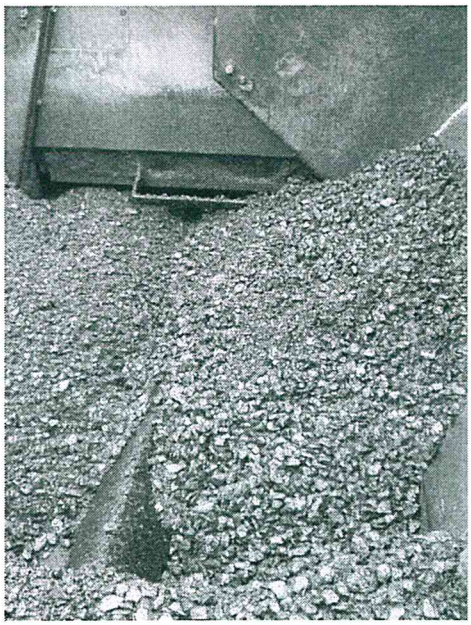


Abbildung 5-3 :

Entmischtes Asphaltbindermischgut im Verteilerkübel eines Straßenfertigers (Foto: eigene Quelle)

Abbildung 5-4 :

Entmischtes Asphaltbindermischgut an der Verteilerbohle (Foto: eigene Quelle)

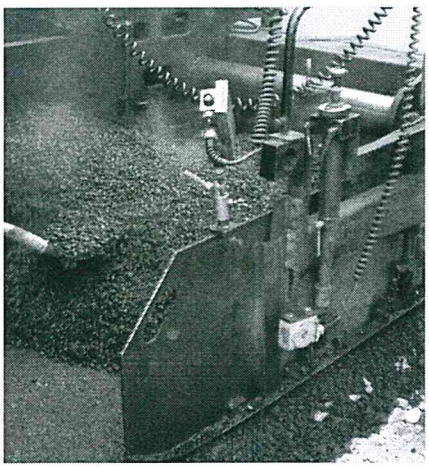


Abbildung 5-5 :

Probenahme von Splittmastixasphalt an der Verteilerbohle (Foto: eigene Quelle)

Die Entnahme der Gussasphaltprobe an der Untersuchungsstrecke I erfolgte an dem Kocherauslauf nach Entleeren von mindestens einem Drittel des Gesamtinhalts.

Die Entnahme der Bohrkerneinzelproben erfolgte an den Entnahmestationen der Verteilerbohlenproben. Die Bohrkerndurchschnittsproben wurden diagonal über den Einbaustreifen genommen, wobei die äußeren Bohrkerne einen Abstand von mindestens 20 cm zur Außenkante des Einbaustreifens einhielten.

Eine besondere Beachtung galt dem Wiederverfüllen der Bohrkernlöcher, da diesbezüglich auch Anforderungen seitens der Straßenbauverwaltungen gestellt worden sind, um Folgeschäden durch unzureichende Verdichtung zu vermeiden.

Bei der Überprüfung der vorliegenden Eignungsprüfungen zeigte sich bereits, dass die Lieferung des Mischguts für die Asphaltragschichten von zwei Mischwerken erfolgt. Innerhalb einer Baumaßnahme lagen auch Eignungsprüfungen vor, die keine Herstellung des Mischguts nach gleicher Rezeptur und Verwendung gleicher Mineralstoffe vorsah. Für die bautechnische Begleitung der Untersuchungsstrecke und die Durchführung der Probenahme war daher auch die Eignungsprüfung über die Benennung der Mischanlage den Entnahmeprofilen zuzuordnen.

## 5.3 Labortechnische Untersuchungen

### 5.3.1. Kenndaten der Eignungsprüfungen

Die Eignungsprüfungen aller untersuchten Asphaltgemische der Untersuchungsstrecken wurden von den zuständigen Straßenbauämtern vor Baubeginn zur Verfügung gestellt. Die Soll-Werte der Eignungsprüfungen werden in der Auswertung berücksichtigt, um Kontrollprüfungsergebnisse auf Plausibilität überprüfen zu können. Die Kenndaten der Eignungsprüfung sind als Soll-Werte angegeben und können der Anlage 2, den jeweiligen Mischgutsorten zugeordnet, entnommen werden.

Des weiteren belegen die Eignungsprüfungen die Verwendung der Bindemittelsorten und der Gesteinskörnungen sowie die Anteile an Asphaltgranulat. Diese zusätzlichen Kenndaten geben Aufschluss über die Festigkeit verwendeter Gesteine und der Verdichtungswilligkeit der Asphaltgemische und können zur Plausibilitätsprüfung der Untersuchungsergebnisse herangezogen werden.

Die Tabelle 5-3 fasst die zusätzlichen Kenndaten aus den Eignungsprüfungen zusammen.

| *Mischgutart/-sorte (Untersuchungsstrecke)* | *Gesteinsart > 2,0 mm* | *Anteil Asphaltgranulat [%]* | *Bindemittelsorte* |
|---|---|---|---|
| GA 0/11 S (I) | Basalt | -- | 30/45 |
| SMA 0/11 S (II) | Granit/Gabbro | -- | 50/70 |
| AB 0/11 S (IV) | Diabas | -- | 50/70 |
| ABi 0/16 S (II) | Gabbro | 15 | PmB 45A |
| ABi 0/22 S (I) | Basalt | -- | 30/45 |
| ABi 0/22 S (III) | Diabas | -- | PmB 45 A |
| ATS 0/22 CS (I) | Basalt | -- | 50/70 |
| ATS 0/32 CS (I) | Basalt | 20 | 50/70 |
| ATS 0/32 CS (II) | Gabbro | 30 | 50/70 |

Tabelle 5-3: Zusätzliche Kenndaten aus den Eignungsprüfungen der Untersuchungsstrecken

### 5.3.2. Asphaltkenndaten an Laboratoriumsproben der Untersuchungsstrecken

Zunächst erfolgte im Laboratorium eine Bohrkernansprache der Laboratoriumsproben. Die Laboratoriumsprobe „BK Einzel" besteht aus jeweils zwei Bohrkernen (Einzelproben). Die Laboratoriumsprobe „BK Durch" besteht aus 5 Bohrkernen (Durchschnittsprobe). Die einzelnen Schichten der Bohrkerne wurden augenscheinlich bewertet, um auch den Einfluss möglicher Inhomogenitäten aufgrund von Entmischungsfehlstellen ausschließen zu können. Die ersten Hinweise hierzu konnten die baubegleitenden Untersuchungen geben. Diese Ansprache beinhaltete eine Abschätzung der Verdichtung der Bohrkernschichten sowie eine Begutachtung der Anzahl von Entmischungsfehlstellen und Kornausbrüchen aller Schichten.

Nach der Trennung der einzelnen Bohrkernscheiben mittels Schneidgerät konnten die Raumdichten am Ausbaustück bestimmt werden.

Zur Gewinnung der Messproben aus den Bohrkernen wurde das Material erwärmt. Hierbei wurde aus den Proben „BK Einzel" das gesamte Material benötigt, bei den Proben „BK Durch" konnte jeweils die Hälfte des Bohrkernmaterials als Rückstellprobe aufbewahrt werden.

Die angeschnittenen Körner der Bohrkernmantelfläche und der Abstreusplitt der in den Deckschichten eingebunden ist, wurde in den Probeteilen belassen. Eigene

Tastversuche haben im Rahmen von Vorversuchen ergeben, dass das „Abstechen" der Bohrkernmantelfläche hohe Streuungen der Versuchsergebnisse verursacht. Hingegen haben sich die möglichen Einflüsse eines Trennschnittes am Bohrkern und Bindemittelfilme in den Kontaktflächen verschiedener Asphaltschichten als nicht relevant erwiesen.

Von den Mischgutlaboratoriumsproben „VER" und „DIN" wurden jeweils Messproben durch Probeteilung im Labor für die weiteren Untersuchungen gewonnen.

Die Asphaltgemische der Proben „VER", „DIN", BK Einzel" und „BK Durch" wurden hinsichtlich ihrer Korngrößenverteilung, dem Bindemittelgehalt und der Raumdichte und Hohlraumgehalt am Marshall-Probekörper untersucht. Bei den Asphalttragschichten war zusätzlich die Marshall-Stabilität und der Marshall-Fließwert zu untersuchen.

Bei den Gussasphaltdeckschichtproben wurde die Raumdichte an Probewürfel durchgeführt und die Eindringtiefe bestimmt.

Am rückgewonnenen Bindemittel wurde der Erweichungspunkt Ring und Kugel nach DIN EN 1427 und bei polymermodifizierten Bindemittel zusätzlich die elastische Rückstellung nach DIN 52021 bestimmt.

Die Untersuchungen am Mischgut aus wiedererwärmten Bohrkernen erfolgte analog zu den Untersuchungen an losem Mischgut und wurden gemäß DIN 1996 „Prüfung von Asphalt" durchgeführt.

### 5.3.3. Zusätzliche Kenndaten der Untersuchungsstrecken

Bei Durchführung der Kontrollprüfungen wurden auch Gesteinsproben des Abstreusplitts der Deckschichten entnommen. Der Abstreusplitt ist in dem Deckschichtmischgut der Bohrkerne enthalten und kann bei bekannter Sieblinie und Aufstreumenge anteilig errechnet werden. Es wurden bei Einbau Proben des Abstreusplitts entnommen.

Die Sieblinien der Aufstreusplitte

- Quarzit 2/5 (SMA 0/11 S) und
- Quarzit 2/5 (AB 0/11 S)

wurden bestimmt. Der eingebundene Abstreusplitt ist in dem Splittmastixasphalt und Asphaltbeton wiedererwärmter Bohrkerne enthalten und hat somit Einfluss auf die Korngrößenverteilung. Der Anteil an Abstreusplitt (Basalt 2/5) der Gussasphaltdeckschichten am Bohrkern wurde jedoch vor den Untersuchungen

entfernt. Bei Gussasphalt lassen sich die Anteile an Abstreusplitt relativ leicht entfernen, so dass im Ergebnis keine verfälschten Mischgutsieblinien vorliegen.

### 5.3.4. Kenndaten zusätzlicher Laborversuche

Im Laboratorium wurde das Versuchsprogramm des Kapitels 4.3 durchgeführt. Die Eignungsprüfungen der ausgewählten Asphaltgemische, die bei den Untersuchungsstrecken eingesetzt worden sind, lagen vor. Jedoch konnte für die Versuchsreihe kein von der Mischanlage produziertes Mischgut verwendet werden, um Streuungen aus der Probenahme eliminieren zu können. Daher wurden die vorgegebenen Eignungsprüfungen im Laboratorium nachgestellt. Die Materialien, die auch in den Eignungsprüfungen eingesetzt werden, wurden beschafft, um ein Mischgut mit gleicher Beschaffenheit zu erhalten. Die nachgestellten Eignungsprüfungen können der Anlage 1 entnommen werden. Anzumerken ist jedoch, dass eine Zugabe von Asphaltgranulat nicht vorgenommen worden ist.

Von den ausgewählten Asphaltgemischen wurden jeweils sechs präparativ hergestellte Messproben für die Probenarten

a) Mischgut

b) Walzsektorverdichtete Asphaltplatten (WSV-Platte)

c) Bohrkerne aus walzsektorverdichteten Platten (BK-Platte)

hergestellt. Die Herstellung der Asphaltplatten erfolgte gemäß der Arbeitsanleitung ALP A-StB, Teil 11: Herstellung von Asphaltprobeplatten im Labor mit dem Walzsektor-Verdichtungsgerät (WSV), (FGSV, 2003). Die Bohrkerne wurden aus hergestellten Asphaltplatten ausgebohrt.

An den Messproben der genannten Asphaltgemische wurden die Kenndaten „Bindemittelgehalt" und „Korngrößenverteilung" nach DIN 1996 bestimmt. Um die Kenndaten der Probenart b) zu erhalten, war es notwendig, die gesamte Asphaltplatte als Messprobe zu deklarieren. Für die Probe c) wurde jeweils ein Bohrkern aus dem mittleren Bereich einer Asphaltplatte gewonnen. Zur Überprüfung der Verdichtung wurde die Raumdichte an den Asphaltplatten und an den Bohrkernen bestimmt.

An den hergestellten Probeplatten waren visuell keine Kornzertrümmerungen festzustellen.

# 6 Darstellung und Bewertung der Untersuchungsergebnisse

## 6.1 Ergebnisse der Untersuchungsstrecken

An jeder Untersuchungsstrecke wurden vier Entnahmeprofile untersucht, dementsprechend können für jede Art der Probenahme vier Ergebnisse ermittelt werden. Durch die baustellenbegleitenden Kontrollen und Aufzeichnungen konnten jedoch echte Ausreißer erfasst werden. Bei diesen Ausreißern handelt es sich um grobe Abweichungen, die nachweislich Messwerte liefern, die nicht der Grundgesamtheit angehören und somit von der Auswertung ausgeschlossen werden müssen. Als Abweichungen, die zum Ausschluss führen, sind zu nennen:

- Anlieferung von Mischgut ungleicher Rezeptur,
- Entmischungen an der Verteilerbohle und im Verteilerkübel,
- Probemengen im Laboratorium

Die Anlieferung von Mischgut ungleicher Rezeptur trat bei Asphalttragschichten mit der Folge auf, dass ganze Messreihen ausgeschlossen werden mussten. Eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse ist nur bei den Probenahmestationen mit Asphalttragschichtmischgut gleicher Herkunft gegeben. Es werden bei der Auswertung die Messreihen ATS 0/32 CS 1A und 2B nicht berücksichtigt.

Entmischungen an der Verteilerbohle und im Verteilerkübel von Mischgut der Asphaltbinderschichten führten dazu, dass eine sachgemäße Probenahme nicht durchführbar war. Eine Verlegung der Entnahmestation war jedoch ausgeschlossen, um die Bedingung der örtlichen Übereinstimmung der Mischgutproben mit den Bohrkernproben einzuhalten. Entmischungen traten auch in der fertigen Schicht auf. Diese Entmischungen konnten bereits beim Einbau erkannt werden und mit Hilfe der Bohrkernansprache im Laboratorium als echte Ausreißer deklariert werden.

Die Probemenge ist durch die Anzahl der Bohrkerne begrenzt. Bei nachweislichen Prüffehlern im Laboratorium war eine Wiederholung der Untersuchungen nicht möglich.

Die Ergebnisse aller Prüfungen werden in einem Vergleich der durchgeführten Probenahmeverfahren gegenübergestellt. In diesem Vergleich werden die Messreihen durch den Mittelwert $\bar{x}$ beschrieben. In den grafischen Darstellungen wird als Kenngröße der Streuung zusätzlich die Spannweite der Messreihe angegeben. Die Messergebnisse werden auf vorliegende Soll-Werte der Eignungsprüfung bezogen. Die Soll-Werte entsprechen als Bezugswert dem Nullniveau der Diagramme, so dass die aufgetragenen Abweichungen der Mittelwerte zum Sollwert aller Probenahmeverfahren vergleichend dargestellt

werden. In den Tabellen werden die einzelnen Probenahmeverfahren durch Zahlenwerte vergleichend gegenübergestellt. Die Zahlenwerte errechnen sich aus der Differenz der Mittelwerte der betrachteten Verfahren.

Die Einzelwerte der Messreihen, die Mittelwerte und die ermittelten Standardabweichungen der Messreihen sind vollständig in der Anlage 2 und Anlage 3 getrennt nach der Mischgutart/-sorte und dem Probenahmeverfahren erfasst.

Bei der Verteilerbohlenprobe in den Abbildungen und Tabellen, die als „Ver*" gekennzeichnet ist, handelt es sich um die Gussasphaltprobe, die am Kocherauslauf entnommen worden ist.

## *Korngrößenverteilung*

Die Korngrößenverteilung wird mit den folgenden Kennwerten beschrieben:

- Fülleranteil (< 0,09 mm)
- Sandanteil (0,09 bis 2,0 mm)
- Splittanteil (> 2,0 mm)
- Grobkornanteil

Die nachfolgenden Tabellen und Abbildungen stellen den Vergleich der Prüfergebnisse aller Probenahmeverfahren für jedes Prüfmerkmal dar.

| ***Mischgutart/-sorte*** | ***Δ DIN – BKE [M.-%]*** | ***Δ DIN – BKD [M.-%]*** | ***Δ VER – BKE [M.-%]*** | ***Δ VER – BKD [M.-%]*** |
|---|---|---|---|---|
| GA 0/11 S | -- | -- | 0,5 | 1,1 |
| SMA 0/11 S | -0,7 | -0,5 | -0,9 | -0,6 |
| AB 0/11 S | -0,6 | -0,8 | -0,5 | -0,7 |
| ABi 0/16 S (PmB) | -0,7 | -0,3 | -0,6 | -0,4 |
| ABi 0/22 S | -0,7 | -0,7 | -0,8 | -0,8 |
| ABi 0/22 S (PmB) | -0,6 | -0,2 | -0,4 | 0,1 |
| ATS 0/22 CS | -0,7 | -0,8 | 0,1 | 0,0 |
| ATS 0/32 CS (1B) | 0,2 | -0,3 | -0,2 | -0,6 |
| ATS 0/32 CS (2A) | -0,2 | -0,2 | -0,9 | -0,9 |

+ Werte bei wiedererwärmten Mischgut aus Bohrkernen geringer als bei losem Mischgut
- Werte bei wiedererwärmten Mischgut aus Bohrkernen höher als bei losem Mischgut

Tabelle 6-1: Differenz der Fülleranteile im Vergleich der Probenahmeverfahren

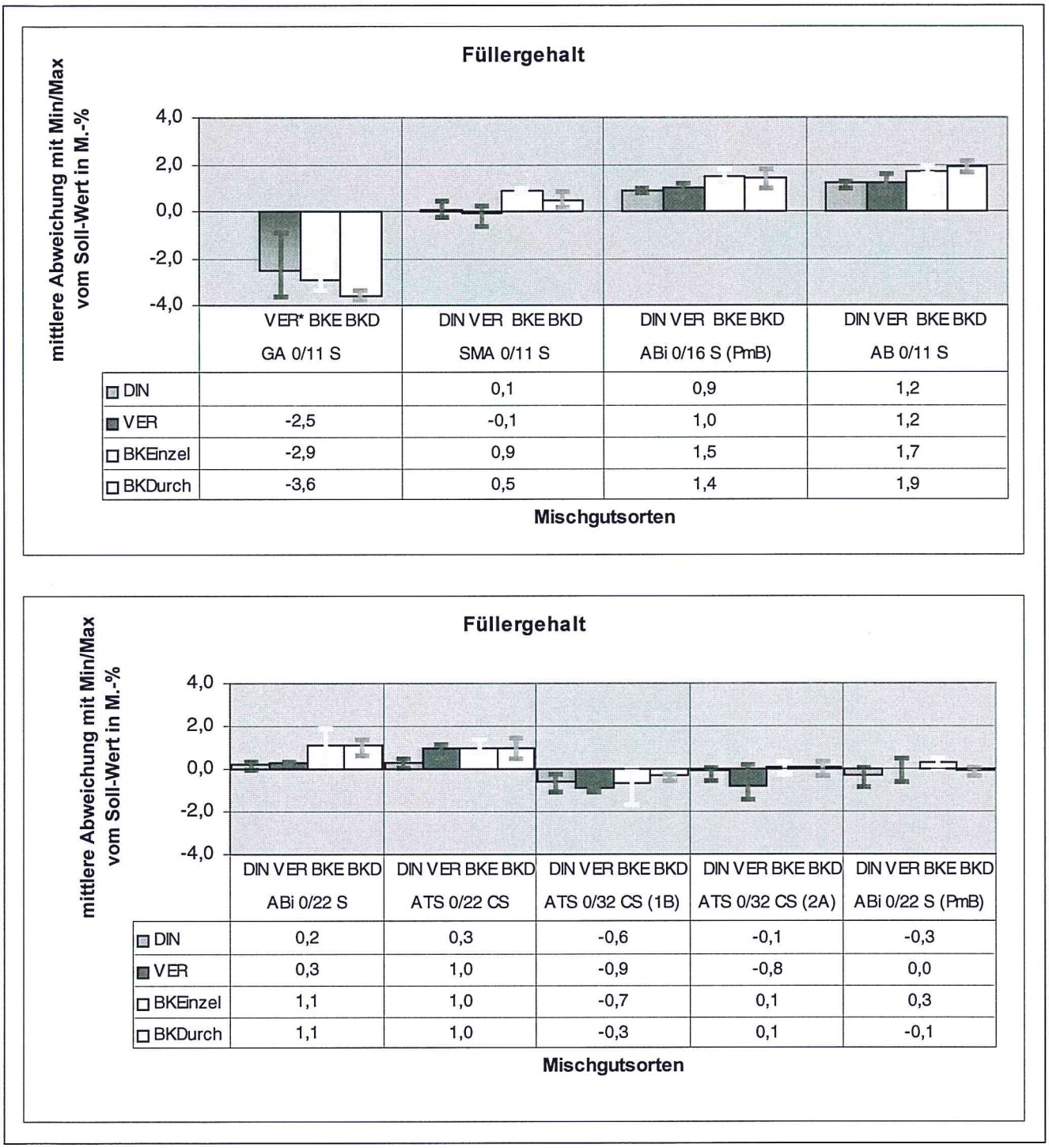



Abbildung 6-1: Vergleich der Probenahmeverfahren - Korngrößenverteilung - Fülleranteil (< 0,09 mm)

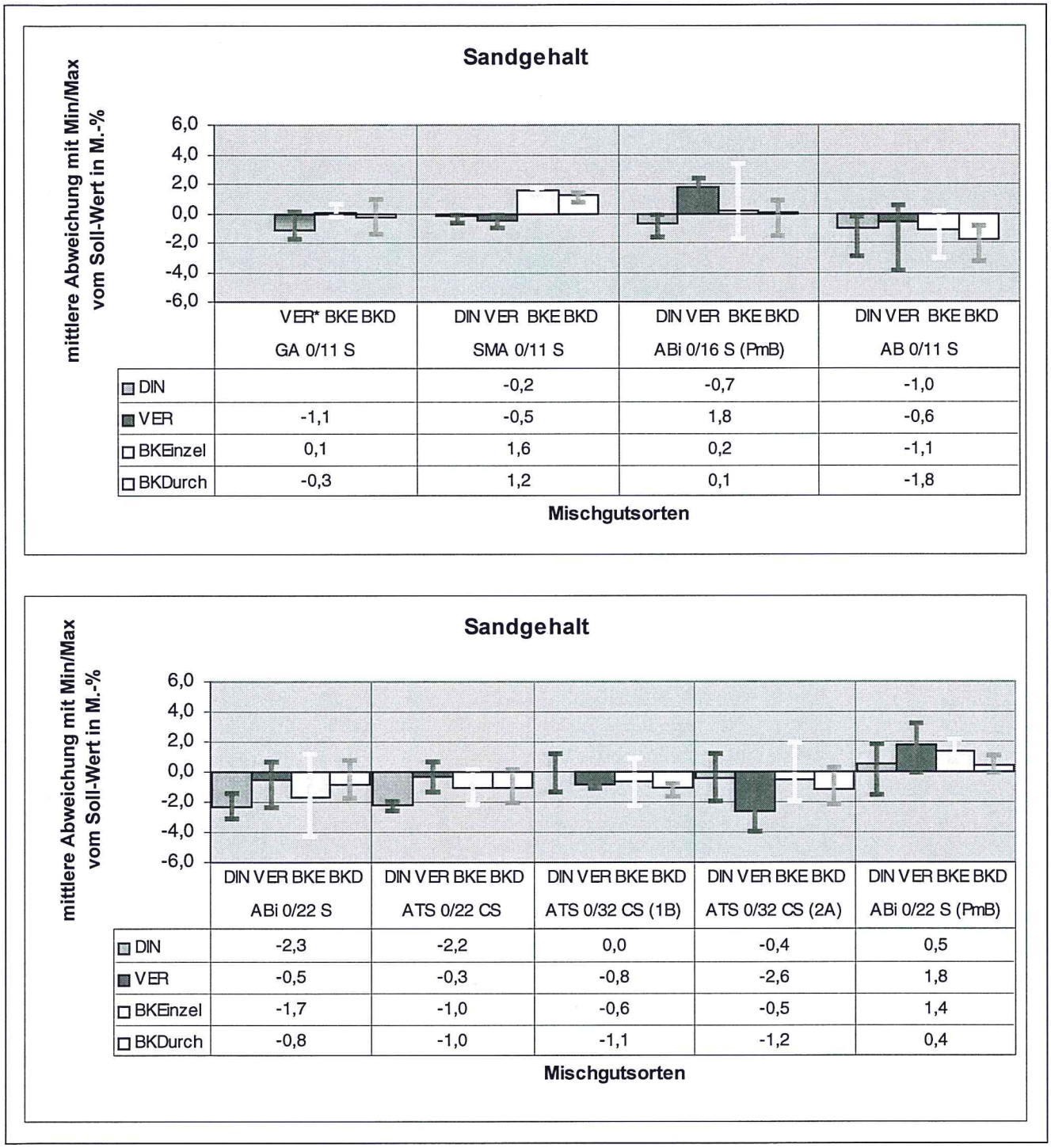



Abbildung 6-2: Vergleich der Probenahmeverfahren - Korngrößenverteilung - Sandanteil (0,09 bis 2,0 mm)

| Mischgutart/-sorte | Δ DIN – BKE [M.-%] | Δ DIN – BKD [M.-%] | Δ VER – BKE [M.-%] | Δ VER – BKD [M.-%] |
|---|---|---|---|---|
| GA 0/11 S | -- | -- | -1,3 | -0,8 |
| SMA 0/11 S | -1,9 | -1,5 | -1,9 | -1,7 |
| AB 0/11 S | 0,1 | 0,7 | 0,5 | 1,2 |
| ABi 0/16 S (PmB) | -1,6 | -0,7 | 1,6 | 1,7 |
| ABi 0/22 S | 0,4 | -1,6 | 1,2 | 0,3 |
| ABi 0/22 S (PmB) | -1,0 | 0,1 | 0,1 | 1,3 |
| ATS 0/22 CS | -1,2 | -1,6 | 0,9 | 0,7 |
| ATS 0/32 CS (1B) | 0,6 | 1,2 | -0,3 | 0,3 |
| ATS 0/32 CS (2A) | 0,1 | 0,7 | -2,1 | -1,5 |

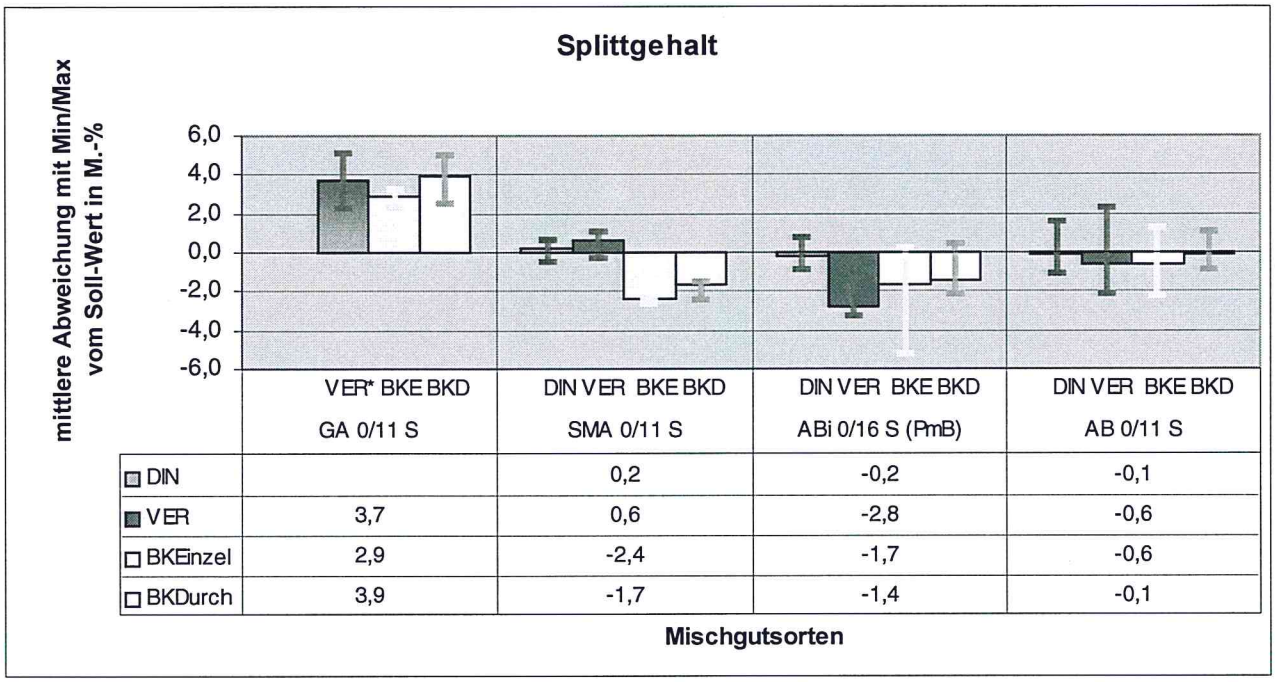
+ Werte bei wiedererwärmten Mischgut aus Bohrkernen geringer als bei losem Mischgut
- Werte bei wiedererwärmten Mischgut aus Bohrkernen höher als bei losem Mischgut

Tabelle 6-2: Differenz der Sandanteile im Vergleich der Probenahmeverfahren

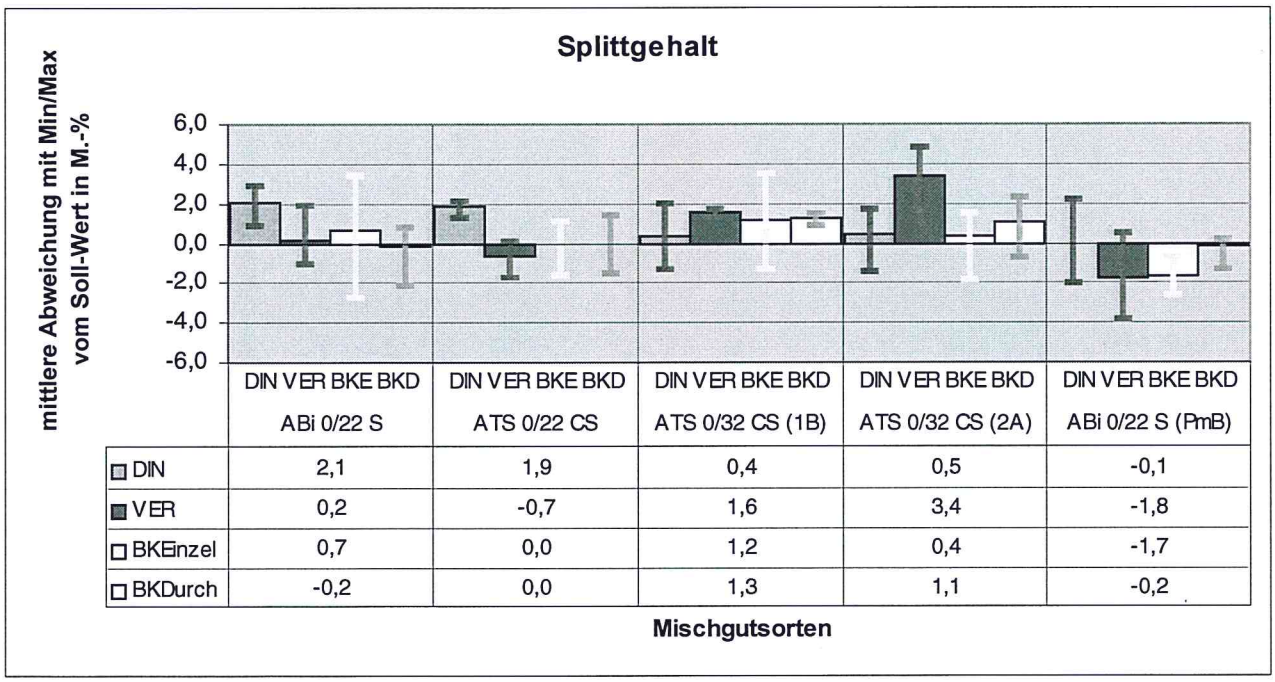
| Mischgutart/-sorte | Δ DIN – BKE [M.-%] | Δ DIN – BKD [M.-%] | Δ VER – BKE [M.-%] | Δ VER – BKD [M.-%] |
|---|---|---|---|---|
| GA 0/11 S | -- | -- | 0,8 | -0,3 |
| SMA 0/11 S | 2,6 | 1,9 | 2,9 | 2,3 |
| AB 0/11 S | 0,5 | 0,0 | 0,0 | -0,5 |
| ABi 0/16 S (PmB) | 2,3 | 1,0 | -1,0 | -1,3 |
| ABi 0/22 S | 0,3 | 2,3 | -0,4 | 0,4 |
| ABi 0/22 S (PmB) | 1,6 | 0,1 | 0,2 | -1,3 |
| ATS 0/22 CS | 1,9 | 2,4 | -0,9 | -0,7 |
| ATS 0/32 CS (1B) | -0,8 | -0,9 | 0,5 | 0,3 |
| ATS 0/32 CS (2A) | 0,1 | -0,6 | 3,0 | 2,3 |

+ Werte bei wiedererwärmten Mischgut aus Bohrkernen geringer als bei losem Mischgut
- Werte bei wiedererwärmten Mischgut aus Bohrkernen höher als bei losem Mischgut

Tabelle 6-3: Differenz der Splittanteile im Vergleich der Probenahmeverfahren




| | VER* BKE BKD GA 0/11 S | DIN VER BKE BKD SMA 0/11 S | DIN VER BKE BKD ABi 0/16 S (PmB) | DIN VER BKE BKD AB 0/11 S |
|---|---|---|---|---|
| DIN | | 0,2 | -0,2 | -0,1 |
| VER | 3,7 | 0,6 | -2,8 | -0,6 |
| BKEinzel | 2,9 | -2,4 | -1,7 | -0,6 |
| BKDurch | 3,9 | -1,7 | -1,4 | -0,1 |




| | DIN VER BKE BKD ABi 0/22 S | DIN VER BKE BKD ATS 0/22 CS | DIN VER BKE BKD ATS 0/32 CS (1B) | DIN VER BKE BKD ATS 0/32 CS (2A) | DIN VER BKE BKD ABi 0/22 S (PmB) |
|---|---|---|---|---|---|
| DIN | 2,1 | 1,9 | 0,4 | 0,5 | -0,1 |
| VER | 0,2 | -0,7 | 1,6 | 3,4 | -1,8 |
| BKEinzel | 0,7 | 0,0 | 1,2 | 0,4 | -1,7 |
| BKDurch | -0,2 | 0,0 | 1,3 | 1,1 | -0,2 |

Abbildung 6-3: Vergleich der Probenahmeverfahren - Korngrößenverteilung – Splittanteil (> 2,0 mm)

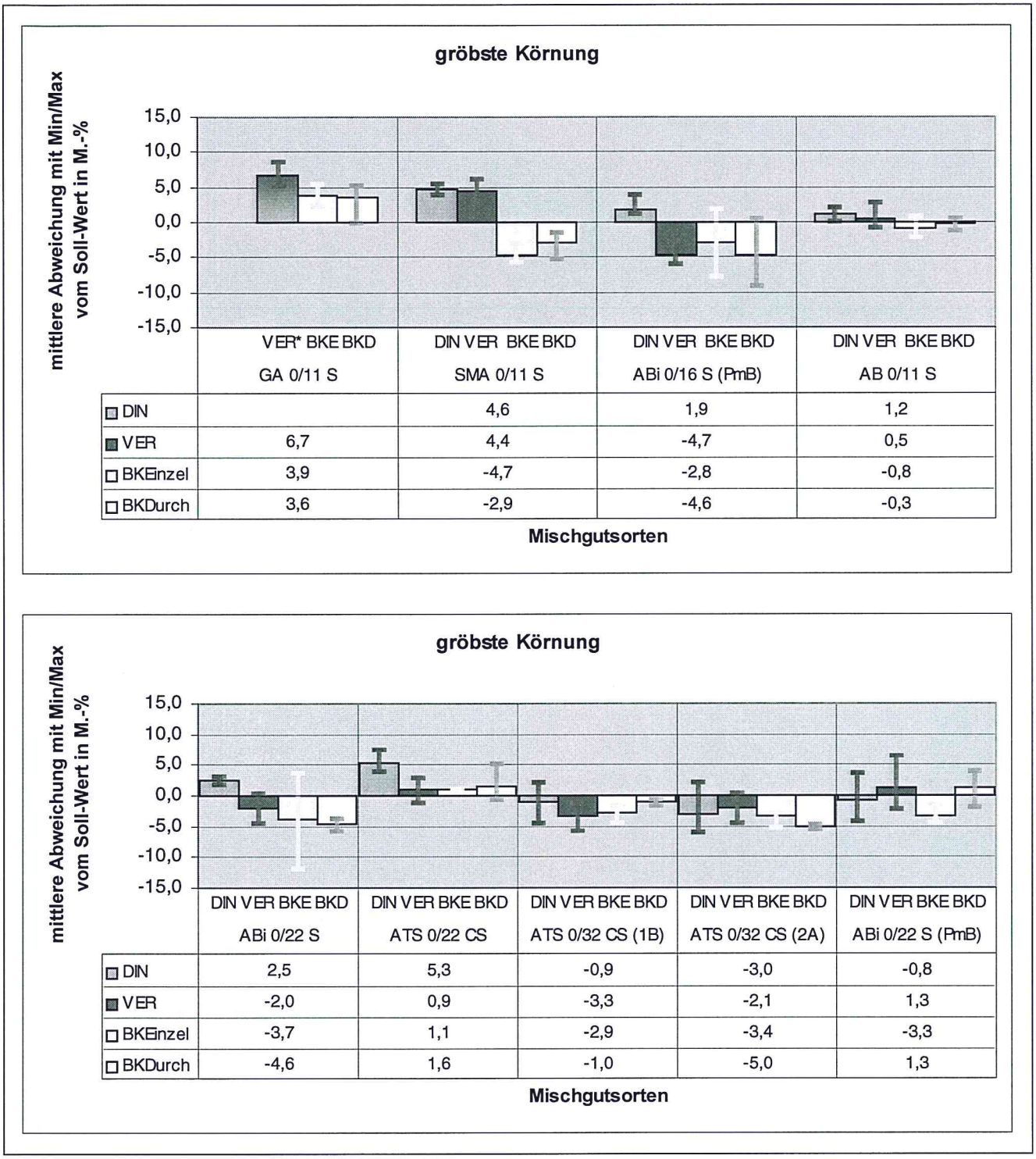



Abbildung 6-4: Vergleich der Probenahmeverfahren - Korngrößenverteilung – Grobkornanteil

| Mischgutart/-sorte | Δ DIN – BKE [M.-%] | Δ DIN – BKD [M.-%] | Δ VER – BKE [M.-%] | Δ VER – BKD [M.-%] |
|---|---|---|---|---|
| GA 0/11 S | -- | -- | 2,9 | 3,1 |
| SMA 0/11 S | 9,3 | 7,5 | 9,1 | 7,3 |
| AB 0/11 S | 2,1 | 1,5 | 1,4 | 0,8 |
| ABi 0/16 S (PmB) | 5,2 | 5,8 | -1,9 | -0,1 |
| ABi 0/22 S | 3,6 | 7,2 | 1,7 | 2,6 |
| ABi 0/22 S (PmB) | 2,5 | -2,1 | 4,5 | 0,9 |
| ATS 0/22 CS | 4,2 | 5,0 | -0,9 | -0,7 |
| ATS 0/32 CS (1B) | 2,0 | 0,1 | -0,4 | -2,3 |
| ATS 0/32 CS (2A) | 0,4 | 2,0 | 1,3 | 2,9 |

+ Werte bei wiedererwärmten Mischgut aus Bohrkernen geringer als bei losem Mischgut
- Werte bei wiedererwärmten Mischgut aus Bohrkernen höher als bei losem Mischgut

Tabelle 6-4: Differenz der Grobkornanteile im Vergleich der Probenahmeverfahren

Bei Betrachtung der Kenndaten der Korngrößenverteilung zeigt sich, dass bei den wiedererwärmten Mischgutproben aus Bohrkernen (BKE und BKD) im Vergleich zu den losen Mischgutproben (VER und DIN) eine Kornverfeinerung auftritt. Das Merkmal „Grobkornanteil" liefert insbesondere bei den grobkörnigen Mischgutsorten eindeutige Aussagen bezüglich einer vorhandenen Kornverfeinerung. In allen Ergebnissen überlagern sich jedoch zufallsbedingte Streuungen aus der Probenahme „Bohrkern" und „Mischgut", so dass der Unterschied, der nur aus den Bohrkernentnahmeverfahren zu ermitteln ist, nicht quantifiziert werden kann. Jedoch können an dieser Stelle Tendenzen erkannt und angegeben werden.

Im einzelnen können folgende Zusammenhänge aus den Abbildungen und Tabellen 6-1 bis 6-4 herausgestellt werden:

- In der Füllerfraktion aller Mischgutsorten liegen mit Ausnahme des Gussasphalts tendenziell höhere Anteile an dem wiedererwärmten Mischgut vor. Im einzelnen tritt eine Abweichung von nicht mehr als 1,0 M.-% auf. Bei Gussasphalt, der konzeptionell einen hohen Füllergehalt besitzt, ist diese Tendenz nicht zu beobachten.
- Bei Gussasphalt tritt in der Füllerfraktion eine höhere Abweichung der Ergebnisse vom Sollwert auf. Die Probenahme „VER*" am Kocherauslauf ist

mit hohen Streuungen behaftet. Bei den weiteren Probenahmeverfahren treten nur geringe Schwankungen der Ergebnisse um den Soll-Wert und geringe Streuungen auf. Die geringsten Streuungen weisen die Probenahmeverfahren „Verteilerkübel (DIN)" und "Bohrkerndurchschnittsprobe (BKD)" auf.

- Die Splitt- und Sandfraktionen weisen im einzelnen Kornanreicherungen oder Kornverfeinerungen auf. In der Tendenz ist zu erkennen, dass bei Asphaltgemischen mit zunehmendem Grobkorn und bei Asphaltgemischen mit zunehmendem Größtkorn eine Kornverfeinerung in der Sieblinie bei Mischgut wiedererwärmter Bohrkerne auftritt. Bei Splittmastixasphalt ist eine Kornanreicherung in der Sandfraktion von bis zu 2,0 M.-% und eine Kornverfeinerung in der Splittfraktion von bis zu 3,0 M.-% zu beobachten. Die Abweichungen in der Sieblinie der anderen Mischgutsorten lassen sich nicht allgemeingültig quantifizieren, da mit zunehmendem Größtkorn der Asphaltgemische auch höhere Streuungen durch die Probenahme auftreten.
- Die geringsten Streuungen in der Sand- und Splittfraktion treten bei dem Probenahmeverfahren "Bohrkerndurchschnittsprobe (BKD)". Dagegen weist das Probenahmeverfahren „Bohrkerneinzelprobe (BKE)" sehr hohe Streuungen der Einzelwerte auf.
- Die Schwankungen um den Soll-Wert der einzelnen Ergebnisse der Sand- und Splittanteile aller Asphaltgemische betragen nicht mehr ± 4 M.-%.
- Die Asphaltgemische mit hohem Grobkornanteil weisen in dem Mischgut aus wiedererwärmten Bohrkernen wesentlich geringere Anteile an Grobkorn auf. Die Abweichungen der Grobkornanteile im Splittmastixasphalt weisen Werte von bis zu 9,3 M.-% auf. Die Abweichungen im Grobkornanteil der anderen Mischgutsorten lassen sich aufgrund der vorliegenden Probenahmestreuungen an dieser Stelle nicht allgemeingültig quantifizieren.
- Die größten Einzelstreuungen der Grobkornanteile treten bei Messreihen des Probenahmeverfahren „Bohrkerneinzelprobe (BKE)" auf.
- Die Schwankungen um den Sollwert der einzelnen Ergebnisse der Grobkornanteile aller Asphaltgemische mit Ausnahme des Gussasphalts betragen nicht mehr als ± 5,5 M.-%.

Eine Verträglichkeitsprüfung der Messreihen für die Kenndaten der Korngrößenverteilung kann aufgrund der unbekannten Wiederholpräzision des Verfahrens nicht angegeben werden. Doch zeigten stichprobenartige Kontrollen einzelner Kornklassen, dass die beobachtete Spannweiten aller Messreihen nicht größer als die zugehörige kritische Spannweite nach DIN 1996, Teil 14 sind.

*Bindemittelgehalt*

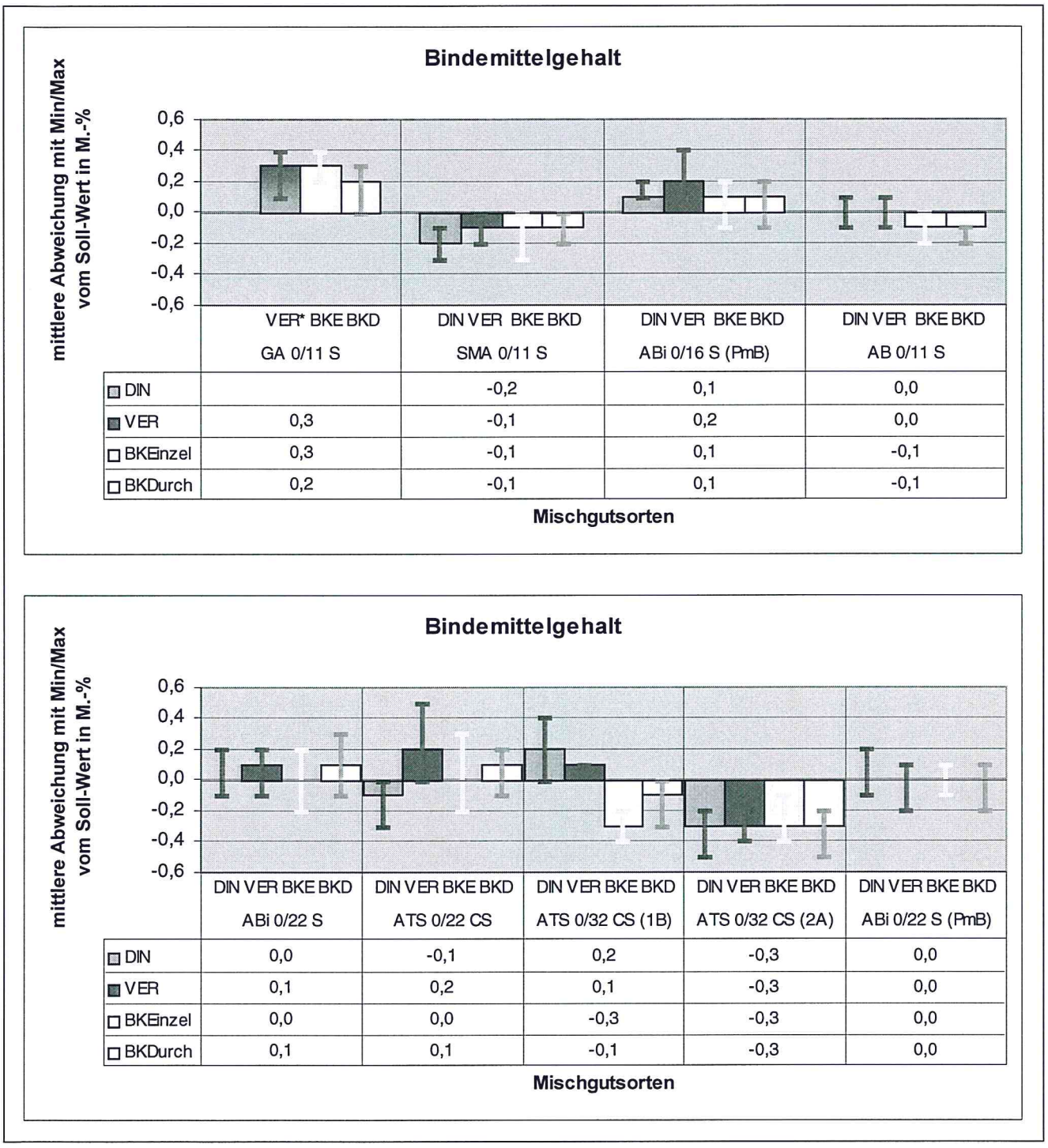



Abbildung 6-5: Vergleich der Probenahmeverfahren - Bindemittelgehalt

Der Ergebnisvergleich der Bindemittelgehalte aller Probenahmeverfahren ist der Abbildung 6-5 und der Tabelle 6-5 zu entnehmen. Es sind folgende Zusammenhänge abzuleiten:

- Das Mischgut aus wiedererwärmten Bohrkernen weist tendenziell einen geringeren Bindemittelgehalt auf. Die Abweichung beträgt im Mittel 0,1 bis 0,2 M.-% und steigt mit zunehmendem Größtkorn. Bei den Asphalttragschichten liegen auch Abweichungen von bis zu 0,5 M.-% vor, die jedoch durch verschieden auftretende Probenahmestreuungen überlagert sein können und mit den zusätzlichen Laboruntersuchungen (Kapitel 6.2) zu verifizieren sind.
- Die Höhe der Streuungen der Einzelwerte aller Messreihen liegen bei den einzelnen Mischgutsorten in gleicher Größenordnung . Es ist tendenziell zu beobachten, dass die Streuungen mit zunehmendem Größtkorn größer werden.
- Die Schwankungen um den Soll-Wert der einzelnen Ergebnisse der Bindemittelgehalte aller Asphaltgemische betragen nicht mehr als ± 0,3 M.-%.

Die Verträglichkeitsprüfung der Messreihen für den Bindemittelgehalt ist der Anlage 4 zu entnehmen. Demnach ist die beobachtete Spannweite aller Messreihen nicht größer als die zugehörige kritische Spannweite, so dass die Ergebnisse als sicher angenommen werden können.

| *Mischgutart/-sorte* | *Δ DIN – BKE [M.-%]* | *Δ DIN – BKD [M.-%]* | *Δ VER – BKE [M.-%]* | *Δ VER – BKD [M.-%]* |
|---|---|---|---|---|
| GA 0/11 S | -- | -- | -0,05 | 0,08 |
| SMA 0/11 S | -0,10 | -0,13 | 0,0 | 0,0 |
| AB 0/11 S | 0,08 | 0,13 | 0,10 | 0,15 |
| ABi 0/16 S (PmB) | 0,03 | 0,03 | 0,15 | 0,10 |
| ABi 0/22 S | 0,10 | -0,03 | 0,10 | 0,02 |
| ABi 0/22 S (PmB) | 0,0 | 0,08 | -0,03 | 0,0 |
| ATS 0/22 CS | -0,17 | -0,23 | 0,23 | 0,18 |
| ATS 0/32 CS (1B) | 0,5 | 0,35 | 0,4 | 0,25 |
| ATS 0/32 CS (2A) | 0,0 | 0,03 | 0,0 | 0,03 |

+ Werte bei wiedererwärmten Mischgut aus Bohrkernen geringer als bei losem Mischgut
- Werte bei wiedererwärmten Mischgut aus Bohrkernen höher als bei losem Mischgut

Tabelle 6-5: Differenz der Bindemittelgehalte im Vergleich der Probenahmeverfahren

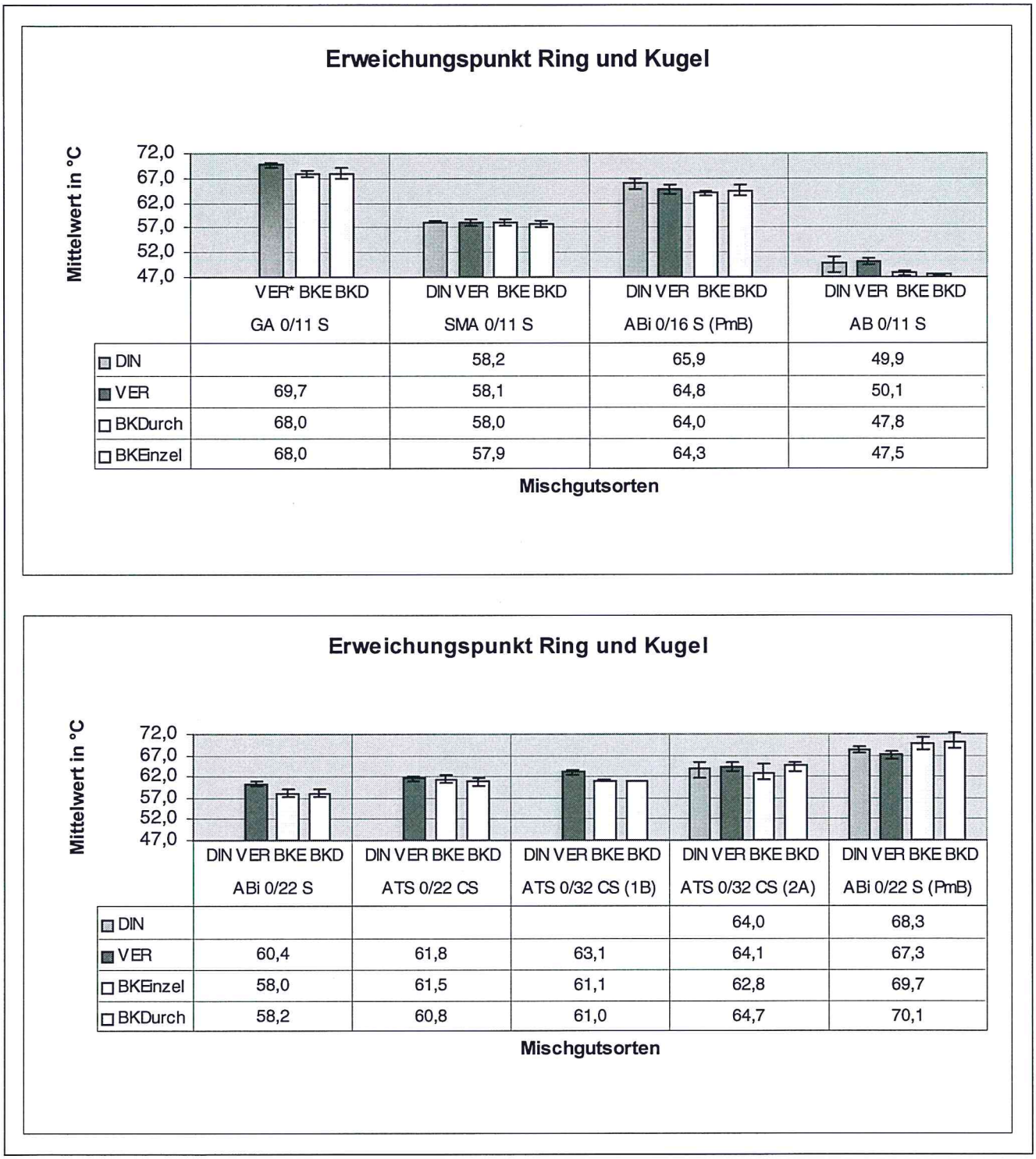



Abbildung 6-6: Vergleich der Probenahmeverfahren - Erweichungspunkt Ring und Kugel

Die Untersuchungsergebnisse zur Bestimmung der Erweichungspunkte Ring und Kugel sind in der Abbildung 6-6 dargestellt. Es werden die Mittelwerte der verschiedenen Probenahmeverfahren gegenübergestellt. Die Ergebnisse zeigen folgende Zusammenhänge auf:

- Es treten nur geringe Unterschiede in den Messergebnissen auf, so dass kein Einfluss des Probenahmeverfahrens auf die Höhe der Erweichungspunkte Ring und Kugel festgestellt werden kann.
- Die Streuungen der Einzelwerte aller Messreihen sind sehr gering.

Die Untersuchungen der Erweichungspunkte Ring und Kugel wurden nicht an den Mischgutsorten der Untersuchungsstrecke I des Probenahmeverfahrens „DIN" durchgeführt, da diese keine zusätzlichen Erkenntnisse liefern können und auch nicht gefordert waren.

Die Verträglichkeitsprüfung der Messreihen für die Erweichungspunkte Ring und Kugel ist der Anlage 4 zu entnehmen. Demnach ist die beobachtete Spannweite aller Messreihen nicht größer als die zugehörige kritische Spannweite, so dass die Ergebnisse als sicher angenommen werden können.

### *Raumdichte am Marshall-Probekörper/Probekörper und Hohlraumgehalt am Marshall-Probekörper*

Die Ergebnisse der Bestimmung der Rohdichte und die Berechnung des Hohlraumgehaltes sind der Anlage 3 zu entnehmen. Die Tabelle 6-6 stellt die Ergebnisse der Hohlraumgehalte vergleichend gegenüber. Die Bestimmung des Hohlraumgehaltes am Gussasphaltprobekörper ist nicht sinnvoll und wird daher auch nicht ermittelt. Die vergleichende Betrachtung der Raumdichten am Gussasphaltprobekörper und der Raumdichten am Marshall-Probekörper der Walzasphaltgemische aller Probenahmeverfahren ist der Tabelle 6-7 zu entnehmen. In der Abbildung 6-7 sind die Ergebnisse der Raumdichten grafisch dargestellt. In dieser Darstellung wird aus Gründen der Analogie zu den Darstellungen weiterer Prüfmerkmale die Raumdichte der Eignungsprüfung als Bezugswert herangezogen. Die Raumdichten der Eignungsprüfungen beschreiben das Nullniveau des Diagramms, sind jedoch nicht als Soll-Werte zu betrachten.

Für die Merkmale Raumdichte und Hohlraumgehalt können folgende Zusammenhänge aufgezeigt werden:

- Die Raumdichten am Marshall-Probekörper aus Asphaltbindermischgut der Bohrkerne weisen gegenüber dem losen Mischgut tendenziell geringere Werte auf. Dementsprechend liegt bei den Asphaltbindervarianten der

Hohlraumgehalt am Marshall-Probekörper aus dem Mischgut wiedererwärmter Bohrkerne höher. Die Abweichungen betragen bei der Raumdichte am Marshall-Probekörper bis zu 0,031 g/cm³ und beim Hohlraumgehalt bis zu 1,1 Vol.-%. Bei den weiteren untersuchten Asphaltgemischen konnte eine gegenläufige Tendenz festgestellt werden.

- In einer Gesamtbetrachtung der Ergebnisse ist festzustellen, dass die Abweichungen insgesamt als sehr gering einzustufen sind, da die zulässige Spannweite der Präzision des Verfahrens „Raumdichtebestimmung durch Tauchwägung" selbst 0,030 g/cm³ beträgt.
- Die Streuungen der Einzelwerte aller Messreihen sind sehr gering.

Die Verträglichkeitsprüfung der Messreihen für die Merkmale Rohdichte, Raumdichte und Hohlraumgehalt am Marshall-Probekörper ist der Anlage 4 zu entnehmen. Demnach ist die beobachtete Spannweite aller Messreihen nicht größer als die zugehörige kritische Spannweite, so dass die Ergebnisse als sicher angenommen werden können.

| *Mischgutart/-sorte* | *Δ DIN – BKE [Vol.-%]* | *Δ DIN – BKD [Vol.-%]* | *Δ VER – BKE [Vol.-%]* | *Δ VER – BKD [Vol.-%]* |
|---|---|---|---|---|
| GA 0/11 S | -- | -- | -- | -- |
| SMA 0/11 S | 0,3 | 0,5 | 0,3 | 0,4 |
| AB 0/11 S | 0,9 | 0,8 | 0,2 | 0,2 |
| ABi 0/16 S (PmB) | 0,2 | 0,8 | -1,0 | -0,4 |
| ABi 0/22 S | 0,2 | 0,2 | -0,3 | -0,7 |
| ABi 0/22 S (PmB) | -0,7 | -1,1 | -0,6 | -1,1 |
| ATS 0/22 CS | 1,0 | 1,3 | 0,9 | 1,3 |
| ATS 0/32 CS (1B) | -0,3 | 1,1 | -0,8 | 0,5 |
| ATS 0/32 CS (2A) | 0,7 | 1,1 | 0,8 | 1,1 |

+ Werte bei wiedererwärmten Mischgut aus Bohrkernen geringer als bei losem Mischgut
- Werte bei wiedererwärmten Mischgut aus Bohrkernen höher als bei losem Mischgut

Tabelle 6-6: Differenz der Hohlraumgehalte am Marshall-Probekörper im Vergleich der Probenahmeverfahren

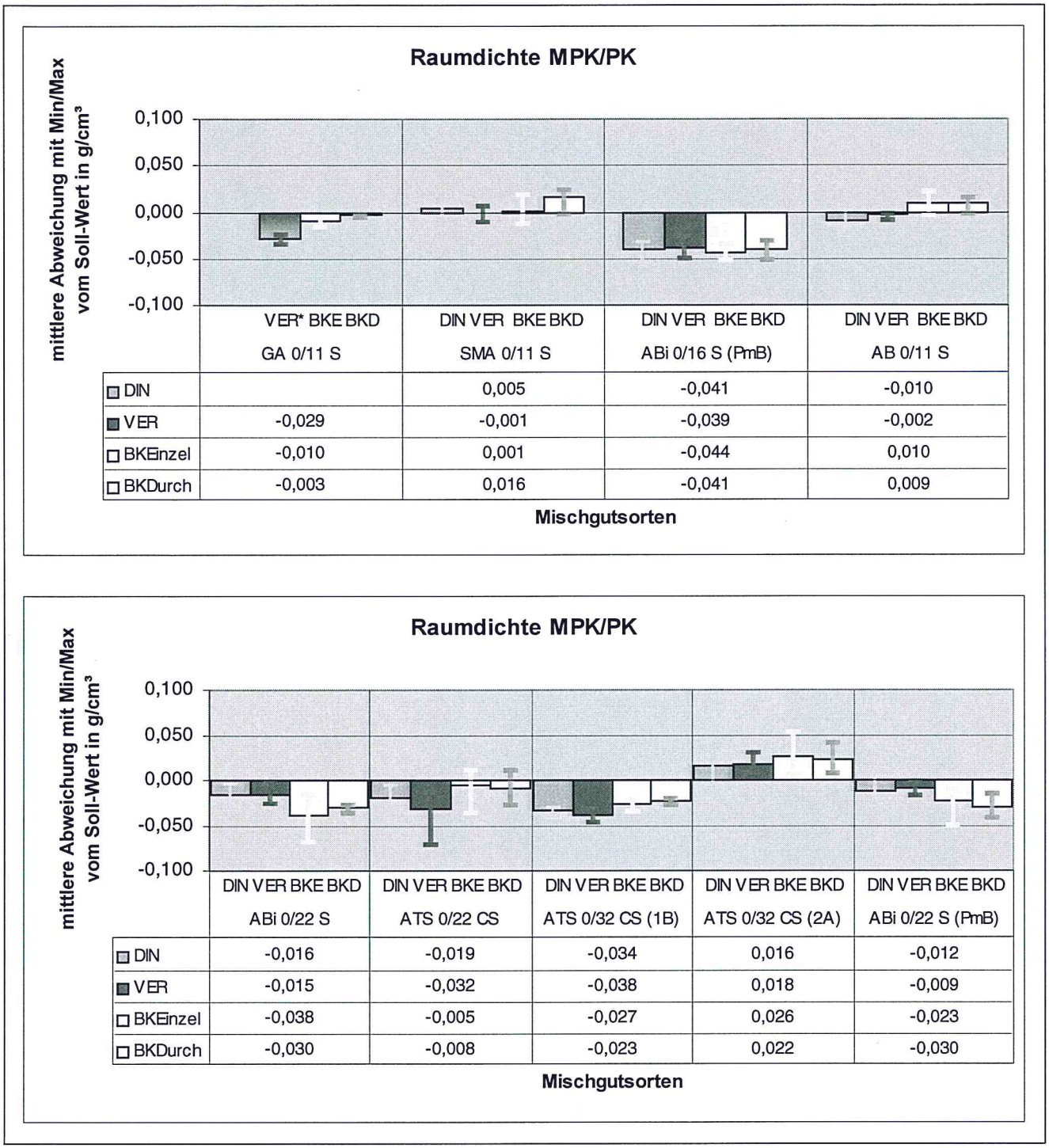



Abbildung 6-7: Vergleich der Probenahmeverfahren - Raumdichte am Marshall-Probekörper/Probekörper

| Mischgutart/-sorte | Δ DIN – BKE [g/cm³] | Δ DIN – BKD [g/cm³] | Δ VER – BKE [g/cm³] | Δ VER – BKD [g/cm³] |
|---|---|---|---|---|
| GA 0/11 S | -- | -- | -0,019 | -0,026 |
| SMA 0/11 S | 0,006 | -0,012 | -0,001 | -0,017 |
| AB 0/11 S | -0,020 | -0,019 | -0,012 | -0,011 |
| ABi 0/16 S (PmB) | 0,002 | 0,001 | 0,005 | 0,002 |
| ABi 0/22 S | 0,031 | 0,016 | 0,023 | 0,015 |
| ABi 0/22 S (PmB) | 0,011 | 0,018 | 0,016 | 0,019 |
| ATS 0/22 CS | -0,013 | -0,016 | -0,027 | -0,024 |
| ATS 0/32 CS (1B) | -0,017 | -0,011 | -0,011 | -0,015 |
| ATS 0/32 CS (2A) | -0,010 | -0,006 | -0,007 | -0,004 |

+ Werte bei wiedererwärmten Mischgut aus Bohrkernen geringer als bei losem Mischgut
- Werte bei wiedererwärmten Mischgut aus Bohrkernen höher als bei losem Mischgut

Tabelle 6-7: Differenz der Raumdichten am Marshall-Probekörper/Probekörper im Vergleich der Probenahmeverfahren

### *Stabilität und Fliesswert*

Die Untersuchungsergebnisse zur Bestimmung von Stabilität und Fliesswert am Marshall-Probekörper von Asphalttragschichtmischgut sind in der Abbildung 6-8 dargestellt. Es werden die Mittelwerte der verschiedenen Probenahmeverfahren gegenübergestellt. Die Ergebnisse zeigen folgende Zusammenhänge auf:

- Es treten nur geringe Unterschiede in den Messergebnissen auf, so dass kein Einfluss des Probenahmeverfahrens auf die Höhe der Messwerte festgestellt werden kann.
- Die Streuungen der Einzelwerte aller Messreihen sind sehr gering.

Die Untersuchungen zur Bestimmung von Stabilität und Fliesswert wurden nicht an den Mischgutsorten der Untersuchungsstrecke I des Probenahmeverfahrens „DIN" durchgeführt. Diese gegenüber dem Forschungsantrag zusätzlichen Untersuchungen könnten auch keine neuen Erkenntnisse liefern.

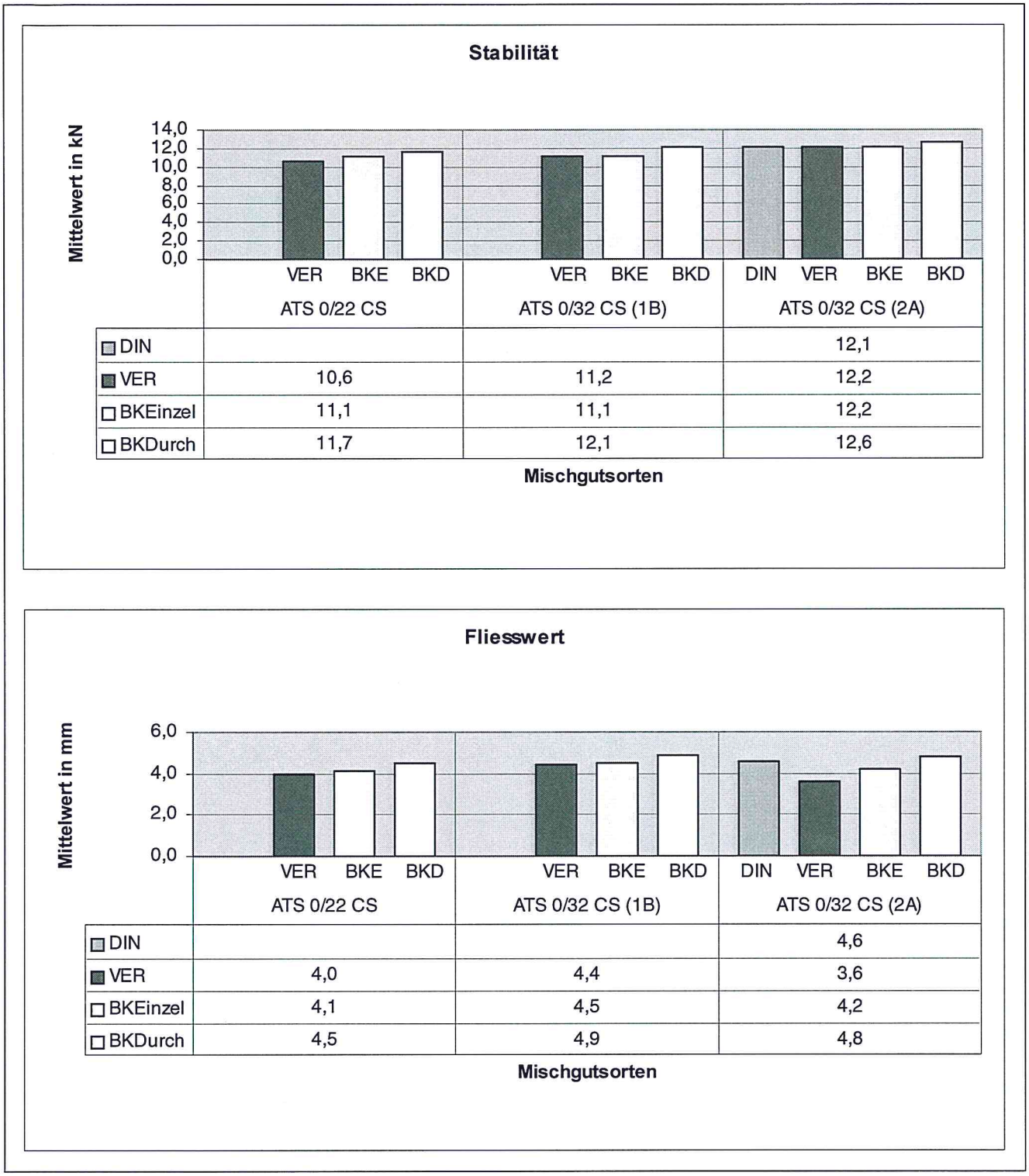



Abbildung 6-8: Vergleich der Probenahmeverfahren - Stabilität und Fliesswert

*Eindringtiefe am Probekörper*

Die Untersuchungsergebnisse zur Bestimmung der Eindringtiefe an Gussasphaltprobekörpern sind in der Abbildung 6-9 dargestellt. Es werden die Mittelwerte der verschiedenen Probenahmeverfahren gegenübergestellt. Die Ergebnisse des Eindringversuches werden für 30 und 60 Minuten angegeben und zeigen folgende Zusammenhänge auf:

- Es treten nur geringe Unterschiede in den Messergebnissen auf, so dass kein Einfluss des Probenahmeverfahrens auf die Höhe der Messwerte festgestellt werden kann.
- Die Streuungen der Einzelwerte aller Messreihen sind sehr gering.

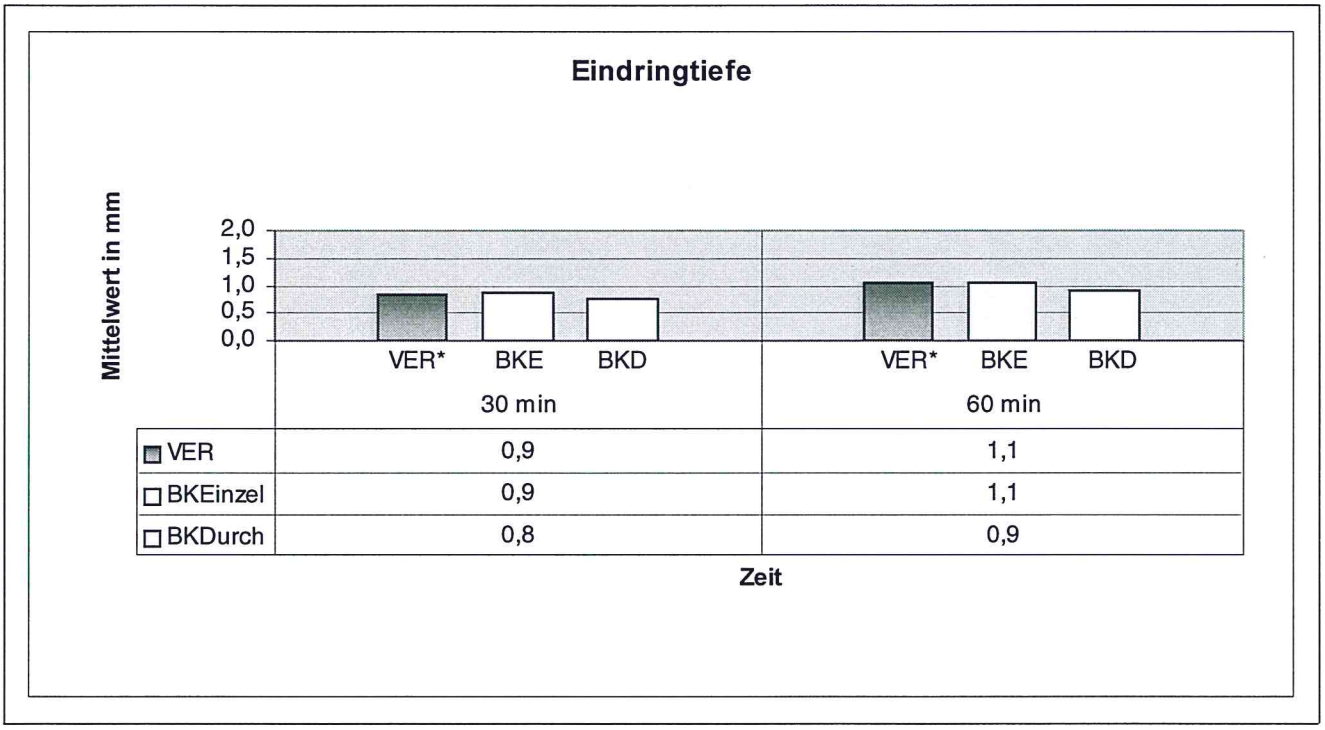



Abbildung 6-9: Vergleich der Probenahmeverfahren - Eindringtiefe am Probekörper

*Elastische Rückstellung an polymermodifizierten Bitumen*

Die Untersuchungsergebnisse zur Bestimmung der elastischen Rückstellung an polymermodifizierten Bitumen sind in der Abbildung 6-10 dargestellt. Es waren zwei Asphaltbindersorten der Untersuchungsstrecken mit polymermodifizierten Bitumen verwendet worden. Es werden die Mittelwerte der verschiedenen Probenahmeverfahren gegenübergestellt. Die Ergebnisse zeigen folgende Zusammenhänge auf:

- Es treten nur geringe Unterschiede in den Messergebnissen auf, so dass kein Einfluss des Probenahmeverfahrens auf die Höhe der Messwerte festgestellt werden kann. Bei dem Asphaltbindermischgut 0/22 S treten insbesondere am Mischgut aus wiedererwärmten Bohrkernen sehr hohe Werte auf.
- Die Streuungen der Einzelwerte aller Messreihen sind sehr gering.

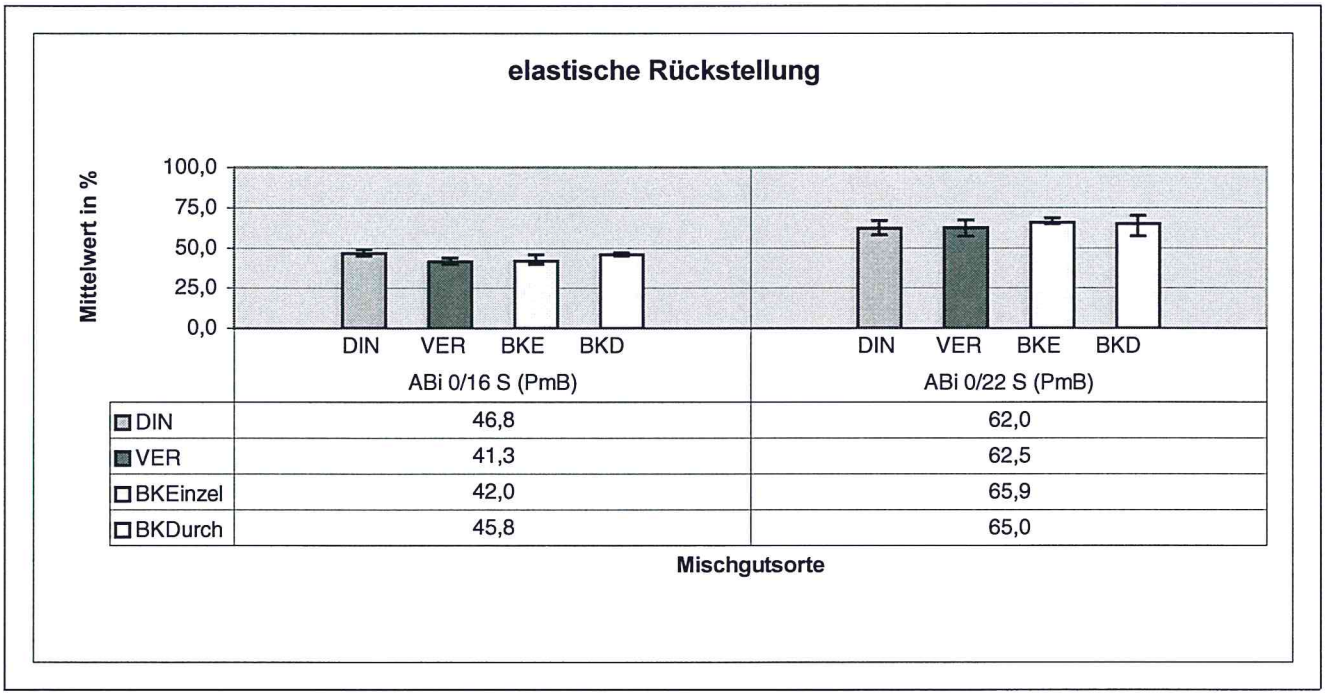



Abbildung 6-10: Vergleich der Probenahmeverfahren -
Elastische Rückstellung an polymermodifizierten Bitumen

## *Raumdichte am Ausbaustück und Verdichtungsgrad*

Die Ergebnisse der Raumdichtebestimmung am Ausbaustück und die Berechnung der Verdichtungsgrade sind der Anlage 3 zu entnehmen. Die Raumdichte wurde an jeder Schicht der Bohrkerneinzelproben und Bohrkernsammelproben bestimmt. Die Verdichtungsgrade werden auf Grundlage verschiedener ermittelter Raumdichten am Marshall-Probekörper der Probenahmeverfahren errechnet. Die Verdichtungsgrade verdeutlichen hierbei den Einfluss veränderter Raumdichten am Marshall-Probekörper auf bestehende Anforderungen. Eine Veränderung der Raumdichte am Marshall-Probekörper um ± 0,010 g/cm³ durch die Verwendung von Mischgut wiedererwärmter Bohrkerne führt zu einer Veränderung des Verdichtungsgrades um ca. ± 0,4 %.

In der Anlage 3.4 sind ermittelte Verdichtungsgrade für verschiedene Raumdichten angegeben. In einem Vergleich der Verdichtungsgrade „BK Durch", ermittelt aus der Raumdichte am Bohrkern und der Raumdichte am Marshall-Probekörper aus Mischgut wiedererwärmter Bohrkerne der Bohrkernsammelprobe und „VER", ermittelt aus der Raumdichte am Bohrkern der Bohrkernsammeprobe und der Raumdichte am Marshall-Probekörper aus Mischgut der Verteilerbohlenprobe zeigen sich beispielsweise nur geringe Unterschiede. Die Ergebnisse sind analog der Bewertung der Prüfergebnisse der Marshall-Raumdichten zu interpretieren.

Weitere Betrachtungen möglicher Korrelationen zwischen der Korngrößenverteilung und dem Verdichtungsgrad wurden durchgeführt, konnten jedoch keine Zusammenhänge bestätigen.

## *Abstreusplitt*

Aus praktischen Erfahrungen ist anzunehmen, dass in der Asphaltbeton- und Splittmastixasphaltdeckschicht im Mittel 1,0 kg/m² Splitt eingebunden sind. Beim Gussasphalt werden maximal 10 kg/m² Splitt eingebunden. An dieser Stelle wird jedoch der Einfluss des Abstreusplitts von Gussasphaltmischgut nicht näher betrachtet, da der Abstreusplitt durch vorheriges Abtrennen nicht in den Probeteilen enthalten ist.

Das Deckschichtmischgut aus Splittmastixasphalt und Asphaltbeton enthält bezogen auf den Bohrkerndurchmesser 0,018 kg Abstreusplitt. Für den Asphaltbeton konnte dieser Anteil in den extrahierten Mineralstoffen nachgewiesen werden. Aus den Kornverteilungen des Abstreusplitts errechnen sich somit folgende Anteile:

- Quarzit (Splittmastixasphalt):
    - Fraktion 2/5 mm (0,014 kg)
    - Fraktion 5/8 mm (0,004 kg)
- Quarzit (Asphaltbeton):
    - Fraktion 2/5 mm (0,012 kg)
    - Fraktion 5/8 mm (0,006 kg)

Diese Anteile sind in den Korngrößenverteilungen des wiedererwärmten Deckschichtmischguts aus Bohrkernen enthalten und werden bei den Ergebnissen der Kenndaten (Füller-, Sand,- Splitt- und Grobkornanteil) eingerechnet. Dies führt zwangsläufig zu einer veränderten Sieblinie.

Daher ist die Auswirkung des Abstreusplitts auf die Veränderung der Sieblinie zu quantifizieren, um so Korrekturfaktoren für die bereits errechneten Werte der Tabellen 6-1 bis 6-4 zu formulieren.

Die Tabelle 6-8 enthält die ermittelten Korrekturfaktoren. Die Anteile an Abstreusplitt im wiedererwärmten Mischgut erhöhen demnach die Füller-, Sand- und Grobkornanteile.

| ***Merkmale*** | ***Splittmastixasphalt 0/11 S*** | ***Asphaltbeton 0/11 S*** |
|---|---|---|
| Fülleranteil [M.-%] | +0,1 | +0,1 |
| Sandanteil [M.-%] | +0,1 | +0,3 |
| Splittanteil [M.-%] | -0,2 | -0,4 |
| Grobkornanteil [M.-%] | +0,6 | +0,2 |

Tabelle 6-8: Korrekturfaktoren für Ergebnisse an Kenndaten aus Splittmastixasphalt und Asphaltbeton wiedererwärmter Bohrkerne resultierend aus Anteilen an Abstreusplitt

### *Ergänzungskörnungen*

Eine Zugabe von Ergänzungskörnungen z.B. Aufhellungssplitt führt dazu, dass für die Korngrößenverteilung bestimmte Massenanteile für Kornklassen und/oder Kornanteile vorgegeben sind. Daher ist neben der Angabe der Kenndaten der Korngrößenverteilung auch die veränderte Sieblinie in den einzelnen Kornklassen aufzuzeigen. Jedoch führt ein Vergleich der Sieblinien durch die Überlagerung der bereits erwähnten Einflüsse zu keinen transparenten Ergebnissen und kann lediglich

für die Ergebnisse des Splittmastixasphaltes angegeben werden. Die Verteilung in der Sieblinie infolge von Kornverfeinerungen und Kornanreicherungen des Mischgutes von wiedererwärmten Bohrkernen kann jedoch mit zusätzlichen Laboruntersuchungen (Kapitel 6.2) aufgezeigt werden. Für den Splittmastixasphalt zeigt die Abbildung 6-11 beispielhaft den Vergleich des Sieblinienverlaufs zwischen den Ergebnissen der Verteilerbohlenprobe und der Bohrkerneinzelprobe der Untersuchungsstrecke. Es werden jeweils die Mittelwerte der ermittelten Differenzen mit den dazugehörigen maximalen und minimalen Streuungen um den Mittelwert angegeben. Die Vergleiche der weiteren Probenahmeverfahren können den Anlagen 2.9 bis 2.10 entnommen werden.

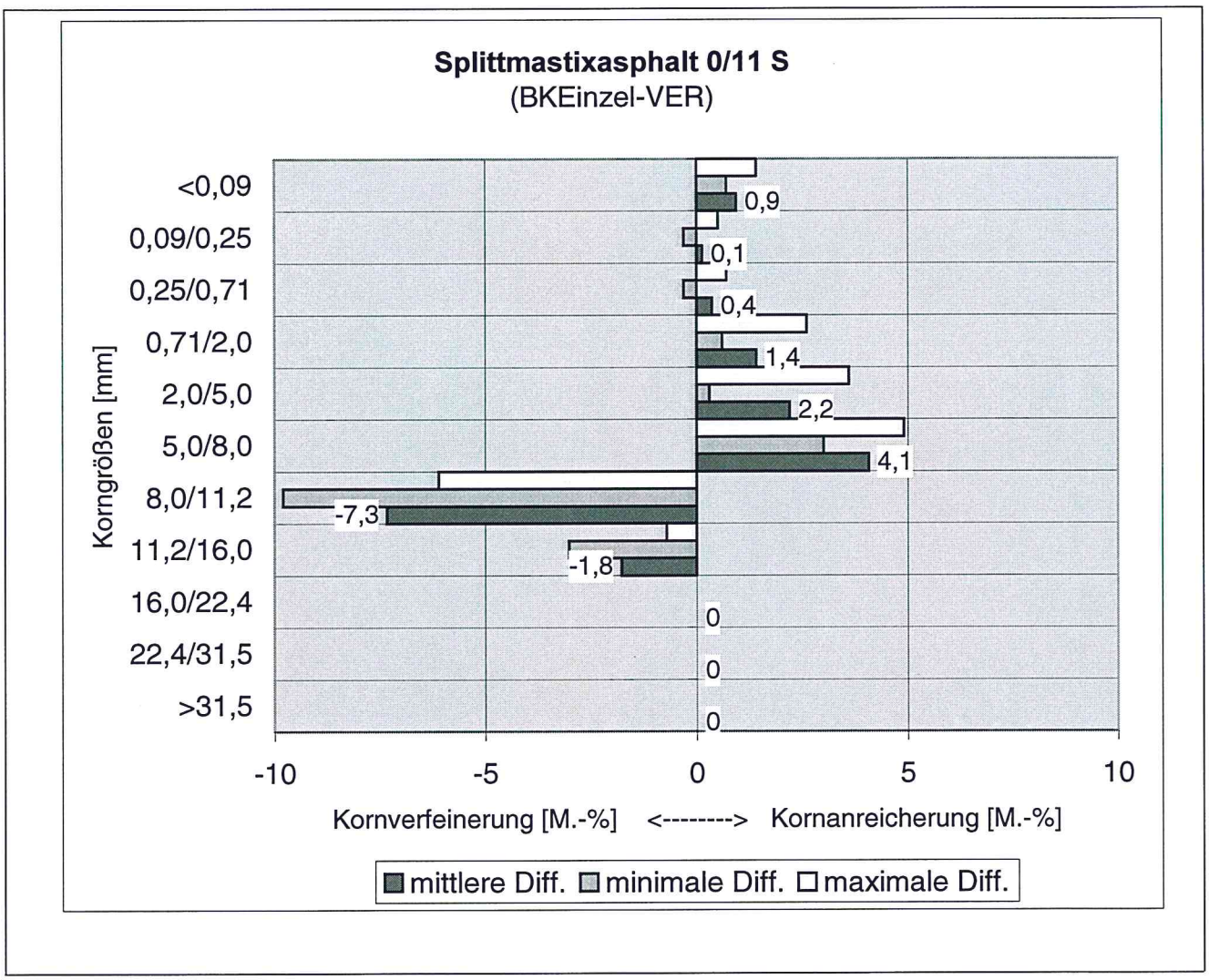



Abbildung 6-11: Kornverfeinerungen und Kornanreicherungen der Kornklassen im Vergleich der Verteilerbohlenprobe und Bohrkerneinzelprobe für Splittmastixasphalt 0/11 S

## 6.2 Ergebnisse der zusätzlichen Laborversuche

### *Korngrößenverteilung und Bindemittelgehalt*

Die Laborversuche wurden unter Wiederholbedingungen durchgeführt, so dass die statistischen Kennwerte der Standardabweichung von Einzelwerten und die Wiederholstandardabweichung angegeben werden können. Die Ergebnisse und die statistischen Kennwerte aller Messreihen von den Kenndaten der Korngrößenverteilung und des Bindemittelgehalts sind in der Anlage 5 zusammengefasst. Für die Proben der walzsektorverdichteten Asphaltplatten (WSV-Platte) und die Bohrkerne aus walzsektorverdichteten Asphaltplatten (BK-Platte) liegen für die Mischgutsorten

- Splittmastixasphalt 0/11 S
- Asphaltbeton 0/11 S
- Asphaltbinder 0/16 S und 0/22 S
- Asphalttragschicht 0/32 CS

jeweils zwei Messreihen mit je drei Einzelwerten vor.

Mit dem durchgeführten Ausreißertest nach dem varianzabhängigen Verfahren des Merkblattes über die statistische Auswertung von Prüfergebnissen, Teil 2 (FGSV, 1978) werden die errechneten Prüfgrößen mit einem Schwellenwert verglichen. In allen betrachtenden Fällen (Anlage 5.3 und 5.4) unterschreiten die Prüfgrößen bei einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von 1% für drei Einzelwerte den Schwellenwert 1,16. Der Schwellenwert mit einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von 5 % beträgt 1,15. Ein Vergleich der Prüfgrößen mit diesem Schwellenwert zeigt, dass wenige Prüfgrößen zwischen den beiden Überschreitungswahrscheinlichkeiten liegen und somit als ausreißerverdächtig anzusehen sind. Die vorhandenen Spannweiten d der Messreihen überschreiten nicht die kritischen Spannweiten $d_a$. Dementsprechend können alle Einzelwerte zur weiteren Auswertung beibehalten werden.

Die Anlagen 5.4 und 5.5 enthalten die ermittelten Prüffehler und die kritischen Spannweiten von Ergebnissen unter Wiederholbedingungen. Die Prüffehler werden durch die Standardabweichungen $s_r$ ausgedrückt und umfassen bei den vorliegenden Messreihen Streuungen aus der Probeherstellung und Prüfung. Eine Probenahme wurde mit der Herstellung präparativ zusammengesetzter Proben ersetzt, was zu geringeren Prüffehlern führt. Die kritischen Spannweiten werden in keinem Fall überschritten, so dass die ermittelten Ergebnisse miteinander verträglich sind. Ein Vergleich der Ergebnisse der Proben der walzsektorverdichteten

Asphaltplatten (WSV-Platte) und der Bohrkerne aus walzsektorverdichteten Asphaltplatten (BK-Platte) mit Mischgut nach den vorliegenden Eignungsprüfungen kann durchgeführt werden. Die Ergebnisse aller losen Mischgutproben nach präparativer Zusammensetzung und anschließender Extraktion werden in der Tabelle 6-9 zusammengefasst.

| *Mischgutart/-sorte* | *Füllergehalt [M.-%]* | *Sandgehalt [M.-%]* | *Splittgehalt [M.-%]* | *Grobkornanteil [M.-%]* | *Bindemittelgehalt [M.-%]* |
|---|---|---|---|---|---|
| SMA 0/11 S | 12,8 | 8,1 | 79,1 | 49,5 | 6,7 |
| ABi 0/16 S | 7,0 | 18,2 | 74,8 | 30,5 | 4,9 |
| ABi 0/22 S | 7,5 | 17,9 | 74,6 | 32,5 | 4,0 |
| AB 0/11 S | 8,9 | 37,4 | 53,7 | 23,3 | 5,9 |
| ATS 0/32 CS | 7,3 | 17,9 | 74,8 | 17,3 | 4,2 |

Tabelle 6-9: Ergebnisse der Untersuchungen an präparativ zusammengesetzte Mischgutproben

Ein Vergleich der Ergebnisse der Mischgutproben der Tabelle 6-9 mit den Ergebnissen der Proben „WSV-Platte" und „BK-Platte" gibt Aufschluss über die Einflüsse aus:

- Einbau und Verdichtung
- Prüfung Mischgut/Bohrkern
- Probenahme Bohrkern

| *Mischgutart/-sorte* | *Δ Mischgut – BK-Platte* | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | *Füllergehalt [M.-%]* | *Sandgehalt [M.-%]* | *Splittgehalt [M.-%]* | *Grobkornanteil [M.-%]* | *Bindemittelgehalt [M.-%]* |
| SMA 0/11 S | -0,7 | -2,3 | 3,0 | 8,9 | 0,0 |
| ABi 0/16 S | -0,6 | -2,0 | 2,6 | 2,8 | -0,1 |
| ABi 0/22 S | -0,3 | -2,2 | 2,5 | 8,6 | 0,1 |
| AB 0/11 S | -1,0 | -1,8 | 2,8 | 3,2 | 0,1 |
| ATS 0/32 CS | -0,9 | -1,2 | 2,1 | 6,8 | 0,1 |

+ Werte bei wiedererwärmten Mischgut aus Bohrkernen geringer als bei losem Mischgut
- Werte bei wiedererwärmten Mischgut aus Bohrkernen höher als bei losem Mischgut

Tabelle 6-10: Differenz der Ergebnisse aller Kenndaten im Vergleich der Messproben „Mischgut" und „BK-Platte"

Die Betrachtung der Kenndaten der Korngrößenverteilung zeigt, dass bei den wiedererwärmten Mischgutproben aus Bohrkernen (BK-Platte) im Vergleich zu der losen Mischgutprobe (Mischgut) eine Kornverfeinerung auftritt.

Im einzelnen können folgende Zusammenhänge aus der Tabelle 6-10 entnommen werden:

- In der Füllerfraktion aller Mischgutsorten liegen höhere Anteile im wiedererwärmten Mischgut vor. Im einzelnen treten Abweichungen zwischen 0,3 M.-% und 1,0 M.-% auf.

- Im wiedererwärmten Mischgut der Bohrkerne weisen alle Asphaltgemische in der Splittfraktion Kornverfeinerungen und in der Sandfraktion Kornanreicherungen auf. Die Kornverfeinerungen liegen je nach betrachteter Mischgutart zwischen 1,2 und 2,3 M.% , die Kornanreicherungen zwischen 2,1 und 3,0 M.-%.

- Die Asphaltgemische mit hohem Grobkornanteil und Asphaltgemische mit zunehmenden Größtkorn weisen in dem Mischgut aus wiedererwärmten Bohrkernen wesentlich geringere Anteile an Grobkorn auf. Im Splittmastixasphalt betragen diese Anteile bis zu 8,9 M.-%.

- Aus den Untersuchungen kann kein Unterschied im Bindemittelgehalt verschiedener Messproben festgestellt werden. Es treten nur geringe Differenzen auf.

Der Vergleich der Mischgutproben mit den Proben der walzsektorverdichteten Asphaltplatten (WSV-Platte) quantifiziert den Einfluss des Einbaus und der Verdichtung. Der Vergleich der Proben aus den Bohrkernen aus walzsektorverdichteten Asphaltplatten (BK-Platte) mit den walzsektorverdichteten Asphaltplatten (WSV-Platte) ermittelt den Einfluss der Bohrkernprobenahme. Die folgenden Abbildungen 6-12 bis 6-15 stellen die Ergebnisse der Korngrößenverteilung vergleichend gegenüber.

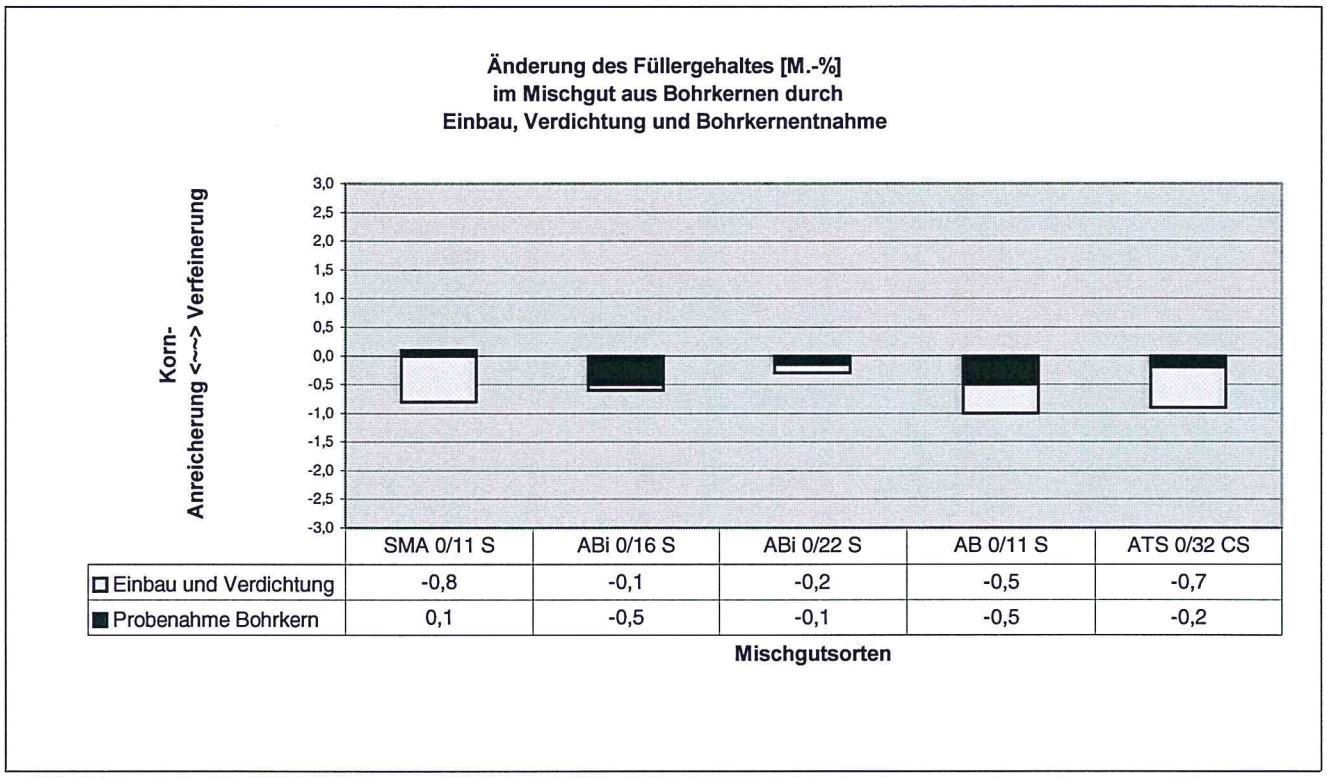



Abbildung 6-12: Einfluss von Einbau, Verdichtung und Bohrkernprobenahme auf das Prüfergebnis des Füllergehaltes von Mischgut

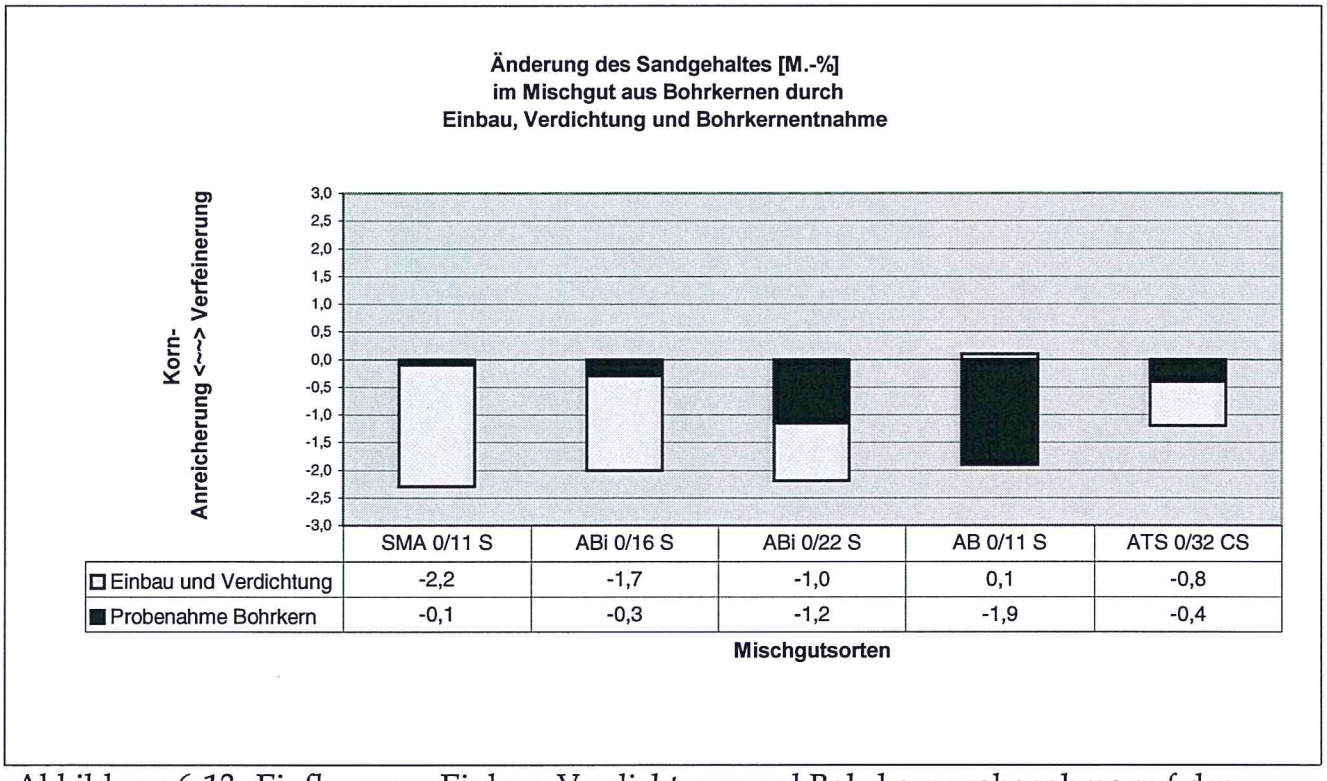



Abbildung 6-13: Einfluss von Einbau, Verdichtung und Bohrkernprobenahme auf das Prüfergebnis des Sandgehaltes von Mischgut

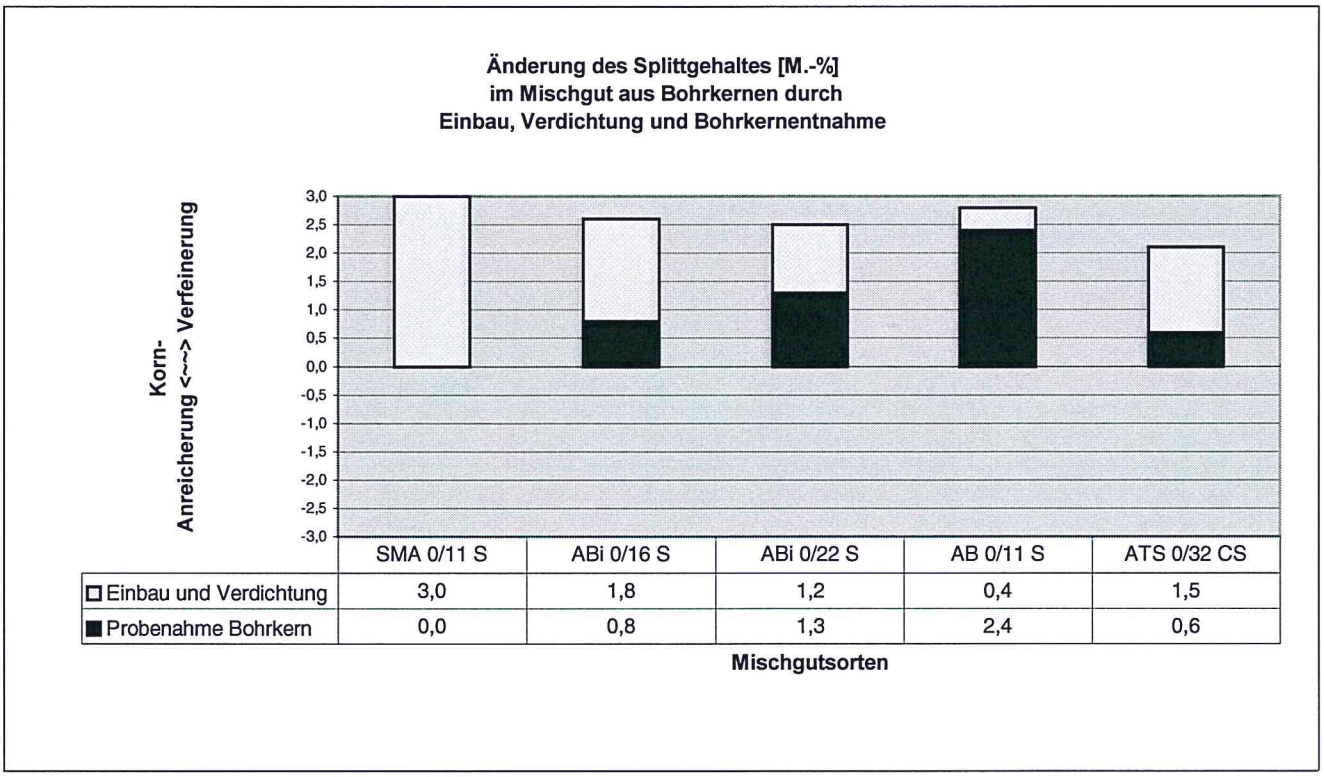



Abbildung 6-14: Einfluss von Einbau, Verdichtung und Bohrkernprobenahme auf das Prüfergebnis des Splittgehaltes von Mischgut

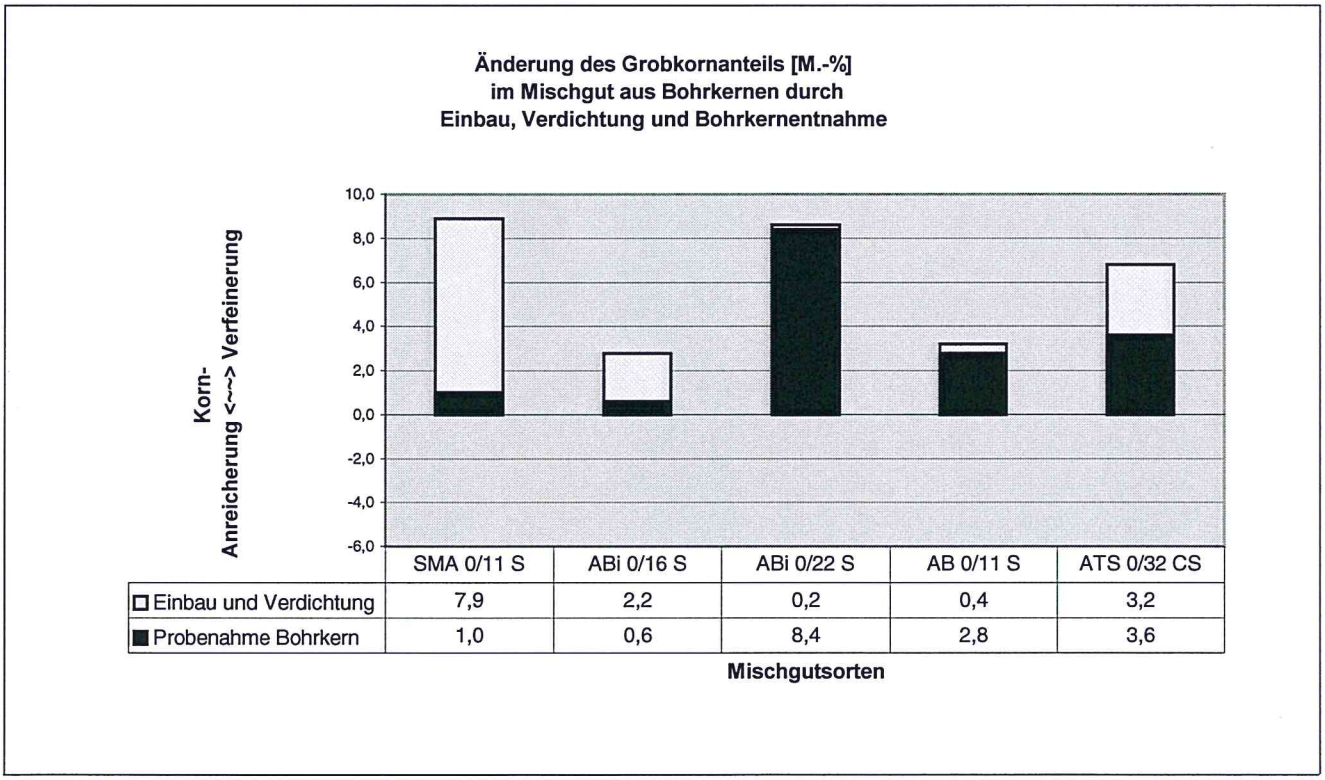



Abbildung 6-15: Einfluss von Einbau, Verdichtung und Bohrkernprobenahme auf das Prüfergebnis des Grobkornanteils von Mischgut

Die Kenndaten der Korngrößenverteilung der Abbildungen 6-12 bis 6-15 zeigen folgende Zusammenhänge auf:

- Die Anteile, die in den Füller- und Sandfraktionen zu einer Kornanreicherung und in den Splittfraktionen zu einer Kornverfeinerung führen, sind mit Ausnahme des Splittmastixasphalts bei allen Mischgutsorten auf die Kornzertrümmerung der Walzverdichtung (Einbau und Verdichtung) und auf die angeschnittenen Körner infolge der Bohrkernentnahme (Probenahme Bohrkern) zurückzuführen. Bei Splittmastixasphalt sind 3 M.-% Kornverfeinerung in der Splittfraktion im Mischgut wiedererwärmter Bohrkerne ausschließlich aus dem Einbau und der Verdichtung zurückzuführen. Der Asphaltbeton weist mit 2,4 M.-% einen sehr großen Anteil an Kornverfeinerung aus der Probenahme am Bohrkern auf.
- Die Kornverfeinerung des Grobkornanteils bei Splittmastixasphalt ist mit 8,9 M.-% dem Asphaltbindermischgut 0/22 S mit 8,6 M.% vergleichbar. Jedoch sind bei Splittmastixasphalt nur 1,0 M.-% auf die Bohrkernprobenahme zurückzuführen. Bei dem Asphaltbindermischgut ist mit 8,4 M.-% der Anteil der Bohrkernprobenahme dominant. Bei der Asphalttragschicht ist das Verhältnis der Grobkornanteile ausgewogen. Es zeigen sich daher bei den Asphaltgemischen mit hohen Grobkornanteilen auch die größten Kornverfeinerungen im Grobkornbereich. Splittmastixasphalt neigt aufgrund seinem noch höheren Grobkornanteil insbesondere bei der Walzverdichtung durch die sich gegenseitig abstützenden Grobsplittkörnern zu Kornverfeinerungen. Die Schneidwirkung der Bohrkrone hingegen hat bei Splittmastixasphalt einen untergeordneten Einfluss, da zwar Körner angeschnitten werden, diese jedoch aufgrund des relativ geringen Sieblinienabstands weitgehend in der jeweiligen Kornklasse verbleiben. Bei großem Größtkorn und insbesondere bei Asphaltbinder 0/22 S mit seinem hohen Grobkornanteil bewirkt die Schneidwirkung der Bohrkrone infolge eines größeren Sieblinienabstands eine erhebliche Kornverfeinerung der Grobkornanteile.

Auf eine vergleichende Darstellung der Bindemittelgehalte wird verzichtet, da aufgrund der geringen Unterschiede der Messwerte keine weiteren Erkenntnisse gewonnen werden können.

### *Raumdichte*

Von allen hergestellten Probekörpern wurden die Raumdichten bestimmt, um eine Aussage über die Verdichtung der Walzverdichtung im Laboratorium zu erhalten.

Die ermittelten Verdichtungsgrade zeigen auf, ob das Dichteniveau in Höhe von k = 99 % auch erreicht worden ist. Die Tabelle 6-11 gibt die Spannweiten der erzielten Verdichtungsgrade an.

| *Merkmale* | *Verdichtungsgrade [%] WSV-Platte* | *Verdichtungsgrade [%] WSV-BK* |
|---|---|---|
| SMA 0/11 S | 99,0-99,5 | 99,0-100,0 |
| ABi 0/16 S | 100,0-101,0 | 100,0-101,5 |
| ABi 0/22 S | 100,0-101,0 | 101,0-102,0 |
| AB 0/11 S | 99,0-100,0 | 99,0-100,5 |
| ATS 0/32 CS | 101,0-102,0 | 101,0-102,5 |

Tabelle 6-11: Verdichtungsgrade der Probekörper „WSV-Platte" und „WSV-BK"

Alle Einzelwerte der Verdichtungsgrade überschreiten das Dichteniveau von 99 %. In Einzelfällen liegen Verdichtungsgrade über 102 % vor. Bei allen Proben ist im Mittel ein um 0,5 bis 1,0% höherer Verdichtungsgrad in den Bohrkernen gegenüber der gesamten Probeplatte zu verzeichnen. Jedoch kann hierdurch kein negativer Effekt auf eine im Bohrkern zusätzliche Kornverfeinerung infolge der Walzverdichtung nachgewiesen werden. Der Einfluss durch „Einbau und Verdichtung" auf eine mögliche Kornverfeinerung wird unabhängig von der Art der Probe bei den jeweiligen Asphaltgemischen als gleichwertig angesehen.

## *Ergänzungskörnungen*

Für die Anwendungsfälle, dass Ergänzungskörnungen in Asphaltgemische zugegeben werden, deren Anteile nach der Asphaltextraktion zu bestimmen sind, hat ein veränderter Verlauf der Sieblinie an Mischgut wiedererwärmter Bohrkerne Einfluss. Die Kornverfeinerungen oder Kornanreicherungen der einzelnen Kornklassen sind in der Anlage 6 für alle untersuchten Asphaltgemische angegeben. Für den speziellen Anwendungsfall kann aus den entsprechenden Diagrammen der Anlage 6 die sich ergebende Siebliniendifferenz je Kornklasse zwischen losem Mischgut und Mischgut aus wiedererwärmten Bohrkernen abgelesen werden.

# 7 Diskussion der Untersuchungsergebnisse

## 7.1 Vergleichbarkeit der Kontrollprüfungsergebnisse

Die Kontrollprüfungen werden an Mischgutarten und -sorten ausgewählter Untersuchungsstrecken durchgeführt. Die Variationen an Mischgutsorten sind groß, um Aussagen über häufig in der Praxis errichtete Asphaltbefestigungen zu erhalten. Die Ergebnisse enthalten Streuungen durch Herstellung, Verarbeitung, Probenahme und Prüfung von Asphalt. Die Einflüsse, die Auswirkungen auf das Prüfergebnis haben, können sich gegenseitig aufheben oder sich auch überlagern. Die Vielzahl dieser Einflüsse können in dieser Forschungsarbeit nicht einzeln bewertet werden. Daher kann auch keine grundlegende statistische Absicherung der Prüfergebnisse erfolgen. Jedoch werden alle Einflussparameter erfasst und in Ihrer Summe betrachtet, um die Prüfergebnisse interpretieren zu können.

Bei der Diskussion der Ergebnisse werden die Probenahmeverfahren näher betrachtet, die mit geringen Streuungen behaftet sind. Die Mischgutprobenahme an der Verteilerbohle „VER" entspricht der üblichen Vorgehensweise der Praxis. Bei diesem Probenahmeverfahren wird die Vorgehensweise nach der DIN 1996, eine Probeteilung zur Gewinnung von Teilproben durchzuführen, umgangen. Daher ist das Ergebnis mit anderen Streuungen aus der Probenahme behaftet, als die Probenahme aus dem Verteilerkübel „DIN" gemäß der DIN 1996. Dennoch ermöglicht die Verteilerbohlenprobe eine bessere örtliche Übereinstimmung mit den an gleicher Station zu entnehmenden Bohrkernen. In der Auswertung der Ergebnisse wird die Verträglichkeit der Ergebnisse bewertet und echte Ausreißer auf Grundlage der baustellenbegleitenden Kontrollen ausgeschlossen. Die Auswertung beachtet folglich Ergebnisse aus Kenndaten an Mischgut beider Probenahmeverfahren, deren Streuungen untereinander geringe Abweichungen aufweisen. Die Ergebnisse beinhalten die Streuungen aus der Probenahme und Probeteilung der Verfahren und sind als Bereich anzugeben. Die Angabe der Ergebnisse muss getrennt für jede Mischgutsorte erfolgen, da mit zunehmendem Größt- und Grobkornanteil der Gesteinskörnungen größere Streuungen aus der Probenahme resultieren.

Die Entnahme der Bohrkerne zur Bestimmung der Mischgutkenndaten erfolgte mit den Verfahren zur Gewinnung von Einzelproben „BK Einzel" und Durchschnittsproben „BK Durch" nach DIN 1996. Die Ergebnisse enthalten Streuungen aus Einbau, Verdichtung und Probenahme. An Proben aus der Entnahme von fünf Bohrkernen diagonal über den Einbaustreifen können Kenndaten mit geringeren Streuungen als an Proben aus zwei Bohrkernen ermittelt werden. Daher sind für den Vergleich der Kontrollprüfungsergebnisse die Kenndaten, die aus der Durchschnittsprobe gewonnen worden sind, heranzuziehen.

In dem Vergleich der Kenndaten an losem Mischgut und Mischgut aus wiedererwärmten Bohrkernen können zufallsbedingte Streuungen aus der Probenahme am Mischgut die Streuungen aus Einbau, Verdichtung und Bohrkernprobenahme überlagern. Die zusätzlichen Laborversuche ermöglichen jedoch die einzelnen Einflüsse, die auf das Ergebnis der Ergebnisse wirken, zu quantifizieren. Hierzu wurden exemplarisch Kenndaten der Korngrößenverteilung und des Bindemittelgehalts an ausgewählten Asphaltgemische unter Wiederholbedingungen bestimmt. Die Ergebnisse der zusätzlichen Laborversuche können auf die Ergebnisse der Untersuchungsstrecken übertragen werden.

In den Tabellen 7-1 bis 7-4 werden die Ergebnisse aller Kenndaten der Korngrößenverteilung zusammenfassend gegenübergestellt. Die Korrekturfaktoren der Tabelle 6-8 für die Anteile an Abstreusplitt werden in die entsprechenden Kenndaten der jeweiligen Untersuchungsstrecke eingerechnet.

| ***Mischgutart/-sorte*** | ***Untersuchungsstrecke*** | ***Labor*** |
|---|---|---|
| | ***Δ Mischgut (VER/DIN) – BK Durch [M.-%]*** | ***Δ Mischgut – Bohrkern (WSV-BK) [M.-%]*** |
| GA 0/11 S | 1,1 | -- |
| SMA 0/11 S | -0,5 bis -0,6 | -0,7 |
| AB 0/11 S | -0,7 bis -0,8 | -1,0 |
| ABi 0/16 S (PmB) | -0,3 bis -0,4 | -0,6 |
| ABi 0/22 S | -0,7 bis -0,8 | -0,3 |
| ABi 0/22 S (PmB) | 0,1 bis -0,2 | -- |
| ATS 0/22 CS | 0,0 bis -0,8 | -- |
| ATS 0/32 CS (1B) | -0,3 bis -0,6 | -- |
| ATS 0/32 CS (2A) | -0,2 bis -0,9 | -0,9 |

+ Werte bei wiedererwärmten Mischgut aus Bohrkernen geringer als bei losem Mischgut
- Werte bei wiedererwärmten Mischgut aus Bohrkernen höher als bei losem Mischgut

Tabelle 7-1: Vergleich der Fülleranteile von losem Mischgut mit Mischgut wiedererwärmter Bohrkerne

| Mischgutart/-sorte | Untersuchungsstrecke | Labor |
|---|---|---|
| | Δ Mischgut (VER/DIN) – BK Durch [M.-%] | Δ Mischgut – Bohrkern (WSV-BK) [M.-%] |
| GA 0/11 S | -0,8 | -- |
| SMA 0/11 S | -1,5 bis -1,7 | -2,3 |
| AB 0/11 S | 1,2 bis 0,7 | -1,8 |
| ABi 0/16 S (PmB) | 1,7 bis -0,7 | -2,0 |
| ABi 0/22 S | 0,3 bis -1,6 | -2,2 |
| ABi 0/22 S (PmB) | 1,3 bis 0,1 | -- |
| ATS 0/22 CS | 0,7 bis -1,6 | -- |
| ATS 0/32 CS (1B) | 1,2 bis 0,3 | -- |
| ATS 0/32 CS (2A) | 0,7 bis -1,5 | -1,2 |

+ Werte bei wiedererwärmten Mischgut aus Bohrkernen geringer als bei losem Mischgut
- Werte bei wiedererwärmten Mischgut aus Bohrkernen höher als bei losem Mischgut

Tabelle 7-2: Vergleich der Sandanteile von losem Mischgut mit Mischgut wiedererwärmter Bohrkerne

| Mischgutart/-sorte | Untersuchungsstrecke | Labor |
|---|---|---|
| | Δ Mischgut (VER/DIN) – BK Durch [M.-%] | Δ Mischgut – Bohrkern (WSV-BK) [M.-%] |
| GA 0/11 S | -0,3 | -- |
| SMA 0/11 S | 2,3 bis 1,9 | 3,0 |
| AB 0/11 S | 0,0 bis -0,5 | 2,8 |
| ABi 0/16 S (PmB) | 1,0 bis -1,3 | 2,6 |
| ABi 0/22 S | 2,3 bis 0,4 | 2,5 |
| ABi 0/22 S (PmB) | 0,1 bis -1,3 | -- |
| ATS 0/22 CS | 2,4 bis -0,7 | -- |
| ATS 0/32 CS (1B) | 0,3 bis -0,9 | -- |
| ATS 0/32 CS (2A) | 2,3 bis -0,6 | 2,1 |

+ Werte bei wiedererwärmten Mischgut aus Bohrkernen geringer als bei losem Mischgut
- Werte bei wiedererwärmten Mischgut aus Bohrkernen höher als bei losem Mischgut

Tabelle 7-3: Vergleich der Splittanteile von losem Mischgut mit Mischgut wiedererwärmter Bohrkerne

| Mischgutart/-sorte | Untersuchungsstrecke | Labor |
|---|---|---|
| | Δ Mischgut (VER/DIN) – BK Durch [M.-%] | Δ Mischgut – Bohrkern (WSV-BK) [M.-%] |
| GA 0/11 S | 3,1 | -- |
| SMA 0/11 S | 7,5 bis 7,3 | 8,9 |
| AB 0/11 S | 1,5 bis 0,8 | 3,2 |
| ABi 0/16 S (PmB) | 5,8 bis -0,1 | 2,8 |
| ABi 0/22 S | 7,2 bis 2,6 | 8,6 |
| ABi 0/22 S (PmB) | 0,9 bis -2,1 | -- |
| ATS 0/22 CS | 5,0 bis -0,7 | -- |
| ATS 0/32 CS (1B) | 0,1 bis -2,3 | -- |
| ATS 0/32 CS (2A) | 2,9 bis 2,0 | 6,8 |

+ Werte bei wiedererwärmten Mischgut aus Bohrkernen geringer als bei losem Mischgut
- Werte bei wiedererwärmten Mischgut aus Bohrkernen höher als bei losem Mischgut

Tabelle 7-4: Vergleich der Grobkornanteile von losem Mischgut mit Mischgut wiedererwärmter Bohrkerne

Der Vergleich der Kenndaten der Korngrößenverteilung verdeutlicht eine relativ gute Übereinstimmung der Laborkenndaten mit den Kenndaten der Untersuchungsstrecken. Die Laboruntersuchungen weisen in den Vergleichen für alle Asphaltgemische Maximalwerte auf, die in Einzelfällen auch durch die Kenndaten der Untersuchungsstrecken bestätigt werden. Größere Abweichungen sind bei Asphaltbeton insbesondere im Sandanteil festzustellen. Diese Unterschiede sind letztlich nicht zu erklären, können jedoch auf Schwankungen der Korngrößenverteilung in der Sandfraktion, die im Asphaltbeton dominant ist, zurückzuführen sein.

Auf Grundlage der durchgeführten Untersuchungen der Korngrößenverteilung ist bei Anwendung der angegebenen Differenzen eine Vergleichbarkeit der Kontrollprüfungsergebnisse an Mischgut aus Bohrkernen mit losem Mischgut gegeben. Aus den Ergebnissen ist abzuleiten, dass Mischgut aus wiedererwärmten Bohrkernen für alle untersuchten Mischgutsorten

- im Splittgehalt eine Kornverfeinerung bis zu 3 M.-%
- im Sandgehalt eine Kornanreicherung bis zu 2 M.-%
- im Füllergehalt eine Kornanreicherung bis zu 1 M.-%

- im Grobkornanteil eine Kornverfeinerung bei
    - Asphaltbinder 0/22 S und Splittmastixsaphalt 0/11 S bis zu 9,0 M.%
    - Asphalttragschichten 0/22 CS und 0/32 CS bis zu 7,0 M.-%
    - Asphaltbinder 0/16 S und Asphaltbeton 0/11 S bis zu 3,0 M.-%

aufweisen kann.

Diese Ergebnisse decken sich mit bereits in Kapitel 3 zitierten Untersuchungen und Erfahrungen, die eine Kornverfeinerung im Splittbereich mit 3,0 M.-% für Asphaltbindermischgut bzw. Asphalttragschichten beziffern. Doch sind die auftretenden Kornverfeinerungen des Grobkornanteils wesentlich höher als das bestehende Richtlinien und Erfahrungen anführen.

Die zusätzlichen Laboruntersuchungen in Kapitel 6 belegen, dass die Kornverfeinerungen auf bestimmte Anteile der Einflussgrößen Einbau, Walzverdichtung und Bohrkernentnahme zurückzuführen sind.

Der Bindemittelverlust im Mischgut aus wiedererwärmten Bohrkernen ist sehr gering und kann bis 0,1 M.-% betragen. Die höheren Werte der Asphalttragschichten aus den Ergebnissen der Untersuchungsstrecken können durch die Laborversuche nicht bestätigt werden. Ein Bindemittelverlust infolge bindemittelfreier Schnitt- und Trennflächen am Bohrkern kann daher vernachlässigt werden. Es ist davon auszugehen, dass das beim Bohren durch Reibung erwärmte Bindemittel in die Hohlräume gedrückt wird. In der Tabelle 7-5 werden die Ergebnisse der Bestimmung der Bindemittelgehalte vergleichend gegenübergestellt.

Die Ergebnisse der Kenndaten Raumdichte und Hohlraumgehalt am Marshallprobekörper weisen am Mischgut aus wiedererwärmten Bohrkernen geringe Abweichungen zu losem Mischgut auf. Für die untersuchten Sorten der Asphaltbinder ist die Tendenz festzustellen, dass im wiedererwärmten Mischgut geringere Raumdichten und höhere Hohlraumgehalte am Marshallprobekörper auftreten. Die Auswirkung auf den zu errechnenden Verdichtungsgrad kann bei Betrachtung der Bohrkerndurchschnittsproben von Asphaltbindermischgut eine Erhöhung von bis zu 0,8 % betragen. Die Abweichungen sind eine Folge der veränderten Kantenbeschaffenheit der Splittanteile. Die Kornverfeinerung bewirkt insbesondere im Grobkornbereich geringfügig veränderte Mischguteigenschaften, die Einfluss auf die Verdichtbarkeit von Asphaltbindermischgut nehmen. Bei den Asphalttragschichten hingegen zeigt sich eine gegenläufige Tendenz. Im wiedererwärmten Mischgut treten höhere Raumdichten auf, die im Einzelfall eine Verringerung des Verdichtungsgrades von bis zu 1,0% bewirken kann. Die Einflüsse bei den untersuchten Asphaltdeckschichten sind hinsichtlich der Raumdichte und Hohlraumgehalt am Marshall-Probekörper zu vernachlässigen.

| Mischgutart/-sorte | Untersuchungsstrecke | Labor |
|---|---|---|
| | Δ Mischgut (VER/DIN) – BK Durch [M.-%] | Δ Mischgut – Bohrkern (WSV-BK) [M.-%] |
| GA 0/11 S | 0,1 | -- |
| SMA 0/11 S | 0,0 bis -0,1 | 0,0 |
| AB 0/11 S | 0,2 bis 0,1 | 0,1 |
| ABi 0/16 S (PmB) | 0,1 bis 0,0 | -0,1 |
| ABi 0/22 S | 0,0 | 0,1 |
| ABi 0/22 S (PmB) | 0,1 bis 0,0 | -- |
| ATS 0/22 CS | 0,2 bis -0,2 | -- |
| ATS 0/32 CS (1B) | 0,4 bis 0,3 | -- |
| ATS 0/32 CS (2A) | 0,0 | 0,1 |

+ Werte bei wiedererwärmten Mischgut aus Bohrkernen geringer als bei losem Mischgut
- Werte bei wiedererwärmten Mischgut aus Bohrkernen höher als bei losem Mischgut

Tabelle 7-5: Vergleich der Bindemittelgehalte von losem Mischgut mit Mischgut wiedererwärmter Bohrkerne

Die Bestimmung der folgenden Kenndaten:

- Erweichungspunkt Ring und Kugel
- Stabilität und Fliesswert
- Eindringtiefe am Probekörper
- Elastische Rückstellung an polymermodifizierten Bindemittel

weisen zwischen losem Mischgut und Mischgut aus wiedererwärmten Bohrkernen nur sehr geringe Unterschiede auf. Daher sind die Kenndaten an Mischgut, die mit verschiedenen Probenahmeverfahren gewonnen werden untereinander vergleichbar. Es liegen demnach keine veränderten Bindemitteleigenschaften vor. Eine größere Bindemittelverhärtung durch Einbau, Verdichtung, Witterung und Prüfung konnte nicht festgestellt werden. Jedoch ist zu erwähnen, dass die Bohrkernproben im Rahmen des Forschungsprojektes baubegleitend entnommen worden sind und somit keine zusätzlichen Verkehrs- und Witterungseinflüsse auf das Mischgut wiedererwärmter Bohrkerne wirken konnten. Der Vergleich der Probenahmeverfahren konnte auch keine Veränderungen im Widerstandsverhalten von Gussasphalt gegen plastische Verformungen und im Festigkeitsverhalten durch die Kenndaten Stabilität und Fliesswert der Asphalttragschichten belegen.

Die dargestellten Sieblinien des Splittmastixasphaltes 0/11 S aus den zusätzlichen Laborversuchen der Anlage 6-1 zeigen im Vergleich der Sieblinien der Anlage 2-9 und 2-10 aus der Untersuchungsstrecke für die Anteile der einzelnen Kornklassen eine weitgehend gute Übereinstimmung. Für die weiteren untersuchten Asphaltgemische sind die Abweichungen der Sieblinien der zusätzlichen Laborversuche in der Anlage 6 enthalten. Falls für den Anwendungsfall bestimmte Massenanteile einzelner Kornklassen gefordert werden, müssen die Abweichungen, die sich aus veränderter Probenahme im Mischgut aus wiedererwärmten Bohrkernen ergeben, beachtet werden.

Die Einflussmerkmale, die in Kapitel 4 zusammengestellt wurden und Auswirkungen auf die Prüfergebnisse haben, können in dieser Arbeit nur in Ihrer Summe bewertet werden. Die Ergebnisse beziehen sich letztlich auf die vorliegenden Asphaltgemische und können dann auf andere Asphaltgemische übertragen werden, wenn diese vergleichbare Mischguteigenschaften aufweisen.

## 7.2 Auswahlkriterien und Bewertung der Probenahmeverfahren

Die baustellenbegleitenden Untersuchungen sowie die Beurteilung der Kontrollprüfungsergebnisse verdeutlichen, ausgehend von der Auswahl des Verfahrens, negative sowie positive Effekte. Daher ist der Nutzen der Probenahmeverfahren anhand von Auswahlkriterien zu bewerten, um Empfehlungen zur Durchführung der Probenahme geben zu können. Ein Probenahmeverfahren kann nach folgenden Kriterien ausgewählt werden:

- Genauigkeit
- Wirtschaftlichkeit
- Funktionalität
- Nebeneffekte

Die einzelnen Kriterien werden nachfolgend für die durchgeführten Probenahmeverfahren beschrieben.

### *Genauigkeit*

Die Aussagefähigkeit der Prüfergebnisse wird maßgeblich durch die Genauigkeit des Probenahmeverfahrens bestimmt. Ein Maß für die Genauigkeit stellen daher die Streuungen der Prüfergebnisse dar, die Anteile an zufallsbedingten Streuungen aus der Probenahme enthalten. Da mit zunehmendem Größtkorn der Asphaltgemische

auch die Streuungen zunehmen, ist die Genauigkeit des Probenahmeverfahrens in Bezug auf die zu beprobende Mischgutsorte zu bewerten. Eine höhere Anzahl an Proben kann die Streuungen verringern, was jedoch auch den Prüfaufwand erhöht. Die Genauigkeit unterliegt daher auch wirtschaftlichen Grenzen. Die durch das Probenahmeverfahren gewonnene Probe muss die durchschnittliche Beschaffenheit des angelieferten und zu verarbeitenden Materials repräsentieren.

### *Wirtschaftlichkeit*

Aufwendige Verfahren mit einem damit verbundenen höheren Schwierigkeitsgrad sind in ihrer Durchführung zeitintensiv und benötigen qualifiziertes Fachpersonal. Ein hoher Geräte- und Zeitaufwand und die Personalqualifikation schlägt sich in hohen Kosten nieder. Gleichzeitig sollen die Verfahren den Baustellenbetrieb z.B. durch Arbeitsunterbrechungen infolge des Anhaltens des Straßenfertigers oder Abrücken des LKW nicht behindern.

### *Funktionalität*

Die Handhabung der Probenahme muss einfach sein, so dass zufallsbedingte Streuungen minimiert werden können. Ist die Probe, die zu entnehmen ist, genau zu lokalisieren, kann das entnommene Material einer bestimmten Stelle der eingebauten Schicht zugeordnet werden. Eine Lokalisierung ermöglicht die örtliche Übereinstimmung mit den zu entnehmenden Proben für die Bestimmung des Verdichtungsgrades. Hingegen müssen Proben eine ausreichende Probemenge aufweisen, um eine normgerechte Durchführung der Prüfung gewährleisten zu können. Die Teilproben, die für die Vertragspartner entnommen werden, müssen die gleiche Beschaffenheit wie die Probe der Kontrollprüfung aufweisen. Das Verfahren sollte die Möglichkeit bieten, dass die Vertragspartner ohne großen organisatorischen Aufwand an der Probenahme teilnehmen können. Die Lagerung und der Transport der Proben ist zu gewährleisten. Die Funktionalität der Probenahme bewertet letztlich auch die Akzeptanz des Verfahrens, die es benötigt, um unter örtlichen Randbedingungen sicher angewendet werden zu können.

### *Nebeneffekte*

Es dürfen durch die Probenahmeverfahren keine negativen Nebeneffekte auftreten. Insbesondere ist die herzustellende Fahrbahnoberfläche nicht unnötig durch z.B. Bohrkernentnahmen mit Fehlstellen zu überhäufen. Ein Anhalten des Straßenfertigers ist zu vermeiden, damit keine Unebenheiten in der zu erstellenden

Schicht entstehen. Weitere Aspekte sind mögliche Umweltbelastungen wie z.B. Energieverbrauch, Abfallaufkommen durch Probebehältnisse und überschüssigen Probematerial, die als Nachteile der Probenahmeverfahren zu werten sind. Als ein positiver Nebeneffekt der Probenahmen ist zu bewerten, wenn diese baubegleitend anzuwenden sind und als Instrument der Qualitätslenkung die Genauigkeit der Probenahme erhöhen können.

### *Vereinfachte Nutzwertanalyse*

Die Zusammenstellung der Auswahlkriterien zeigt, dass für jedes Probenahmeverfahren Vor- und Nachteile vorliegen. In einer vereinfachten Nutzwertanalyse werden die Erfahrungen und Ergebnisse der vorliegenden Untersuchungen bewertet. Die Genauigkeit wird für jede Mischgutart beurteilt und besitzt den höchsten Gewichtungsanteil der Bewertung. Die Gewichtung der Auswahlkriterien ist der Tabelle 7-6 zu entnehmen. Der Erreichungsgrad der Kriterien wird mit Punkten nach Tabelle 7-7 bewertet.

| ***Auswahlkriterien*** | ***Gewichtung [%]*** |
|---|---|
| **Wirtschaftlichkeit** | **20** |
| • Fachpersonal | 10 |
| • Baubetrieb | 10 |
| **Funktionalität** | **25** |
| • Handhabung | 10 |
| • Probemenge/Teilprobe | 10 |
| • Lokalisierung | 5 |
| **Nebeneffekte** | **15** |
| • Umwelt | 5 |
| • Fahrbahnoberfläche | 5 |
| • Qualitätslenkung | 5 |
| **Genauigkeit** | **40** |

Tabelle 7-6: Gewichtung der Auswahlkriterien

| *Wertepunkte* | *Erreichungsgrad* |
|---|---|
| 50 | sehr gut |
| 40 | gut |
| 30 | mittel |
| 20 | gering |
| 10 | sehr gering |

Tabelle 7-7: Wertepunkte zur Bestimmung des Erreichungsgrades

| *Auswahlkriterien* | *Probenahmeverfahren** | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *„DIN“* | | *„VER“* | | *„BK Einzel“* | | *„BK Durch“* | |
| | *vor* | *nach* | *vor* | *nach* | *vor* | *nach* | *vor* | *nach* |
| **Wirtschaftlichkeit** | | | | | | | | |
| • Fachpersonal | 10 | 1 | 40 | 4 | 30 | 3 | 30 | 3 |
| • Baubetrieb | 20 | 2 | 40 | 4 | 40 | 4 | 40 | 4 |
| **Funktionalität** | | | | | | | | |
| • Handhabung | 10 | 1 | 40 | 4 | 40 | 4 | 40 | 4 |
| • Probemenge/Teilprobe | 50 | 5 | 40 | 4 | 30 | 3 | 20 | 2 |
| • Lokalisierung | 20 | 1 | 30 | 1,5 | 50 | 2,5 | 50 | 2,5 |
| **Nebeneffekte** | | | | | | | | |
| • Umwelt | 20 | 1 | 20 | 1 | 40 | 2 | 40 | 2 |
| • Fahrbahnoberfläche | 30 | 1,5 | 50 | 2,5 | 20 | 1 | 10 | 0,5 |
| • Qualitätslenkung | 30 | 1,5 | 30 | 1,5 | 30 | 1,5 | 30 | 1,5 |
| **Genauigkeit** | | | | | | | | |
| • Asphaltbeton | 50 | 20 | 40 | 16 | 20 | 8 | 30 | 12 |
| • Splittmastixasphalt | 50 | 20 | 40 | 16 | 20 | 8 | 30 | 12 |
| • Asphaltbinder | 30 | 12 | 10 | 4 | 20 | 8 | 30 | 12 |
| • Asphalttragschicht | 40 | 16 | 20 | 8 | 20 | 8 | 30 | 12 |

* Bewertungpunkte für jedes Probenahmeverfahren sind vor und nach der Gewichtung angegeben

Tabelle 7-8: Bewertung der Probenahmeverfahren

Die aufgestellten Kriterien können mit Wertepunkten versehen werden. In dieser Bewertung fließen die Erfahrungen ein, die bei den vier Untersuchungsstrecken mit unterschiedlichen Randbedingungen festgestellt werden konnten. In der Tabelle 7-8 wird die Bewertung durchgeführt. Hierbei werden für alle Kriterien die Wertepunkte vor und nach der Einrechnung der Gewichtung angegeben. Die Auswertung sieht vor, dass die Bewertung für jede Mischgutart getrennt vorzunehmen ist. Die Bewertung für Gussasphalt wird nicht durchgeführt, da bei Gussasphalt in der Regel keine Bohrkerne entnommen werden und somit eine Entnahme von Gussasphalt zur Bestimmung der Materialeigenschaften weiterhin am Kocherauslauf erfolgen wird.

Die Tabelle 7-9 fasst das Ergebnis der Analyse zusammen und gibt die Summe der gewichteten Wertungspunkte für jede Mischgutart an.

| ***Mischgutart*** | ***Probenahmeverfahren**** | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ***„DIN“*** | ***„VER“*** | ***„BK Einzel“*** | ***„BK Durch“*** |
| Asphaltbeton | 34 | **38,5** | 29 | 31,5 |
| Splittmastixasphalt | 34 | **38,5** | 29 | 31,5 |
| Asphaltbinder | 26 | 26,5 | 29 | **31,5** |
| Asphalttragschicht | 30 | 30,5 | 29 | **31,5** |

Tabelle 7-9: Ergebnis der Nutzwertanalyse

Die relativ geringen Unterschiede im Ergebnis der vereinfachten Nutzwertanalyse verdeutlichen, dass alle Probenahmeverfahren zur Anwendung kommen können. Für Deckschichten (Asphaltbeton und Splittmastixasphalt) wird jedoch das Probenahmeverfahren an der Verteilerbohle „Ver“ favorisiert. Für Asphaltbinder und Asphalttragschichten besitzt das Probenahmeverfahren der Bohrkern-durchschnittsprobe „BK Durch“ den größten Erreichungsgrad.

Ein entscheidender Vorteil der Probenahme an der Verteilerbohle für Deckschichtmischgut ist, dass das Verfahren in der Praxis akzeptiert wird und auch mit geringem Aufwand durchzuführen ist, ohne das bei sorgfältiger Anwendung Einbußen in der Genauigkeit des Verfahrens hingenommen werden müssen. Der Baufortschritt wird in der Regel nicht behindert, so dass auch keine negativen Effekte auf die Einbauqualität entstehen.

Als Vorteile der Bohrkerndurchschnittsprobe für die Asphaltbinder und Asphalttragschichten sind zu nennen, dass bei diesen zur Entmischung neigenden

Asphaltgemischen durch die Entnahme von mehreren Bohrkernen die Streuungen im Prüfergebnis minimiert werden können. Die Probenahme bedarf keinen wesentlich höheren Aufwand, da für die Bestimmung des Verdichtungsgrades auch ein Bohrkerngerät auf der Baustelle zur Verfügung stehen muss. Die örtliche Übereinstimmung der Proben ist somit gegeben.

Zusammenfassend können folgende Empfehlungen zur Durchführung der Probenahme an Asphaltmischgut im Rahmen von Kontrollprüfungen zur Bestimmung der Mischgutkenndaten gegeben werden:

- Probenahme in Anlehnung an DIN EN 12697-27 von losem Mischgut an der Verteilerbohle für Deckschichtmischgut aus Asphaltbeton und Splittmastixasphalt
- Probenahme in Anlehnung an DIN 1996, Blatt 2 von fünf Bohrkernen im Abstand von fünf Metern aus einem Einbaustreifen für Asphaltbinder- und Asphalttragschichtmischgut
- Probenahme nach DIN 1996, Blatt 2 für Mischgut aus Gussasphalt

# 8 Schlussfolgerungen für die Praxis

Die Durchführung von Kontrollprüfungen an Mischgut aus wiedererwärmten Bohrkernen ist bereits in einigen Bundesländern vertraglich geregelt. Die Prüfungen an der fertigen Schicht bieten so die Möglichkeit die Qualität des Bauwerks direkt zu bewerten und nicht, wie es z.B. die ZTV Asphalt-StB vorsieht, über die Bestimmung der Mischguteigenschaften. In der Diskussion steht jedoch, dass bei dieser Vorgehensweise auf die Prüfergebnisse zusätzliche Einflüsse aus Einbau, Verdichtung und Bohrkernprobenahme wirken, die in ihrer Größe nicht bekannt sind. Ferner müssen Festlegungen über die Anzahl der zu entnehmenden Bohrkerne getroffen werden, um repräsentative Ergebnisse erhalten zu können. Ein weiterer wesentlicher Aspekt ist, dass die Kontrollprüfung für den Auftragnehmer nicht nur die Vertragskonformität von Lieferung und Einbauqualität gegenüber dem Auftraggeber feststellt, sondern auch eine Grundlage für die Erfüllung des Vertragsverhältnisses zwischen ihm und dem liefernden Mischwerk bedeutet. Eine Veränderung in der Durchführung der Kontrollprüfung entzieht diese Grundlage mit der Folge, dass die Schnittstelle zwischen Auftragnehmer und Lieferant neu definiert werden muss.

Die Ergebnisse dieser Forschungsarbeit bestätigen die Möglichkeit, Kontrollprüfungen an wiedererwärmten Bohrkernen zur Bestimmung der Mischguteigenschaften durchführen zu können. Die Kenndaten, die an wiedererwärmtem Mischgut ermittelt werden, sind vergleichbar mit den Kenndaten an losem Mischgut. Die Ergebnisse können auf die Praxis übertragen werden, müssen jedoch für die Kenndaten der Korngrößenverteilungen mit zusätzlichen Unterschreitungen bestehender Anforderungen versehen werden. Für die Bewertung des Füller-, Sand-, Splitt- und Grobkornanteils von Mischgut wiedererwärmter Bohrkerne können die gestellten Anforderungen mit den nach Tabelle 7-1 bis Tabelle 7-4 ermittelten Korrekturfaktoren unter gleichzeitiger Berücksichtigung zulässiger Toleranzen bestehender Regelungen reduziert werden.

Aus den Ergebnissen ist abzuleiten, dass Mischgut aus wiedererwärmten Bohrkernen für alle untersuchten Mischgutsorten

- im Splittgehalt eine Kornverfeinerung bis zu 3 M.-%
- im Sandgehalt eine Kornanreicherung bis zu 2 M.-%
- im Füllergehalt eine Kornanreicherung bis zu 1 M.-%
- im Grobkornanteil eine Kornverfeinerung bei
    - Asphaltbinder 0/22 S und Splittmastixsaphalt 0/11 S bis zu 9,0 M.%

- Asphalttragschichten 0/22 CS und 0/32 CS bis zu 7,0 M.-%
- Asphaltbinder 0/16 S und Asphaltbeton 0/11 S bis zu 3,0 M.-%

aufweisen kann.

Die Anteile der Abweichungen, die auf Einflüsse aus Einbau- und Verdichtung oder der Bohrkernentnahme zurückzuführen sind, werden in der Abbildung 6-12 bis Abbildung 6-15 dargestellt. Aus den Untersuchungen ist auch abzuleiten, dass für Asphaltbinderschichten höhere Verdichtungsgrade infolge geringerer Raumdichten am Marshall-Probekörper und für Asphalttragschichten geringere Verdichtungsgrade infolge höherer Raumdichten am Marshall-Probekörper aus Mischgut wiedererwärmter Bohrkerne auftreten. Es können jedoch aus diesen Ergebnissen keine Aussagen getroffen werden, die auf alle Asphaltgemische übertragbar sind. Ingesamt basieren alle Ergebnisse dieser Forschungsarbeit auf baubegleitende und labortechnische Untersuchungen unter definierter Auswahl an Baustoffen und einbautechnischen Randbedingungen. Die Übertragbarkeit der Ergebnisse ist im Einzelfall zu bewerten, da regionale Unterschiede z.B. Gestein (Kornform, Festigkeit), Witterungsverhältnisse etc. andere Erfahrungen aufweisen können.

Für die Praxis werden letztlich Empfehlungen zur Durchführung der Probenahme formuliert. Demnach werden für Asphaltdeckschichten Probenahmen an der Verteilerbohle favorisiert. Dies setzt natürlich eine sorgfältige Probenahme unter Einhaltung der Grundsätze nach DIN 1996, Blatt 2 voraus. Für Deckschichten, an die auch zusätzliche Anforderungen hinsichtlich der Oberflächeneigenschaften gestellt werden, behält die Kontrollprüfung an losem Mischgut die vertragliche Bedeutung zwischen Auftragnehmer und Lieferant bei. Für die Asphaltbinder- und Asphalttragschichten hingegen werden die Probenahmen an der eingebauten Schicht empfohlen. Hierzu ist zur Gewinnung einer Durchschnittsprobe die Vorgehensweise der DIN 1996 durchzuführen. Es hat sich herausgestellt, dass die Ergebnisse an nur zwei Bohrkernen, die als Einzelproben gewonnen werden, zu hohe Streuungen aufweisen. Mit der Entnahme von fünf Bohrkernen diagonal über den Einbaustreifen können auftretende Entmischungen durch die Querverteilung des Mischguts ausgeglichen und homogene Proben gewonnen werden. Die höhere Anzahl an Bohrkernen liefert eine ausreichende Probemenge für durchzuführende Untersuchungen. Es wird daher zur Bestimmung der Mischguteigenschaften von Asphaltbinder- und Asphalttragschichtmischgut empfohlen, bereits nach Fertigstellung der Binderschicht Bohrkerne zu entnehmen.

Um die Anzahl der Bohrkerne dennoch reduzieren zu können, empfiehlt sich auch die Vorgehensweise nach der ZTV /St-Hmb. Die Sammelprobe für die Bestimmung der Mischguteigenschaften wird hier aus vier Bohrkernen gewonnen, wobei zwei der

Bohrkerne auch für die Bestimmung des Verdichtungsgrades vorgesehen sind. Mit der Reduzierung der Bohrkerne wird die Sammelprobe aus einem kleineren Einbaustreifen entnommen, so dass sicher gestellt werden kann, dass die Probe einer gelieferten Mischgutcharge entspricht. Grundsätzlich sollte jedoch nach Fertigstellung einer Schicht, noch vor Überbauung der nächsten Schicht eine Teilabnahme mit dem Ziel erfolgen, dass Entmischungsfehlstellen dokumentiert oder Probenahmestationen festgelegt werden. Die zweifelsfreie Bohrkernentnahme kann dann auch nach dem Überbauen durchgeführt werden. Es besteht darüber hinaus die Möglichkeit die Kontrollprüfungen baubegleitend durchzuführen. Die zeitnahen baubegleitenden Untersuchungen bieten den Vorteil, dass diese qualitätslenkend eingesetzt werden. Der Auftragnehmer sollte seine Aufgaben der Eigenüberwachung mit der erforderlichen Sorgfalt durchführen und mit einer Wareneingangskontrolle die ordnungsgemäße Mischgutlieferung protokollieren, mit der er einen Nachweis gegenüber seinen Lieferanten besitzt. Die höheren Kosten für baubegleitende Untersuchungen können leicht durch die Einsparung kostenintensiver Nachuntersuchungen bzw. Schiedsuntersuchungen amortisiert werden. Im Einzelfall ist bei der Durchführung von Kontrollprüfungen auch die Größe der zugeordneten Flächen zu bewerten, um ein Probenahmeverfahren auch wirtschaftlich einsetzen zu können.

Die Ergebnisse dieses Forschungsprojekt bieten hierzu Grundlagen, um ein verändertes Probenahmenkonzept anwenden zu können. Für die Bewertung der Kontrollprüfungen an wiedererwärmten Bohrkernen sind die Ergebnisse dieser Forschungsarbeit einzubeziehen.

# 9 Zusammenfassung

In der Regel werden Kontrollprüfungen zur Bestimmung der Mischguteigenschaften an losen Mischgutproben durchgeführt. In der Praxis hat sich hierzu das Probenahmeverfahren an der Verteilerbohlenprobe bewährt. Die fertige Leistung hingegen wird im Rahmen von Kontrollprüfungen auch an Bohrkernen gewonnen. Zur Bewertung der Kontrollprüfungsergebnisse sind z.B. in den ZTV Asphalt-StB Grenzwerte und Toleranzen formuliert, die Streuungen bei der Probenahme, die Präzision der Prüfverfahren als auch arbeitsbedingte Unregelmäßigkeiten enthalten.

Zur Vereinfachung und aus Gründen der Zugehörigkeit zur Entnahmestelle der Proben sind jedoch einzelne Bundesländer dazu übergangen, im Rahmen von Kontrollprüfungen für ausgewählte Bauklassen, die ausschließliche Verwendung von Bohrkernen vorzuschreiben. Diese Vorgehensweise hat zur Folge, dass die Prüfergebnisse am Mischgut aus wiedererwärmten Bohrkernen zusätzliche Streuungen aus Einbau, Verdichtung und Bohrkernprobenahme enthalten, deren Größe nicht bekannt sind.

Vor diesem Hintergrund wurde die vorliegende Forschungsarbeit angefertigt. Ziel war es, bisherige Erfahrungen der Durchführung von Kontrollprüfungen an wiedererwärmten Mischgut zusammenzutragen und eigene baubegleitende Prüfungen an ausgewählten Untersuchungsstrecken durchzuführen. Mit diesen Untersuchungen sollte die Vergleichbarkeit zwischen Prüfergebnissen von Kenndaten an losen Mischgutproben und Mischgut aus wiedererwärmten Bohrkernen bestimmt werden. Es waren Empfehlungen zur Durchführung von Kontrollprüfungen an Bohrkernen hinsichtlich der Probenahmebedingungen und der Bewertung der Untersuchungsergebnisse zu erarbeiten.

Für die baubegleitenden Untersuchungen wurden Strecken ausgewählt, die eine möglichst große Variation an Mischgutarten und -sorten zur Verfügung stellen konnten. Es wurden Deckschichten aus Splittmastixasphalt, Asphaltbeton und Gussasphalt sowie jeweils drei Asphaltbinder- und Asphalttragschichtvarianten in das Versuchsprogramm aufgenommen. Die losen Mischgutproben wurden mit dem Probenahmeverfahren an der Verteilerbohle und aus dem Verteilerkübel nach DIN 1996, Blatt 2 gewonnen. Die Entnahme der Bohrkerne erfolgte nach DIN 1996, Blatt 2 je Entnahmestelle als Einzelprobe und Durchschnittsprobe. Die Einzelprobe bestand aus zwei entnommenen Bohrkernen, die Durchschnittsprobe hingegen bestand aus fünf Bohrkernen, die diagonal über den Einbaustreifen im Abstand von fünf Metern entnommen worden sind. Die Einbauparameter, die Einfluss auf das Prüfergebnis haben können, wurden protokolliert.

Es hat sich in dem Vergleich der Proben herausgestellt, dass bei den untersuchten Mischgutarten die Kenndaten „Bindemittelgehalt", „Erweichungspunkt Ring und Kugel", „Elastische Rückstellung" an polymermodifiziertem Bindemittel, „Stabilität und Fliesswert" an Asphalttragschichtmischgut und die „Eindringtiefe" am Gussasphaltprobekörper nur geringe Abweichungen auftreten und eine Vergleichbarkeit gegeben ist. Die „Raumdichte am Marshall-Probekörper" zeigte bei Asphaltbindermischgut aus wiedererwärmten Bohrkernen tendenziell geringere Werte, die auf eine veränderte Kantenbeschaffenheit der groben Gesteinskörnungen im Mischgut hinweisen. Bei den Asphalttragschichten traten tendenziell geringere „Raumdichten am Marshall-Probekörper" im Mischgut aus wiedererwärmten Bohrkernen auf. Für die Kenndaten der Korngrößenverteilung konnte im wiedererwärmten Mischgut aus Bohrkernen eine Kornverfeinerung festgestellt werden. Um die Abweichungen in der Sieblinie genauer bestimmen zu können, wurde ein zusätzliches Versuchsprogramm im Laboratorium durchgeführt. Mit diesen Untersuchungen an präparativ hergestellten Probeplatten und an Bohrkernen, die aus walzsektorverdichteten Probeplatten entnommen worden sind, konnten die Einflüsse aus Einbau, Verdichtung und der Bohrkernprobenahme quantifiziert werden. Die Untersuchungen zeigen auch Veränderungen der Anteile einzelner Kornklassen auf, die am Mischgut aus wiedererwärmten Bohrkernen zu erwarten sind.

Die Empfehlungen zur Durchführung der Probenahme basieren auf definierte Auswahlkriterien. Eine Analyse hierzu zeigt auf, dass für die Probenahme von Deckschichtmischgut die Probenahme an der Verteilerbohle zu favorisieren ist. Für die Asphaltbinder- und Asphalttragschichten hingegen wird die Probenahme am Bohrkern zur Gewinnung einer Durchschnittsprobe empfohlen.

In den Schlussfolgerungen für die Praxis werden die Möglichkeiten aufgezeigt, die sich durch Anwendung der neuen Vorgehensweise bei der Probenahme im Rahmen von Kontrollprüfungen ergeben. Die Ergebnisse der Forschungsarbeit sollen hinsichtlich der Abweichungen in der Sieblinie vertraglich eingearbeitet werden.

# Literaturverzeichnis


ALP A-StB Teil 11
Arbeitsanleitung zur Herstellung von Asphaltprobeplatten im Labor mit dem Walzsektor-Verdichtungsgerät (WSV), Ausgabe 2003
FGSV-Verlag, Köln 2003

Arand, W.
Ein automatisiertes Probenahmeverfahren für Asphaltmischgut
in: Asphaltstraße, Heft 26, 1992

Bayerische Landkreisregelung
Straßen-NAchrichten 29/96, Bayerischer Landkreistag
München, Juli 1996

Breitbach P.
Referat VSVI „Europäische Mischgutnormen und die Auswirkungen auf die geltenden technischen Regeln",
Friedberg/ Hessen, 14.06.2000

Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST)
„Untersuchungen zum Einfluss der Verdichtung auf die Kornverfeinerung", 1968 (unveröffentlicht)

Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST)
Anleitung Qualitätsmanagementplan Asphalttragschichten ,
Heft 6, August 1995

DIN 1996
Prüfung von Asphalt, Blatt 1, Blatt 2, Teile 3-7, 11, 13, 14
DIN-Taschenbuch 163
Beuth Verlag, Berlin 1994

DIN EN 12697
Prüfung von Heißasphalt, Teil 27 Probenahme
Deutsches Institut für Normung e.V., 2000

DIN EN 1427
Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung des Erweichungspunktes - Ring- und Kugel-Verfahren
Deutsches Institut für Normung e.V., 1999

DIN V 52021-2
Halbfaden-Verfahren zur Bestimmung der elastischen Rückstellung
Deutsches Institut für Normung e.V., 1994

FGSV-KOMMENTAR-GRUPPE „ASPHALTSTRASSEN"
Fall 113,
Kornverkleinerung in der Randzone von Bohrkernen
in: Kommentare und Anregungen zu Technischen Regelwerken und Bauvertragstexten für Asphalt im Straßenbau, 1966

FGSV-KOMMENTAR-GRUPPE „ASPHALTSTRASSEN"
Fall 155,
Bindemittelentzug in der Schnittfläche von Bohrkernen
in: Kommentare und Anregungen zu Technischen Regelwerken und Bauvertragstexten für Asphalt im Straßenbau, 1967

FGSV-KOMMENTAR-GRUPPE „ASPHALTSTRASSEN"
Fall 356
Untersuchung der ursprünglichen Mischguteigenschaften an Mischgut von Bohrkernen
in: Kommentare und Anregungen zu Technischen Regelwerken und Bauvertragstexten für Asphalt im Straßenbau, 1978

FGSV-KOMMENTAR-GRUPPE „ASPHALTSTRASSEN"
Fall 470
Bohrkern-Durchschnittsproben gemäß DIN 1996 Teil 2
in: Kommentare und Anregungen zu Technischen Regelwerken und Bauvertragstexten für Asphalt im Straßenbau, 1983

FGSV-KOMMENTAR-GRUPPE „ASPHALTSTRASSEN"
Fall 471
Bindemittelgehaltsbestimmung an Bohrkernen einschließlich Randzonen
in: Kommentare und Anregungen zu Technischen Regelwerken und Bauvertragstexten für Asphalt im Straßenbau, 1983

FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRASSEN- UND VERKEHSRSWESEN
Neue Qualitätsstandards im Straßenbau ?
FGSV-Kolloquium, Mannheim 1986
Kirchbaum-Verlag, Heft 4, Bonn, 1987

FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRASSEN- UND VERKEHSRSWESEN
Qualitätssicherung im Straßenbau
FGSV-Kolloquium, Seeheim 1984
FGSV-Verlag, Köln, 1984

JUNGHÄNEL, J.
Die mechanische Probenahme am Deckenfertiger
in: Asphaltstraße, Heft 5, 1988

KOMMENTAR ZUR ZTV ASPHALT-STB 01
Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Fahrbahndecken aus Asphalt unter Berücksichtigung der neuen Technischen Regelwerke
Kirchbaum-Verlag, Bonn, 2003

MERKBLATT ÜBER DIE STATISTISCHE AUSWERTUNG VON PRÜFERGEBNISSEN
Teil 1, Grundlagen zur Präzision von Prüfverfahren
FGSV-Verlag, Köln, 2000

MERKBLATT ÜBER DIE STATISTISCHE AUSWERTUNG VON PRÜFERGEBNISSEN
Teil 2, Behandlung von abweichenden Messwerten (Ausreißern)
FGSV-Verlag, Köln, 1978

URBAN, R.
Von der Kontrolle zum Management - Die Entwicklung der Qualitätssicherung im deutschen Straßenbau nach 1945
in: Straße und Autobahn 47, Heft 7, 1996

RAP STRA
Richtlinie für die Anerkennung von Prüfstellen für Baustoffe und Baustoffgemische und Ergänzende Hinweise zum Anerkennungsverfahren
FGSV-Verlag, Köln 1998/2000

REINBOTH, K.
Qualitätssicherung für Asphalt im Straßenbau - Ein Streifzug durch die Entwicklung der letzten 50 Jahre - Teil 1
in: Straße und Autobahn, Heft 2 und 5, 2003

RENKEN, P., DRÖGE C.
Überprüfung der Toleranzen für Bindemittelgehalt und Korngrößenverteilung gemäß ZTV Asphalt-StB und ZTVT-StB
Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 838
Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Bonn, 2002

TL G ASPHALT-STB
Technische Lieferbedingungen für Asphalt im Straßenbau, Teil: Güteüberwachung, Ausgabe 2001
FGSV-Verlag, Köln, 2001

VERDINGUNGSORDNUNG FÜR BAULEISTUNGEN (VOB) TEIL C:
Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV), DIN
Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe 2000

WEINERT, F.
Zur Problematik der Prüfung von Asphalt an Bohrkernmaterial in Bezug auf Korngrößenverteilung und Bindemittelgehalt
in: Verein der Straßenbau- und Verkehrsingenieure im Freistaat Sachsen e.V., Seite 91-93, Dresden, 2000

ZICHNER, G.
Die Bedeutung der Probenahme bei der Prüfung im bituminösen Straßenbau
in: Straße und Autobahn, Heft 5, 1965

ZTV ASPHALT-STB 01
Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Fahrbahndecken aus Asphalt Ausgabe 2001
FGSV-Verlag, Köln 2001

ZTV LW 99/01
Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für die Befestigung ländlicher Wege, Ausgabe 1999/Fassung 2001
FGSV-Verlag, Köln 2001

ZTV-STB LAS ST 96
Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen Sachsen-Anhalt
Sachsen-Anhalt, 2001

ZTV/ST-HMB. 01
Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen der Stadt Hamburg
Hamburg, 2001

ZTVT-STB 95/02
Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Tragschichten
FGSV-Verlag, Köln, Ausgabe 1995, Fassung 2002

## Abbildungsverzeichnis


Abbildung 3-1: Vereinfachtes Schema des Qualitätssicherungssystems nach ZTV Asphalt-StB 01

Abbildung 3-2: Ablaufschema für die Probenahme und Prüfung von Asphaltmischgut nach DIN 1996, Blatt 1

Abbildung 4-1: Einflussgrößen auf das Ergebnis von Kontrollprüfungen (Foto: eigene Quelle)

Abbildung 4-2: Anordnung der Entnahmeprofile für die Probenahme von Bohrkernen und Mischgut (schematische Darstellung)

Abbildung 4-3: Versuchsprogramm zur Auswertung der Ergebnisse

Abbildung 5-1: Asphaltoberbau der Untersuchungsstrecken

Abbildung 5-2 : Probeteilung von Mischgut gemäß DIN 1996, Blatt 2 (Foto: eigene Quelle)

Abbildung 5-3: Entmischtes Asphaltbindermischgut im Verteilerkübel eines Straßenfertigers (Foto: eigene Quelle)

Abbildung 5-4 : Entmischtes Asphaltbindermischgut an der Verteilerbohle (Foto: eigene Quelle)

Abbildung 5-5 : Probenahme von Splittmastixasphalt an der Verteilerbohle (Foto: eigene Quelle)

Abbildung 6-1: Vergleich der Probenahmeverfahren – Korngrößenverteilung - Fülleranteil (< 0,09 mm)

Abbildung 6-2: Vergleich der Probenahmeverfahren - Korngrößenverteilung - Sandanteil (0,09 bis 2,0 mm)

Abbildung 6-3: Vergleich der Probenahmeverfahren - Korngrößenverteilung - Splittanteil (> 2,0 mm)

Abbildung 6-4: Vergleich der Probenahmeverfahren - Korngrößenverteilung - Grobkornanteil

Abbildung 6-5: Vergleich der Probenahmeverfahren - Bindemittelgehalt

Abbildung 6-6: Vergleich der Probenahmeverfahren – Erweichungspunkt Ring und Kugel

Abbildung 6-7: Vergleich der Probenahmeverfahren – Raumdichte am Marshall-Probekörper/Probekörper

Abbildung 6-8: Vergleich der Probenahmeverfahren - Stabilität und Fliesswert

Abbildung 6-9: Vergleich der Probenahmeverfahren - Eindringtiefe am Probekörper

Abbildung 6-10: Vergleich der Probenahmeverfahren - Elastische Rückstellung an polymermodifizierten Bindemittel

Abbildung 6-11: Kornverfeinerungen und Kornanreicherungen der Kornklassen im Vergleich der Verteilerbohlenprobe und Bohrkerneinzelprobe für Splittmastixasphalt 0/11 S

Abbildung 6-12: Einfluss von Einbau, Verdichtung und Bohrkernprobenahme auf das Prüfergebnis des Füllergehaltes von Mischgut

Abbildung 6-13: Einfluss von Einbau, Verdichtung und Bohrkernprobenahme auf das Prüfergebnis des Sandgehaltes von Mischgut

Abbildung 6-14: Einfluss von Einbau, Verdichtung und Bohrkernprobenahme auf das Prüfergebnis des Splittgehaltes von Mischgut

Abbildung 6-15: Einfluss von Einbau, Verdichtung und Bohrkernprobenahme auf das Prüfergebnis des Grobkornanteils von Mischgut

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1: Vertragsbedingungen zu Kontrollprüfungen an Bohrkernen

Tabelle 3-2: Anforderungen an aus Bohrkernen gewonnenem Asphaltmischgut

Tabelle 3-3: Kommentare und Anregungen zur Durchführung der Kontrollprüfungen an Bohrkernen (FGSV)

Tabelle 4-1: Einflussmerkmale auf das Ergebnis der Kontrollprüfung

Tabelle 4-2: Prüfmerkmale der Fertigungsschritte Transport, Einbau, Verdichtung und Kontrollprüfung

Tabelle 4-3: Prüfungsarten zur Bestimmung der Asphaltkenndaten

Tabelle 5-1: Grunddaten der Untersuchungsstrecken

Tabelle 5-2: Einbaukenndaten der Untersuchungsstrecken

Tabelle 5-3: Zusätzliche Kenndaten aus den Eignungsprüfungen der Untersuchungsstrecken

Tabelle 6-1: Differenz der Fülleranteile im Vergleich der Probenahmeverfahren

Tabelle 6-2: Differenz der Sandanteile im Vergleich der Probenahmeverfahren

Tabelle 6-3: Differenz der Splittanteile im Vergleich der Probenahmeverfahren

Tabelle 6-4: Differenz der Grobkornanteile im Vergleich der Probenahmeverfahren

Tabelle 6-5: Differenz der Bindemittelgehalte im Vergleich der Probenahmeverfahren

Tabelle 6-6: Differenz der Hohlraumgehalte am Marshall-Probekörper im Vergleich der Probenahmeverfahren

Tabelle 6-7: Differenz der Raumdichten am Marshall-Probekörper/Probekörper im Vergleich der Probenahmeverfahren

Tabelle 6-8: Korrekturfaktoren für Ergebnisse an Kenndaten aus Splittmastixasphalt und Asphaltbeton wiedererwärmter Bohrkerne resultierend aus Anteilen an Abstreusplitt

Tabelle 6-9: Ergebnisse der Untersuchungen an präparativ zusammengesetzte Mischgutproben

Tabelle 6-10: Differenz der Ergebnisse aller Kenndaten im Vergleich der Messproben „Mischgut" und „BK-Platte"

Tabelle 6-11: Verdichtungsgrade der Probekörper „WSV-Platte" und „WSV-BK"

Tabelle 7-1: Vergleich der Fülleranteile von losem Mischgut mit Mischgut wiedererwärmter Bohrkerne

Tabelle 7-2: Vergleich der Sandanteile von losem Mischgut mit Mischgut wiedererwärmter Bohrkerne

Tabelle 7-3: Vergleich der Splittanteile von losem Mischgut mit Mischgut wiedererwärmter Bohrkerne

Tabelle 7-4: Vergleich der Grobkornanteile von losem Mischgut mit Mischgut wiedererwärmter Bohrkerne

Tabelle 7-5: Vergleich der Bindemittelgehalte von losem Mischgut mit Mischgut wiedererwärmter Bohrkerne

Tabelle 7-6: Gewichtung der Auswahlkriterien

Tabelle 7-7: Wertepunkte zur Bestimmung des Erreichungsgrades

Tabelle 7-8: Bewertung der Probenahmeverfahren

Tabelle 7-9: Ergebnis der Nutzwertanalyse

## Anlagenverzeichnis


| | |
|---|---|
| Anlage 1-1 bis 1-5 | Nachgestellte Eignungsprüfungen der zusätzlichen Laborversuche |
| Anlage 2-1 bis 2-10 | Ergebnisse der Mischgutkenndaten der Untersuchungsstrecken |
| Anlage 3-1 bis 3-4 | Ergebnisse der Einbau- und Verdichtungsleistung der Untersuchungsstrecken |
| Anlage 4-1 bis 4-3 | Verträglichkeitsuntersuchungen der Ergebnisse der Untersuchungsstrecken |
| Anlage 5-1 bis 5-6 | Verträglichkeitsuntersuchungen der Ergebnisse der zusätzlichen Laborversuche |
| Anlage 6-1 bis 6-3 | Kornverfeinerungen und Kornanreicherungen im Vergleich der Bohrkern- und Mischgutproben der in den zusätzlichen Laborversuchen untersuchten Asphaltgemische |

Anlage 1


**VERSUCHSANSTALT FÜR STRASSENWESEN**
AMTLICHE PRÜFSTELLE FÜR DAS STRASSENWESEN IN HESSEN
Technische Universität Darmstadt
Petersenstraße 30 — Telefon (+49 6151) 16-2686
64287 Darmstadt — Telefax (+49 6151) 16-4093


# EIGNUNGSPRÜFUNG

## EP 4SMA01-11-04

**Mischgutart:** Splittmastixasphalt 0/11 S, Bitumen 50/70

**Bauvorhaben:**

**Grundlagen:** ZTV Asphalt-StB 01

**Verwendungszweck:** Herstellung walzsektorverdichtete Probeplatten

### Mineralstoffzusammensetzung:

| | | M.-% | Lieferwerk |
|---|---|---|---|
| 1 Granitfüller | < 0,09 mm | 11,8 | Röhrig, Sonderbach |
| 2 Granitedelbrechsand | 0/2 mm | 9,0 | Röhrig, Sonderbach |
| 3 Gabbroedelsplitt | 2/5 mm | 10,9 | OHI, Niederbeerbach |
| 4 Gabbroedelsplitt | 5/8 mm | 19,0 | OHI, Niederbeerbach |
| 5 Granitedelsplitt | 8/11 mm | 49,0 | Röhrig, Sonderbach |
| 6 Gabbroedelsplitt | 11/16 mm | 0,0 | OHI, Niederbeerbach |
| 7 Gabbroedelsplitt | 16/22 mm | 0,0 | OHI, Niederbeerbach |
| 8 Gabbroedelsplitt | 22/32 mm | 0,0 | OHI, Niederbeerbach |

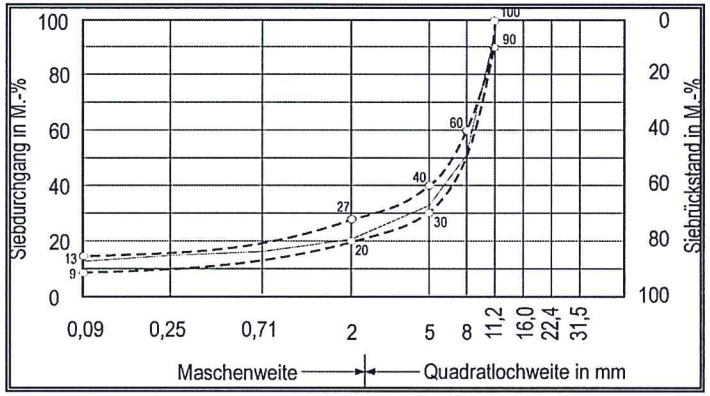
Brechsand-Natursand-Verhältnis: 1:0

**Bindemittel:**
Bitumen 50/70

### Siebanalyse der Gesteinskörnungen:

| Prüfsieb | | Siebdurchgang in M.-% | | | | | | | | | Anteile Masse -% | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | (Σ D.%) | | |
| 31,5 | mm | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | 100 | 100,0 | | |
| 22,4 | mm | .... | .... | .... | .... | .... | .... | 100 | 0 | 100,0 | | |
| 16,0 | mm | .... | .... | .... | .... | .... | 100 | 0 | .... | 100,0 | | |
| 11,2 | mm | .... | .... | .... | .... | 100 | 0 | .... | .... | 100,0 | Splitt | 79,4 |
| 8,0 | mm | .... | .... | .... | 100 | 0 | .... | .... | .... | 51,0 | | |
| 5,0 | mm | .... | 100 | 100 | 0 | .... | .... | .... | .... | 32,0 | | |
| 2,0 | mm | .... | 94 | 0 | .... | .... | .... | .... | .... | 20,6 | | |
| 0,71 | mm | .... | 49,4 | .... | .... | .... | .... | .... | .... | 16,5 | Sand | 8,5 |
| 0,25 | mm | .... | 28,7 | .... | .... | .... | .... | .... | .... | 14,7 | | |
| <0,09 | mm | 100 | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | 12,1 | Füller | 12,1 |

Mineralstoffrohdichte: 2,768 (g/cm³)




### Eigenschaften des Mischgutes:

| Mischung Nr.: | | A | B | C |
|---|---|---|---|---|
| Bindemittelart | | | 50/70 | |
| Bindemittelgehalt | (M.-%) | 6,4 | 6,7 | 7,0 |
| Bindemittelgehalt | (M.-T) | 6,84 | 7,18 | 7,53 |
| Erweichungspunkt Ring und Kugel | (°C) | --- | --- | --- |
| stab. Zusatzstoffgehalt (Technocel) | (M.-%) | | 0,3 | |
| Rohdichte (Mischgut) | (g/cm³) | 2,495 | 2,483 | 2,472 |
| Raumdichte (Marshallprobekörper) | (g/cm³) | 2,362 | 2,388 | 2,399 |
| Hohlraumgehalt ($H_{Bit}$) | (Vol.-%) | 5,3 | 3,8 | 2,9 |
| Hohlraumgehalt ($H_{MBit}$) | (Vol.-%) | 20,1 | 19,5 | 19,4 |
| Marshall-Stabilität bei 60°C | (kN) | --- | --- | --- |
| Marshall-Fließwert bei 60°C | (mm) | --- | --- | --- |
| Bindemittelvolumen (HB) | (Vol.-%) | 14,8 | 15,7 | 16,5 |
| Ausfüllungsgrad (HA) | (%) | 73,7 | 80,4 | 84,8 |
| Verdichtungstemperatur | (°C) | 135 | 135 | 135 |

**Zur Ausführung kommt die Mischgutzusammensetzung B**

A. 1.1

Anlage 1


**VERSUCHSANSTALT FÜR STRASSENWESEN**
AMTLICHE PRÜFSTELLE FÜR DAS STRASSENWESEN IN HESSEN
Technische Universität Darmstadt
Petersenstraße 30 — Telefon (+49 6151) 16-2686
64287 Darmstadt — Telefax (+49 6151) 16-4093


# EIGNUNGSPRÜFUNG

## EP 4AB01-11-04

**Mischgutart:** Asphaltbeton 0/11 S, Bitumen 50/70

**Bauvorhaben:**

**Grundlagen:** ZTV Asphalt-StB 01

**Verwendungszweck:** Herstellung walzsektorverdichtete Probeplatten

**Mineralstoffzusammensetzung:**

| | | M.-% | Lieferwerk |
|---|---|---|---|
| 1 Diabasfüller | < 0,09 mm | 8,0 | Jost. Altenkirchen |
| 2 Diabasedelbrechsand | 0/2 mm | 38,0 | Jost. Altenkirchen |
| 3 Diabasedelsplitt | 2/5 mm | 14,0 | Jost. Altenkirchen |
| 4 Diabasedelsplitt | 5/8 mm | 17,0 | Jost. Altenkirchen |
| 5 Diabasedelsplitt | 8/11 mm | 23,0 | Jost. Altenkirchen |
| 6 Diabasedelsplitt | 11/16 mm | 0,0 | Jost. Altenkirchen |
| 7 Diabasedelsplitt | 16/22 mm | 0,0 | Jost. Altenkirchen |
| 8 Diabasedelsplitt | 22/32 mm | 0,0 | Jost. Altenkirchen |

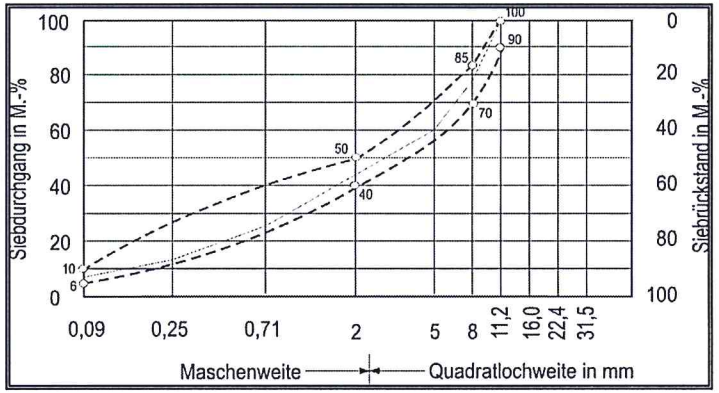
Brechsand-Natursand-Verhältnis: 1:0

**Bindemittel:**
Bitumen 50/70

**Siebanalyse der Gesteinskörnungen:**

| Prüfsieb | Siebdurchgang in M.-% | | | | | | | | | Anteile Masse -% | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | (Σ D.%) | | |
| 31,5 mm | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | 100 | 100,0 | | |
| 22,4 mm | .... | .... | .... | .... | .... | .... | 100 | 0 | 100,0 | | |
| 16,0 mm | .... | .... | .... | .... | .... | 100 | 0 | .... | 100,0 | | |
| 11,2 mm | .... | .... | .... | .... | 100 | 0 | .... | .... | 100,0 | Splitt | 56,2 |
| 8,0 mm | .... | .... | .... | 100 | 0 | .... | .... | .... | 77,0 | | |
| 5,0 mm | .... | 100 | 100 | 0 | .... | .... | .... | .... | 60,0 | | |
| 2,0 mm | .... | 94 | 0 | .... | .... | .... | .... | .... | 43,8 | | |
| 0,71 mm | .... | 47 | .... | .... | .... | .... | .... | .... | 25,8 | Sand | 36,9 |
| 0,25 mm | 100 | 15 | .... | .... | .... | .... | .... | .... | 13,7 | | |
| < 0,09 mm | 86,0 | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | 6,9 | Füller | 6,9 |

Mineralstoffrohdichte: 2,803 (g/cm³)




**Eigenschaften des Mischgutes:**

| Mischung Nr.: | | A | B | C |
|---|---|---|---|---|
| Bindemittelart | | 50/70 | | |
| Bindemittelgehalt | (M.-%) | 5,6 | 5,9 | 6,2 |
| Bindemittelgehalt | (M.-T) | 5,93 | 6,27 | 6,61 |
| Erweichungspunkt Ring und Kugel | (°C) | --- | --- | --- |
| stab. Zusatzstoffgehalt (Technocel) | (M.-%) | | --- | |
| Rohdichte (Mischgut) | (g/cm³) | 2,623 | 2,610 | 2,597 |
| Raumdichte (Marshallprobekörper) | (g/cm³) | 2,510 | 2,516 | 2,527 |
| Hohlraumgehalt ($H_{bit}$) | (Vol.-%) | 4,3 | 3,6 | 2,7 |
| Hohlraumgehalt ($H_{M\,bit}$) | (Vol.-%) | 18,1 | 18,2 | 18,1 |
| Marshall-Stabilität bei 60°C | (kN) | --- | --- | --- |
| Marshall-Fließwert bei 60°C | (mm) | --- | --- | --- |
| Bindemittelvolumen (HB) | (Vol.-%) | 13,8 | 14,6 | 15,4 |
| Ausfüllungsgrad (HA) | (%) | 76,2 | 80,2 | 85,1 |
| Verdichtungstemperatur | (°C) | 135 | 135 | 135 |

**Zur Ausführung kommt die Mischgutzusammensetzung B**

A. 1.2

Anlage 1


**VERSUCHSANSTALT FÜR STRASSENWESEN**
AMTLICHE PRÜFSTELLE FÜR DAS STRASSENWESEN IN HESSEN
Technische Universität Darmstadt
Petersenstraße 30 — Telefon (+49 6151) 16-2686
64287 Darmstadt — Telefax (+49 6151) 16-4093


# EIGNUNGSPRÜFUNG

## EP 4ABi01-16-04

**Mischgutart:** Asphaltbinder 0/16 S, Bitumen PmB 45 A

**Bauvorhaben:**

**Grundlagen:** ZTV Asphalt-StB 01

**Verwendungszweck:** Herstellung walzsektorverdichtete Probeplatten

**Mineralstoffzusammensetzung:**

| | | M.-% | Lieferwerk |
|---|---|---|---|
| 1 Granitfüller | < 0,09 mm | 7,0 | Röhrig, Sonderbach |
| 2 Granitedelbrechsand | 0/2 mm | 19,0 | Röhrig, Sonderbach |
| 3 Gabbroedelsplitt | 2/5 mm | 14,0 | OHI, Niederbeerbach |
| 4 Gabbroedelsplitt | 5/8 mm | 16,0 | OHI, Niederbeerbach |
| 5 Gabbroedelsplitt | 8/11 mm | 14,0 | OHI, Niederbeerbach |
| 6 Gabbroedelsplitt | 11/16 mm | 30,0 | OHI, Niederbeerbach |
| 7 Gabbroedelsplitt | 16/22 mm | 0,0 | OHI, Niederbeerbach |
| 8 Gabbroedelsplitt | 22/32 mm | 0,0 | OHI, Niederbeerbach |

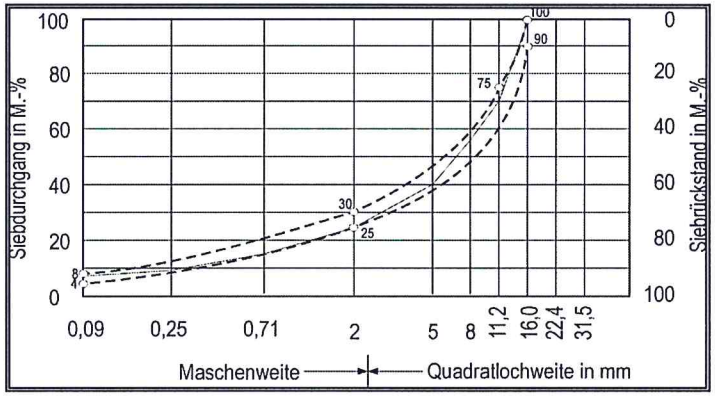
Brechsand-Natursand-Verhältnis: 1:0

**Bindemittel:**
PmB 45 A

**Siebanalyse der Gesteinskörnungen:**

| Prüfsieb | Siebdurchgang in M.-% | | | | | | | | | | Anteile Masse -% | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | | (Σ D.%) | | |
| 31,5 mm | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | 100 | | 100,0 | | |
| 22,4 mm | .... | .... | .... | .... | .... | .... | 100 | 0 | | 100,0 | | |
| 16,0 mm | .... | .... | .... | .... | .... | 100 | 0 | .... | | 100,0 | | |
| 11,2 mm | .... | .... | .... | .... | 100 | 0 | .... | .... | | 70,0 | Splitt | 75,1 |
| 8,0 mm | .... | .... | .... | 100 | 0 | .... | .... | .... | | 56,0 | | |
| 5,0 mm | .... | 100 | 100 | 0 | .... | .... | .... | .... | | 40,0 | | |
| 2,0 mm | .... | 94 | 0 | .... | .... | .... | .... | .... | | 24,9 | | |
| 0,71 mm | .... | 49,4 | .... | .... | .... | .... | .... | .... | | 16,4 | Sand | 17,9 |
| 0,25 mm | .... | 28,7 | .... | .... | .... | .... | .... | .... | | 12,5 | | |
| <0,09 mm | 100 | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | | 7,0 | Füller | 7,0 |

Mineralstoffrohdichte: 2,797 (g/cm³)




**Eigenschaften des Mischgutes:**

| Mischung Nr.: | | A | B | C |
|---|---|---|---|---|
| Bindemittelart | | PmB 45 A | | |
| Bindemittelgehalt | (M.-%) | 4,6 | 4,9 | 5,2 |
| Bindemittelgehalt | (M.-T) | 4,82 | 5,15 | 5,49 |
| Erweichungspunkt Ring und Kugel | (°C) | 62,8 | 62,8 | 62,8 |
| stab. Zusatzstoffgehalt (Technocel) | (M.-%) | --- | | |
| Rohdichte (Mischgut) | (g/cm³) | 2,589 | 2,577 | 2,565 |
| Raumdichte (Marshallprobekörper) | (g/cm³) | 2,383 | 2,403 | 2,415 |
| Hohlraumgehalt ($H_{bit}$) | (Vol.-%) | 8,0 | 6,7 | 5,8 |
| Hohlraumgehalt ($H_{M.bit}$) | (Vol.-%) | 18,7 | 18,3 | 18,1 |
| Marshall-Stabilität bei 60°C | (kN) | --- | --- | --- |
| Marshall-Fließwert bei 60°C | (mm) | --- | --- | --- |
| Bindemittelvolumen (HB) | (Vol.-%) | 10,7 | 11,5 | 12,3 |
| Ausfüllungsgrad (HA) | (%) | 57,3 | 63,1 | 67,8 |
| Verdichtungstemperatur | (°C) | 145 | 145 | 145 |

**Zur Ausführung kommt die Mischgutzusammensetzung B**

A. 1.3

Anlage 1


**VERSUCHSANSTALT FÜR STRASSENWESEN**
AMTLICHE PRÜFSTELLE FÜR DAS STRASSENWESEN IN HESSEN
Technische Universität Darmstadt
Petersenstraße 30 — Telefon (+49 6151) 16-2686
64287 Darmstadt — Telefax (+49 6151) 16-4093


# EIGNUNGSPRÜFUNG

## EP 4ABi01-22-04

**Mischgutart:** Asphaltbinder 0/22 S, Bitumen 30/45

**Bauvorhaben:**

**Grundlagen:** ZTV Asphalt-StB 01

**Verwendungszweck:** Herstellung walzsektorverdichtete Probeplatten

**Mineralstoffzusammensetzung:**

| | | M.-% | Lieferwerk |
|---|---|---|---|
| 1 Diabasfüller | < 0,09 mm | 7,0 | Jost. Altenkirchen |
| 2 Diabasedelbrechsand | 0/2 mm | 19,0 | Jost. Altenkirchen |
| 3 Diabasedelsplitt | 2/5 mm | 9,0 | Jost. Altenkirchen |
| 4 Diabasedelsplitt | 5/8 mm | 9,0 | Jost. Altenkirchen |
| 5 Diabasedelsplitt | 8/11 mm | 9,0 | Jost. Altenkirchen |
| 6 Diabasedelsplitt | 11/16 mm | 15,0 | Jost. Altenkirchen |
| 7 Diabasedelsplitt | 16/22 mm | 32,0 | Jost. Altenkirchen |
| 8 Diabasedelsplitt | 22/32 mm | 0,0 | Jost. Altenkirchen |

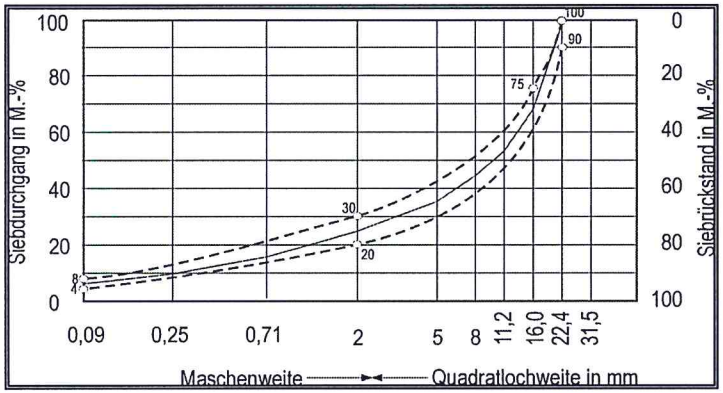
Brechsand-Natursand-Verhältnis: 1:0

**Bindemittel:**
30/45

**Siebanalyse der Gesteinskörnungen:**

| Prüfsieb | | Siebdurchgang in M.-% | | | | | | | | | Anteile Masse -% | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | (Σ D.%) | | |
| 31,5 | mm | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | 100 | 100,0 | | |
| 22,4 | mm | .... | .... | .... | .... | .... | .... | 100 | 0 | 100,0 | | |
| 16,0 | mm | .... | .... | .... | .... | .... | 100 | 0 | .... | 68,0 | | |
| 11,2 | mm | .... | .... | .... | .... | 100 | 0 | .... | .... | 53,0 | Splitt | 75,2 |
| 8,0 | mm | .... | .... | .... | 100 | 0 | .... | .... | .... | 44,0 | | |
| 5,0 | mm | .... | 100 | 100 | 0 | .... | .... | .... | .... | 35,0 | | |
| 2,0 | mm | .... | 94 | 0 | .... | .... | .... | .... | .... | 24,9 | | |
| 0,71 | mm | .... | 49,4 | .... | .... | .... | .... | .... | .... | 16,3 | Sand | 18,8 |
| 0,25 | mm | 100 | 28,7 | .... | .... | .... | .... | .... | .... | 12,5 | | |
| <0,09 | mm | 86 | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | 6,0 | Füller | 6,0 |

Mineralstoffrohdichte: 2,812 (g/cm³)




**Eigenschaften des Mischgutes:**

| Mischung Nr.: | | A | B | C |
|---|---|---|---|---|
| Bindemittelart | | 30/45 | | |
| Bindemittelgehalt | (M.-%) | 3,7 | 4,0 | 4,3 |
| Bindemittelgehalt | (M.-T) | 3,84 | 4,17 | 4,49 |
| Erweichungspunkt Ring und Kugel | (°C) | 58,5 | 58,5 | 58,5 |
| stab. Zusatzstoffgehalt (Technocel) | (M.-%) | -- | | |
| Rohdichte (Mischgut) | (g/cm³) | 2,652 | 2,627 | 2,602 |
| Raumdichte (Marshallprobekörper) | (g/cm³) | 2,449 | 2,475 | 2,505 |
| Hohlraumgehalt ($H_{Bit}$) | (Vol.-%) | 7,7 | 5,8 | 3,7 |
| Hohlraumgehalt ($H_{MBit}$) | (Vol.-%) | 16,5 | 15,5 | 14,3 |
| Marshall-Stabilität bei 60°C | (kN) | --- | --- | --- |
| Marshall-Fließwert bei 60°C | (mm) | --- | --- | --- |
| Bindemittelvolumen (HB) | (Vol.-%) | 8,9 | 9,7 | 10,6 |
| Ausfüllungsgrad (HA) | (%) | 53,7 | 62,6 | 73,9 |
| Verdichtungstemperatur | (°C) | 135 | 135 | 135 |

**Zur Ausführung kommt die Mischgutzusammensetzung B**

A. 1.4

Anlage 1


**VERSUCHSANSTALT FÜR STRASSENWESEN**
AMTLICHE PRÜFSTELLE FÜR DAS STRASSENWESEN IN HESSEN
Technische Universität Darmstadt
Petersenstraße 30 Telefon (+49 6151) 16-2686
64287 Darmstadt Telefax (+49 6151) 16-4093


# EIGNUNGSPRÜFUNG

## EP 4ATS01-32-04

**Mischgutart:** Asphalttragschicht 0/32 CS, Bitumen 50/70

**Bauvorhaben:**

**Grundlagen:** ZTVT-StB 95/02

**Verwendungszweck:** Herstellung walzsektorverdichtete Probeplatten

**Mineralstoffzusammensetzung:**

| | | M.-% | Lieferwerk |
|---|---|---|---|
| 1 Kalksteinfüller | < 0,09 mm | 6,5 | KWM, Medenbach |
| 2 Gabbroedelbrechsand | 0/2 mm | 28,5 | Röhrig, Sonderbach |
| 3 Gabbroedelsplitt | 2/5 mm | 2,0 | OHI, Niederbeerbach |
| 4 Gabbroedelsplitt | 5/8 mm | 7,0 | OHI, Niederbeerbach |
| 5 Gabbroedelsplitt | 8/11 mm | 10,0 | OHI, Niederbeerbach |
| 6 Gabbroedelsplitt | 11/16 mm | 13,0 | OHI, Niederbeerbach |
| 7 Gabbroedelsplitt | 16/22 mm | 16,0 | OHI, Niederbeerbach |
| 8 Gabbroedelsplitt | 22/32 mm | 17,0 | OHI, Niederbeerbach |

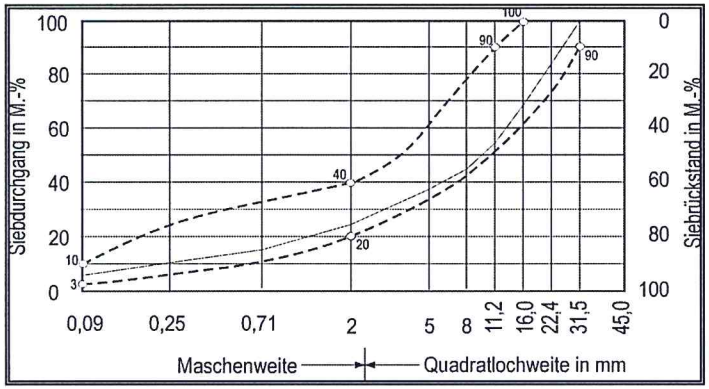
Brechsand-Natursand-Verhältnis: 1:0

**Bindemittel:**
Bitumen 50/70

**Siebanalyse der Gesteinskörnungen:**

| Prüfsieb | | Siebdurchgang in M.-% | | | | | | | | | (Σ D.%) | Anteile Masse -% | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | | | | |
| 31,5 | mm | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | 100 | | 100,0 | | |
| 22,4 | mm | .... | .... | .... | .... | .... | .... | 100 | 0 | | 83,0 | | |
| 16,0 | mm | .... | .... | .... | .... | .... | 100 | 0 | .... | | 67,0 | | |
| 11,2 | mm | .... | .... | .... | .... | 100 | 0 | .... | .... | | 54,0 | Splitt | 75,8 |
| 8,0 | mm | .... | .... | .... | 100 | 0 | .... | .... | .... | | 44,0 | | |
| 5,0 | mm | .... | 100 | 100 | 0 | .... | .... | .... | .... | | 37,0 | | |
| 2,0 | mm | .... | 62 | 0 | .... | .... | .... | .... | .... | | 24,2 | | |
| 0,71 | mm | .... | 31 | .... | .... | .... | .... | .... | .... | | 15,4 | Sand | 18,5 |
| 0,25 | mm | 100 | 13 | .... | .... | .... | .... | .... | .... | | 10,1 | | |
| <0,09 | mm | 87,1 | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | | 5,7 | Füller | 5,7 |

Mineralstoffrohdichte: 2,794 (g/cm³)




**Eigenschaften des Mischgutes:**

| Mischung Nr.: | | A | B | C |
|---|---|---|---|---|
| Bindemittelart | | 50/70 | | |
| Bindemittelgehalt | (M.-%) | 3,8 | 4,1 | 4,4 |
| Bindemittelgehalt | (M.-T) | 3,95 | 4,28 | 4,60 |
| Erweichungspunkt Ring und Kugel | (°C) | 51,1 | 50,5 | 50,1 |
| stab. Zusatzstoffgehalt (Technocel) | (M.-%) | --- | | |
| Rohdichte (Mischgut) | (g/cm³) | 2,624 | 2,608 | 2,591 |
| Raumdichte (Marshallprobekörper) | (g/cm³) | 2,459 | 2,462 | 2,469 |
| Hohlraumgehalt ($H_{BA}$) | (Vol.-%) | 6,3 | 5,6 | 4,7 |
| Hohlraumgehalt ($H_{MBA}$) | (Vol.-%) | 15,4 | 15,5 | 15,4 |
| Marshall-Stabilität bei 60°C | (kN) | 8,3 | 9,3 | 8,7 |
| Marshall-Fließwert bei 60°C | (mm) | 2,8 | 3,4 | 4,0 |
| Bindemittelvolumen (HB) | (Vol.-%) | 9,2 | 9,9 | 10,7 |
| Ausfüllungsgrad (HA) | (%) | 59,3 | 63,9 | 69,3 |
| Verdichtungstemperatur | (°C) | 135 | 135 | 135 |

**Zur Ausführung kommt die Mischgutzusammensetzung B**

A. 1.5

**Untersuchungsstrecke I**

| Angabe zur Mischanlage: B | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Probenahmeverfahren: | | | | | Ver (Kocherauslaufprobe) | | | | |
| Mischgutsorte: | | | | | GA 0/11 S | | | | |
| Art der Extraktion: | | | | | Automatenextraktion | | | | |
| Lösemittel: | | | | | Trichlorethen | | | | |
| Merkmal | | Profile | | | | Mittel-Wert | Standard-abweichung | Soll-Wert EP | Δ Mittel/ Soll-Wert |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Bindemittelgehalt | [M.-%] | 6,9 | 6,8 | 7,1 | 7,0 | 7,0 | 0,129 | 6,7 | 0,3 |
| Füllergehalt | [M.-%] | 24,0 | 24,3 | 26,7 | 25,4 | 25,1 | 1,225 | 27,6 | -2,5 |
| Sandgehalt | [M.-%] | 20,3 | 22,1 | 20,4 | 20,2 | 20,8 | 0,904 | 21,9 | -1,1 |
| Splittgehalt >2 mm | [M.-%] | 55,7 | 53,6 | 52,9 | 54,4 | 54,2 | 1,201 | 50,5 | 3,7 |
| Überkornanteil | [M.-%] | 2,4 | 0,5 | 1,2 | 0,7 | 1,2 | 0,852 | 1,7 | -0,5 |
| Grobkornanteil >8 mm | [M.-%] | 27,5 | 24,0 | 25,0 | 25,1 | 25,4 | 1,485 | 18,7 | 6,7 |
| Raumdichte PK $\rho_A$ | [g/cm³] | 2,530 | 2,539 | 2,535 | 2,529 | 2,533 | 0,005 | 2,562 | -0,029 |
| Marshall-Stabilität | [KN] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Marshall-Fliesswert | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Eindringtiefe Zunahme 30-60 min | [mm] | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,000 | 0,2 | 0,0 |
| Elastische Rückstellung | [%] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| EP RuK | [°C] | 70,2 | 69,4 | 69,2 | 69,8 | 69,6 | 0,427 | --- | --- |

*) Kocherauslaufprobe

**Untersuchungsstrecke I**

| Angabe zur Mischanlage: A | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Probenahmeverfahren: | | | | | Ver | | | | |
| Mischgutsorte: | | | | | ABi 0/22 S | | | | |
| Art der Extraktion: | | | | | Automatenextraktion | | | | |
| Lösemittel: | | | | | Trichlorethen | | | | |
| Merkmal | | Profile | | | | Mittel-Wert | Standard-abweichung | Soll-Wert EP | Δ Mittel/ Soll-Wert |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Bindemittelgehalt | [M.-%] | 4,6 | 4,6 | 4,4 | 4,3 | 4,5 | 0,150 | 4,4 | 0,1 |
| Füllergehalt | [M.-%] | 7,4 | 7,5 | 7,6 | 7,5 | 7,5 | 0,082 | 7,2 | 0,3 |
| Sandgehalt | [M.-%] | 22,0 | 22,4 | 20,9 | 19,4 | 21,2 | 1,343 | 21,7 | -0,5 |
| Splittgehalt >2 mm | [M.-%] | 70,6 | 70,1 | 71,5 | 73,1 | 71,3 | 1,318 | 71,1 | 0,2 |
| Überkornanteil | [M.-%] | 4,3 | 3,8 | 3,1 | 2,0 | 3,3 | 0,997 | 0,7 | 2,6 |
| Grobkornanteil >16 mm | [M.-%] | 29,2 | 24,4 | 25,6 | 27,1 | 26,6 | 2,069 | 28,6 | -2,0 |
| Raumdichte MPK $\rho_A$ | [g/cm³] | 2,517 | 2,548 | 2,521 | 2,521 | 2,527 | 0,014 | 2,546 | -0,019 |
| Marshall-Stabilität | [KN] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Marshall-Fliesswert | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Eindringtiefe Zunahme 30-60 min | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Elastische Rückstellung | [%] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| EP RuK | [°C] | 60,4 | 60,4 | 60,8 | 59,8 | 60,3 | 0,411 | --- | --- |

**Untersuchungsstrecke II**

| Angabe zur Mischanlage: F | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Probenahmeverfahren: | | | | | Ver | | | | |
| Mischgutsorte: | | | | | SMA 0/11 S | | | | |
| Art der Extraktion: | | | | | Automatenextraktion | | | | |
| Lösemittel: | | | | | Trichlorethen | | | | |
| Merkmal | | Profile | | | | Mittel-Wert | Standard-abweichung | Soll-Wert EP | Δ Mittel/ Soll-Wert |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Bindemittelgehalt | [M.-%] | 6,4 | 6,5 | 6,4 | 6,3 | 6,4 | 0,082 | 6,5 | -0,1 |
| Füllergehalt | [M.-%] | 10,6 | 10,8 | 10,1 | 11,0 | 10,6 | 0,386 | 10,7 | -0,1 |
| Sandgehalt | [M.-%] | 10,0 | 10,4 | 10,4 | 10,8 | 10,4 | 0,327 | 10,9 | -0,5 |
| Splittgehalt >2 mm | [M.-%] | 79,4 | 78,8 | 79,5 | 78,2 | 79,0 | 0,602 | 78,4 | 0,6 |
| Überkornanteil | [M.-%] | 3,2 | 4,5 | 7,2 | 3,8 | 4,7 | 1,765 | 2,9 | 1,8 |
| Grobkornanteil >8 mm | [M.-%] | 49,7 | 51,0 | 51,6 | 46,4 | 49,7 | 2,323 | 45,3 | 4,4 |
| Raumdichte MPK $\rho_A$ | [g/cm³] | 2,413 | 2,423 | 2,406 | 2,414 | 2,414 | 0,007 | 2,415 | -0,001 |
| Marshall-Stabilität | [KN] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Marshall-Fliesswert | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Eindringtiefe Zunahme 30-60 min | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Elastische Rückstellung | [%] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| EP RuK | [°C] | 58,8 | 57,8 | 58,0 | 57,6 | 58,0 | 0,523 | --- | --- |

**Untersuchungsstrecke II**

| Angabe zur Mischanlage: F | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Probenahmeverfahren: | | | | | Ver | | | | |
| Mischgutsorte: | | | | | ABi 0/16 S (PmB) | | | | |
| Art der Extraktion: | | | | | Automatenextraktion | | | | |
| Lösemittel: | | | | | Trichlorethen | | | | |
| Merkmal | | Profile | | | | Mittel-Wert | Standard-abweichung | Soll-Wert EP | Δ Mittel/ Soll-Wert |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Bindemittelgehalt | [M.-%] | 4,6 | 4,7 | 4,4 | 4,4 | 4,5 | 0,150 | 4,3 | 0,2 |
| Füllergehalt | [M.-%] | 6,5 | 6,6 | 6,3 | 6,1 | 6,4 | 0,222 | 5,4 | 1,0 |
| Sandgehalt | [M.-%] | 24,3 | 22,7 | 24,4 | 24,6 | 24,0 | 0,880 | 22,2 | 1,8 |
| Splittgehalt >2 mm | [M.-%] | 69,2 | 70,7 | 69,3 | 69,3 | 69,6 | 0,718 | 72,4 | -2,8 |
| Überkornanteil | [M.-%] | 1,0 | 3,6 | 2,1 | 2,1 | 2,2 | 1,068 | 2,2 | 0,0 |
| Grobkornanteil >11,2 mm | [M.-%] | 25,6 | 28,7 | 26,8 | 25,5 | 26,7 | 1,489 | 31,4 | -4,8 |
| Raumdichte MPK $\rho_A$ | [g/cm³] | 2,449 | 2,473 | 2,454 | 2,461 | 2,459 | 0,010 | 2,498 | -0,039 |
| Marshall-Stabilität | [KN] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Marshall-Fliesswert | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Eindringtiefe Zunahme 30-60 min | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Elastische Rückstellung | [%] | 40 | 44 | 40 | 42 | 41,5 | 1,915 | --- | --- |
| EP RuK | [°C] | 63,8 | 65,2 | 65,6 | 64,4 | 64,7 | 0,824 | --- | --- |

**Untersuchungsstrecke I**

| Angabe zur Mischanlage: H | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Probenahmeverfahren: | | | | | Ver | | | | |
| Mischgutsorte: | | | | | ATS 0/22 CS | | | | |
| Art der Extraktion: | | | | | Automatenextraktion | | | | |
| Lösemittel: | | | | | Trichlorethen | | | | |
| Merkmal | | Profile | | | | Mittel-Wert | Standard-abweichung | Soll-Wert EP | Δ Mittel/ Soll-Wert |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Bindemittelgehalt | [M.-%] | 4,0 | 4,1 | 4,5 | 4,3 | 4,2 | 0,222 | 4,0 | 0,2 |
| Füllergehalt | [M.-%] | 7,9 | 7,4 | 7,8 | 8,0 | 7,8 | 0,263 | 6,8 | 1,0 |
| Sandgehalt | [M.-%] | 21,0 | 21,6 | 23,0 | 22,4 | 22,0 | 0,879 | 22,3 | -0,3 |
| Splittgehalt >2 mm | [M.-%] | 71,1 | 71,0 | 69,2 | 69,6 | 70,2 | 0,967 | 70,9 | -0,7 |
| Überkornanteil | [M.-%] | 1,0 | 1,2 | 1,2 | 2,3 | 1,4 | 0,591 | 0,8 | 0,6 |
| Grobkornanteil >16 mm | [M.-%] | 10,0 | 14,0 | 11,9 | 11,7 | 11,9 | 1,639 | 11,0 | 0,9 |
| Raumdichte MPK $\rho_A$ | [g/cm³] | 2,462 | 2,504 | 2,510 | 2,516 | 2,498 | 0,024 | 2,529 | -0,031 |
| Marshall-Stabilität | [KN] | 10,7 | 10,4 | 10,2 | 11,2 | 10,6 | 0,414 | 11,5 | -0,9 |
| Marshall-Fliesswert | [mm] | 3,5 | 3,8 | 4,0 | 4,8 | 4,0 | 0,541 | 3,3 | 0,7 |
| Eindringtiefe Zunahme 30-60 min | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Elastische Rückstellung | [%] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| EP RuK | [°C] | 62,2 | 62,1 | 60,8 | 62,2 | 61,8 | 0,701 | --- | --- |

**Untersuchungsstrecke III**

| Angabe zur Mischanlage: G | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Probenahmeverfahren: | | | | | Ver | | | | |
| Mischgutsorte: | | | | | ABi 0/22 S (PmB) | | | | |
| Art der Extraktion: | | | | | Automatenextraktion | | | | |
| Lösemittel: | | | | | Trichlorethen | | | | |
| Merkmal | | Profile | | | | Mittel-Wert | Standard-abweichung | Soll-Wert EP | Δ Mittel/ Soll-Wert |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Bindemittelgehalt | [M.-%] | 4,1 | ---[1)] | 4,0 | 3,8 | 4,0 | 0,153 | 4,0 | 0,0 |
| Füllergehalt | [M.-%] | 6,9 | ---[1)] | 6,4 | 5,8 | 6,4 | 0,551 | 6,4 | 0,0 |
| Sandgehalt | [M.-%] | 21,8 | ---[1)] | 20,6 | 18,5 | 20,3 | 1,670 | 18,5 | 1,8 |
| Splittgehalt >2 mm | [M.-%] | 71,3 | ---[1)] | 73,0 | 75,7 | 73,3 | 2,219 | 75,1 | -1,8 |
| Überkornanteil | [M.-%] | 0,0 | ---[1)] | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,000 | 2,7 | -2,7 |
| Grobkornanteil >16 mm | [M.-%] | 28,5 | ---[1)] | 29,9 | 37,3 | 31,9 | 4,729 | 30,6 | 1,3 |
| Raumdichte MPK $\rho_A$ | [g/cm³] | 2,468 | ---[1)] | 2,456 | 2,453 | 2,459 | 0,008 | 2,468 | -0,009 |
| Marshall-Stabilität | [KN] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Marshall-Fliesswert | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Eindringtiefe Zunahme 30-60 min | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Elastische Rückstellung | [%] | 57,5 | ---[1)] | 67,5 | 65,0 | 63,3 | 5,204 | --- | --- |
| EP RuK | [°C] | 68,1 | ---[1)] | 67,9 | 66,0 | 67,3 | 1,159 | --- | --- |

[1)]: Ausreißer

**Untersuchungsstrecke I**

| Angabe zur Mischanlage: B | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Probenahmeverfahren: | | | | | Ver | | | | |
| Mischgutsorte: | | | | | ATS 0/32 CS 1A | | | | |
| Art der Extraktion: | | | | | Automatenextraktion | | | | |
| Lösemittel: | | | | | Trichlorethen | | | | |
| Merkmal | | Profile | | | | Mittel-Wert | Standard-abweichung | Soll-Wert EP | Δ Mittel/ Soll-Wert |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Bindemittelgehalt | [M.-%] | 4,3 | 4,1 | --- | --- | 4,2 | 0,141 | 3,8 | 0,4 |
| Füllergehalt | [M.-%] | 8,2 | 7,7 | --- | --- | 8,0 | 0,354 | 6,1 | 1,9 |
| Sandgehalt | [M.-%] | 25,8 | 25,0 | --- | --- | 25,4 | 0,566 | 22,5 | 2,9 |
| Splittgehalt >2 mm | [M.-%] | 66,0 | 67,3 | --- | --- | 66,7 | 0,919 | 71,4 | -4,8 |
| Überkornanteil | [M.-%] | 0,0 | 0,0 | --- | --- | 0,0 | 0,000 | 0,0 | 0,0 |
| Grobkornanteil >22,4 mm | [M.-%] | 6,0 | 9,8 | --- | --- | 7,9 | 2,687 | 22,5 | -14,6 |
| Raumdichte MPK $\rho_A$ | [g/cm³] | 2,579 | 2,573 | --- | --- | 2,576 | 0,004 | 2,511 | 0,065 |
| Marshall-Stabilität | [KN] | 11,5 | 12,0 | --- | --- | 11,8 | 0,354 | 12,5 | -0,8 |
| Marshall-Fliesswert | [mm] | 4,1 | 4,1 | --- | --- | 4,1 | 0,000 | 3,1 | 1,0 |
| Eindringtiefe Zunahme 30-60 min | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Elastische Rückstellung | [%] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| EP RuK | [°C] | 62,7 | 62,6 | --- | --- | 62,7 | 0,071 | --- | --- |

**Untersuchungsstrecke I**

| Angabe zur Mischanlage: C | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Probenahmeverfahren: | | | | | Ver | | | | |
| Mischgutsorte: | | | | | ATS 0/32 CS 1B | | | | |
| Art der Extraktion: | | | | | Automatenextraktion | | | | |
| Lösemittel: | | | | | Trichlorethen | | | | |
| Merkmal | | Profile | | | | Mittel-Wert | Standard-abweichung | Soll-Wert EP | Δ Mittel/ Soll-Wert |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Bindemittelgehalt | [M.-%] | --- | --- | 3,9 | 3,9 | 3,9 | 0,000 | 3,8 | 0,1 |
| Füllergehalt | [M.-%] | --- | --- | 6,8 | 6,9 | 6,9 | 0,071 | 7,8 | -1,0 |
| Sandgehalt | [M.-%] | --- | --- | 20,9 | 21,2 | 21,1 | 0,212 | 21,9 | -0,9 |
| Splittgehalt >2 mm | [M.-%] | --- | --- | 72,3 | 71,9 | 72,1 | 0,283 | 70,5 | 1,6 |
| Überkornanteil | [M.-%] | --- | --- | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,000 | 1,8 | -1,8 |
| Grobkornanteil >22,4 mm | [M.-%] | --- | --- | 15,8 | 11,4 | 13,6 | 3,111 | 16,9 | -3,3 |
| Raumdichte MPK $\rho_A$ | [g/cm³] | --- | --- | 2,553 | 2,540 | 2,547 | 0,009 | 2,585 | -0,038 |
| Marshall-Stabilität | [KN] | --- | --- | 11,2 | 11,2 | 11,2 | 0,000 | 11,0 | 0,2 |
| Marshall-Fliesswert | [mm] | --- | --- | 4,3 | 4,4 | 4,4 | 0,047 | 3,3 | 1,1 |
| Eindringtiefe Zunahme 30-60 min | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Elastische Rückstellung | [%] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| EP RuK | [°C] | --- | --- | 62,5 | 63,6 | 63,1 | 0,778 | --- | --- |

**Untersuchungsstrecke II**

| Angabe zur Mischanlage: D | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Probenahmeverfahren: | | | | | Ver | | | | |
| Mischgutsorte: | | | | | ATS 0/32 CS 2A | | | | |
| Art der Extraktion: | | | | | Automatenextraktion | | | | |
| Lösemittel: | | | | | Trichlorethen | | | | |
| Merkmal | | Profile | | | | Mittel-Wert | Standard-abweichung | Soll-Wert EP | Δ Mittel/ Soll-Wert |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Bindemittelgehalt | [M.-%] | 3,5 | 3,7 | --- | 3,6 | 3,6 | 0,100 | 3,9 | -0,3 |
| Füllergehalt | [M.-%] | 5,7 | 4,3 | --- | 4,1 | 4,7 | 0,872 | 5,5 | -0,8 |
| Sandgehalt | [M.-%] | 16,0 | 16,2 | --- | 19,6 | 17,3 | 2,023 | 19,9 | -2,6 |
| Splittgehalt >2 mm | [M.-%] | 78,3 | 79,5 | --- | 76,3 | 78,0 | 1,617 | 74,6 | 3,4 |
| Überkornanteil | [M.-%] | 0,0 | 0,0 | --- | 0,0 | 0,0 | 0,000 | 1,5 | -1,5 |
| Grobkornanteil >22,4 mm | [M.-%] | 13,5 | 12,0 | --- | 16,7 | 14,1 | 2,401 | 16,2 | -2,1 |
| Raumdichte MPK $\rho_A$ | [g/cm³] | 2,500 | 2,484 | --- | 2,478 | 2,488 | 0,011 | 2,469 | 0,019 |
| Marshall-Stabilität | [KN] | 14,2 | 12,0 | --- | 10,5 | 12,2 | 1,843 | 9,0 | 3,2 |
| Marshall-Fliesswert | [mm] | 3,1 | 3,9 | --- | 3,8 | 3,6 | 0,417 | 3,4 | 0,2 |
| Eindringtiefe Zunahme 30-60 min | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Elastische Rückstellung | [%] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| EP RuK | [°C] | 64,0 | 65,3 | --- | 63,0 | 64,1 | 1,151 | --- | --- |

**Untersuchungsstrecke II**

| Angabe zur Mischanlage: E | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Probenahmeverfahren: | | | | | Ver | | | | |
| Mischgutsorte: | | | | | ATS 0/32 CS 2B | | | | |
| Art der Extraktion: | | | | | Automatenextraktion | | | | |
| Lösemittel: | | | | | Trichlorethen | | | | |
| Merkmal | | Profile | | | | Mittel-Wert | Standard-abweichung | Soll-Wert EP | Δ Mittel/ Soll-Wert |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Bindemittelgehalt | [M.-%] | --- | --- | 4,0 | --- | --- | --- | 4,2 | --- |
| Füllergehalt | [M.-%] | --- | --- | 9,7 | --- | --- | --- | 8,8 | --- |
| Sandgehalt | [M.-%] | --- | --- | 20,5 | --- | | --- | 21,5 | --- |
| Splittgehalt >2 mm | [M.-%] | --- | --- | 69,8 | --- | --- | --- | 69,7 | --- |
| Überkornanteil | [M.-%] | --- | --- | 0,0 | --- | --- | --- | 0,0 | --- |
| Grobkornanteil >22,4 mm | [M.-%] | --- | --- | 10,2 | --- | --- | --- | 14,1 | --- |
| Raumdichte MPK $\rho_A$ | [g/cm³] | --- | --- | 2,480 | --- | --- | --- | 2,497 | --- |
| Marshall-Stabilität | [KN] | --- | --- | 12,0 | --- | --- | --- | 12,5 | --- |
| Marshall-Fliesswert | [mm] | --- | --- | 4,2 | --- | --- | --- | 2,6 | --- |
| Eindringtiefe Zunahme 30-60 min | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Elastische Rückstellung | [%] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| EP RuK | [°C] | --- | --- | 63,6 | --- | 63,6 | --- | --- | --- |

**Untersuchungsstrecke IV**

| Angabe zur Mischanlage: B | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Probenahmeverfahren: | | | | | Ver | | | | |
| Mischgutsorte: | | | | | AB 0/11 S | | | | |
| Art der Extraktion: | | | | | Automatenextraktion | | | | |
| Lösemittel: | | | | | Trichlorethen | | | | |
| Merkmal | | Profile | | | | Mittel-Wert | Standard-abweichung | Soll-Wert EP | Δ Mittel/ Soll-Wert |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Bindemittelgehalt | [M.-%] | 5,8 | 5,9 | 6,0 | 5,9 | 5,9 | 0,082 | 5,9 | 0,0 |
| Füllergehalt | [M.-%] | 9,1 | 8,7 | 9,3 | 8,5 | 8,9 | 0,365 | 7,7 | 1,2 |
| Sandgehalt | [M.-%] | 34,2 | 38,6 | 38,5 | 38,2 | 37,4 | 2,123 | 38,0 | -0,6 |
| Splittgehalt >2 mm | [M.-%] | 56,7 | 52,7 | 52,2 | 53,3 | 53,7 | 2,034 | 54,3 | -0,6 |
| Überkornanteil | [M.-%] | 4,0 | 3,0 | 2,6 | 2,8 | 3,1 | 0,622 | 1,7 | 1,4 |
| Grobkornanteil >8 mm | [M.-%] | 24,6 | 21,9 | 21,1 | 21,3 | 22,2 | 1,619 | 21,7 | 0,5 |
| Raumdichte MPK $\rho_A$ | [g/cm³] | 2,509 | 2,516 | 2,513 | 2,516 | 2,514 | 0,003 | 2,516 | -0,002 |
| Marshall-Stabilität | [KN] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Marshall-Fliesswert | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Eindringtiefe Zunahme 30-60 min | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Elastische Rückstellung | [%] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| EP RuK | [°C] | 49,8 | 49,6 | 50,1 | 50,7 | 50,0 | 0,466 | --- | --- |

[1]: Ausreißer

**Untersuchungsstrecke I**

| Angabe zur Mischanlage: A | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Probenahmeverfahren: | | | | | | DIN | | | |
| Mischgutsorte: | | | | | | ABi 0/22 S | | | |
| Art der Extraktion: | | | | | | Automatenextraktion | | | |
| Lösemittel: | | | | | | Trichlorethen | | | |
| Merkmal | | Profile | | | | Mittel-Wert | Standard-abweichung | Soll-Wert EP | Δ Mittel/ Soll-Wert |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Bindemittelgehalt | [M.-%] | 4,3 | ---[1)] | 4,4 | 4,6 | 4,4 | 0,153 | 4,4 | 0,0 |
| Füllergehalt | [M.-%] | 7,2 | ---[1)] | 7,4 | 7,6 | 7,4 | 0,200 | 7,2 | 0,2 |
| Sandgehalt | [M.-%] | 18,7 | ---[1)] | 19,2 | 20,3 | 19,4 | 0,819 | 21,7 | -2,3 |
| Splittgehalt >2 mm | [M.-%] | 74,1 | ---[1)] | 73,4 | 72,1 | 73,2 | 1,015 | 71,1 | 2,1 |
| Überkornanteil | [M.-%] | 5,1 | ---[1)] | 4,2 | 0,0 | 3,1 | 2,722 | 0,7 | 2,4 |
| Grobkornanteil >16 mm | [M.-%] | 31,9 | ---[1)] | 30,9 | 30,6 | 31,1 | 0,681 | 28,6 | 2,5 |
| Raumdichte MPK $\rho_A$ | [g/cm³] | 2,515 | ---[1)] | 2,533 | 2,543 | 2,530 | 0,014 | 2,546 | -0,016 |
| Marshall-Stabilität | [KN] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Marshall-Fliesswert | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Eindringtiefe Zunahme 30-60 min | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Elastische Rückstellung | [%] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| EP RuK | [°C] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |

**Untersuchungsstrecke II**

| Angabe zur Mischanlage: F | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Probenahmeverfahren: | | | | | DIN | | | | |
| Mischgutsorte: | | | | | SMA 0/11 S | | | | |
| Art der Extraktion: | | | | | Automatenextraktion | | | | |
| Lösemittel: | | | | | Trichlorethen | | | | |
| Merkmal | | Profile | | | | Mittel-Wert | Standard-abweichung | Soll-Wert EP | Δ Mittel/ Soll-Wert |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Bindemittelgehalt | [M.-%] | 6,2 | 6,4 | 6,2 | 6,3 | 6,3 | 0,096 | 6,5 | -0,2 |
| Füllergehalt | [M.-%] | 10,5 | 11,2 | 10,6 | 10,8 | 10,8 | 0,310 | 10,7 | 0,1 |
| Sandgehalt | [M.-%] | 10,9 | 10,8 | 10,3 | 10,6 | 10,7 | 0,265 | 10,9 | -0,3 |
| Splittgehalt >2 mm | [M.-%] | 78,6 | 78,0 | 79,1 | 78,6 | 78,6 | 0,450 | 78,4 | 0,2 |
| Überkornanteil | [M.-%] | 5,1 | 5,6 | 4,8 | 6,0 | 5,4 | 0,532 | 2,9 | 2,5 |
| Grobkornanteil >8 mm | [M.-%] | 49,8 | 49,6 | 49,0 | 51,0 | 49,85 | 0,839 | 45,3 | 4,6 |
| Raumdichte MPK $\rho_A$ | [g/cm³] | 2,415 | 2,428 | 2,428 | 2,408 | 2,420 | 0,010 | 2,415 | 0,005 |
| Marshall-Stabilität | [KN] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Marshall-Fliesswert | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Eindringtiefe Zunahme 30-60 min | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Elastische Rückstellung | [%] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| EP RuK | [°C] | 58,0 | 58,4 | 58,2 | 58,0 | 58,1 | 0,206 | --- | --- |

**Untersuchungsstrecke II**

| Angabe zur Mischanlage: F | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Probenahmeverfahren: | | | | | DIN | | | | |
| Mischgutsorte: | | | | | ABi 0/16 S (PmB) | | | | |
| Art der Extraktion: | | | | | Automatenextraktion | | | | |
| Lösemittel: | | | | | Trichlorethen | | | | |
| Merkmal | | Profile | | | | Mittel-Wert | Standard-abweichung | Soll-Wert EP | Δ Mittel/ Soll-Wert |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Bindemittelgehalt | [M.-%] | ---[1)] | 4,4 | 4,5 | 4,4 | 4,4 | 0,058 | 4,3 | 0,1 |
| Füllergehalt | [M.-%] | ---[1)] | 6,2 | 6,3 | 6,4 | 6,3 | 0,100 | 5,4 | 0,9 |
| Sandgehalt | [M.-%] | ---[1)] | 20,6 | 22,1 | 21,7 | 21,5 | 0,777 | 22,2 | -0,7 |
| Splittgehalt >2 mm | [M.-%] | ---[1)] | 73,2 | 71,6 | 71,9 | 72,2 | 0,850 | 72,4 | -0,2 |
| Überkornanteil | [M.-%] | ---[1)] | 2,5 | 1,4 | 3,3 | 2,4 | 0,954 | 2,2 | 0,2 |
| Grobkornanteil >11,2 mm | [M.-%] | ---[1)] | 35,5 | 30,2 | 34,2 | 33,3 | 2,762 | 31,4 | 1,9 |
| Raumdichte MPK $\rho_A$ | [g/cm³] | ---[1)] | 2,467 | 2,460 | 2,444 | 2,457 | 0,012 | 2,498 | -0,041 |
| Marshall-Stabilität | [KN] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Marshall-Fliesswert | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Eindringtiefe Zunahme 30-60 min | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Elastische Rückstellung | [%] | ---[1)] | 46,0 | 47,0 | 49,0 | 47,3 | 1,528 | --- | --- |
| EP RuK | [°C] | ---[1)] | 64,8 | 66,0 | 66,8 | 65,9 | 1,004 | --- | --- |

**Untersuchungsstrecke I**

| Angabe zur Mischanlage: H | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Probenahmeverfahren: | | | | | DIN | | | | |
| Mischgutsorte: | | | | | ATS 0/22 CS | | | | |
| Art der Extraktion: | | | | | Automatenextraktion | | | | |
| Lösemittel: | | | | | Trichlorethen | | | | |
| Merkmal | | Profile | | | | Mittel-Wert | Standard-abweichung | Soll-Wert EP | Δ Mittel/ Soll-Wert |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Bindemittelgehalt | [M.-%] | 3,7 | ---[1)] | 3,9 | 4,0 | 3,9 | 0,153 | 4,0 | -0,1 |
| Füllergehalt | [M.-%] | 7,2 | ---[1)] | 6,9 | 7,3 | 7,1 | 0,208 | 6,8 | 0,3 |
| Sandgehalt | [M.-%] | 19,8 | ---[1)] | 20,0 | 20,4 | 20,1 | 0,306 | 22,3 | -2,2 |
| Splittgehalt >2 mm | [M.-%] | 73,0 | ---[1)] | 73,1 | 72,3 | 72,8 | 0,436 | 70,9 | 1,9 |
| Überkornanteil | [M.-%] | 0,0 | ---[1)] | 0,0 | 1,2 | 0,4 | 0,693 | 0,8 | -0,4 |
| Grobkornanteil >16 mm | [M.-%] | 15,3 | ---[1)] | 18,7 | 15,0 | 16,3 | 2,055 | 11,0 | 5,3 |
| Raumdichte MPK $\rho_A$ | [g/cm³] | 2,523 | ---[1)] | 2,507 | 2,501 | 2,510 | 0,011 | 2,529 | -0,019 |
| Marshall-Stabilität | [KN] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Marshall-Fliesswert | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Eindringtiefe Zunahme 30-60 min | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Elastische Rückstellung | [%] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| EP RuK | [°C] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |

**Untersuchungsstrecke III**

| Angabe zur Mischanlage: G | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Probenahmeverfahren: | | | | | DIN | | | | |
| Mischgutsorte: | | | | | ABi 0/22 S (PmB) | | | | |
| Art der Extraktion: | | | | | Automatenextraktion | | | | |
| Lösemittel: | | | | | Trichlorethen | | | | |
| Merkmal | | Profile | | | | Mittel-Wert | Standard-abweichung | Soll-Wert EP | Δ Mittel/ Soll-Wert |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Bindemittelgehalt | [M.-%] | 3,9 | 4,0 | 4,2 | 4,0 | 4,0 | 0,126 | 4,0 | 0,0 |
| Füllergehalt | [M.-%] | 6,3 | 5,9 | 6,5 | 5,6 | 6,1 | 0,403 | 6,4 | -0,3 |
| Sandgehalt | [M.-%] | 19,7 | 18,7 | 20,4 | 17,0 | 19,0 | 1,475 | 18,5 | 0,4 |
| Splittgehalt >2 mm | [M.-%] | 74,0 | 75,4 | 73,1 | 77,4 | 75,0 | 1,873 | 75,1 | -0,1 |
| Überkornanteil | [M.-%] | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,000 | 2,7 | -2,7 |
| Grobkornanteil >16 mm | [M.-%] | 30,6 | 34,4 | 26,6 | 27,5 | 29,8 | 3,527 | 30,6 | -0,8 |
| Raumdichte MPK $\rho_A$ | [g/cm³] | 2,442 | 2,447 | 2,482 | 2,451 | 2,455 | 0,018 | 2,468 | -0,013 |
| Marshall-Stabilität | [KN] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Marshall-Fliesswert | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Eindringtiefe Zunahme 30-60 min | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Elastische Rückstellung | [%] | 58,0 | 62,0 | 67,0 | 61,0 | 62,0 | 3,7 | --- | --- |
| EP RuK | [°C] | 69,2 | 67,6 | 68,3 | 68,2 | 68,3 | 0,660 | --- | --- |

[1)]: Ausreißer

**Untersuchungsstrecke I**

| Angabe zur Mischanlage: B | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Probenahmeverfahren: | | | | | | DIN | | | |
| Mischgutsorte: | | | | | | ATS 0/32 CS 1A | | | |
| Art der Extraktion: | | | | | | Automatenextraktion | | | |
| Lösemittel: | | | | | | Trichlorethen | | | |
| Merkmal | | Profile | | | | Mittel-Wert | Standard-abweichung | Soll-Wert EP | Δ Mittel/ Soll-Wert |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Bindemittelgehalt | [M.-%] | 3,4 | 3,6 | --- | --- | 3,5 | 0,141 | 3,8 | -0,3 |
| Füllergehalt | [M.-%] | 6,6 | 7,0 | --- | --- | 6,8 | 0,283 | 6,1 | 0,7 |
| Sandgehalt | [M.-%] | 19,7 | 20,6 | --- | --- | 20,2 | 0,636 | 22,5 | -2,4 |
| Splittgehalt >2 mm | [M.-%] | 73,7 | 72,4 | --- | --- | 73,1 | 0,919 | 71,4 | 1,7 |
| Überkornanteil | [M.-%] | 4,7 | 3,7 | --- | --- | 4,2 | 0,707 | 0,0 | 4,2 |
| Grobkornanteil >22,4 mm | [M.-%] | 19,3 | 22,4 | --- | --- | 20,9 | 2,192 | 22,5 | -1,7 |
| Raumdichte MPK $\rho_{A'}$ | [g/cm³] | 2,563 | 2,567 | --- | --- | 2,6 | 0,003 | 2,5 | 0,1 |
| Marshall-Stabilität | [KN] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Marshall-Fliesswert | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Eindringtiefe Zunahme 30-60 min | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Elastische Rückstellung | [%] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| EP RuK | [°C] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |

**Untersuchungsstrecke I**

| Angabe zur Mischanlage: C | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Probenahmeverfahren: | | | | | | DIN | | | |
| Mischgutsorte: | | | | | | ATS 0/32 CS 1B | | | |
| Art der Extraktion: | | | | | | Automatenextraktion | | | |
| Lösemittel: | | | | | | Trichlorethen | | | |
| Merkmal | | Profile | | | | Mittel-Wert | Standard-abweichung | Soll-Wert EP | Δ Mittel/ Soll-Wert |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Bindemittelgehalt | [M.-%] | --- | --- | 4,2 | 3,8 | 4,0 | 0,283 | 3,8 | 0,2 |
| Füllergehalt | [M.-%] | --- | --- | 7,6 | 6,8 | 7,2 | 0,566 | 7,8 | -0,6 |
| Sandgehalt | [M.-%] | --- | --- | 23,2 | 20,6 | 21,9 | 1,838 | 21,9 | 0,0 |
| Splittgehalt >2 mm | [M.-%] | --- | --- | 69,2 | 72,6 | 70,9 | 2,404 | 70,5 | 0,4 |
| Überkornanteil | [M.-%] | --- | --- | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,000 | 1,8 | -1,8 |
| Grobkornanteil >22,4 mm | [M.-%] | --- | --- | 12,7 | 19,2 | 16,0 | 4,596 | 16,9 | -0,9 |
| Raumdichte MPK $\rho_{A'}$ | [g/cm³] | --- | --- | 2,545 | 2,556 | 2,551 | 0,008 | 2,585 | -0,035 |
| Marshall-Stabilität | [KN] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Marshall-Fliesswert | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Eindringtiefe Zunahme 30-60 min | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Elastische Rückstellung | [%] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| EP RuK | [°C] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |

**Untersuchungsstrecke II**

| Angabe zur Mischanlage: D | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Probenahmeverfahren: | | | | | | DIN | | | |
| Mischgutsorte: | | | | | | ATS 0/32 CS 2A | | | |
| Art der Extraktion: | | | | | | Automatenextraktion | | | |
| Lösemittel: | | | | | | Trichlorethen | | | |
| Merkmal | | Profile | | | | Mittel-Wert | Standard-abweichung | Soll-Wert EP | Δ Mittel/ Soll-Wert |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Bindemittelgehalt | [M.-%] | 3,7 | 3,7 | --- | 3,4 | 3,6 | 0,173 | 3,9 | -0,3 |
| Füllergehalt | [M.-%] | 5,6 | 5,6 | --- | 5,0 | 5,4 | 0,346 | 5,5 | -0,1 |
| Sandgehalt | [M.-%] | 18 | 21,2 | --- | 19,2 | 19,5 | 1,617 | 19,9 | -0,4 |
| Splittgehalt >2 mm | [M.-%] | 76,4 | 73,2 | --- | 75,8 | 75,1 | 1,701 | 74,6 | 0,5 |
| Überkornanteil | [M.-%] | 3,8 | 0,0 | --- | 0,0 | 1,3 | 2,194 | 1,5 | -0,2 |
| Grobkornanteil >22,4 mm | [M.-%] | 10,6 | 10,4 | --- | 18,6 | 13,2 | 4,678 | 16,2 | -3,0 |
| Raumdichte MPK $\rho_{A'}$ | [g/cm³] | 2,501 | 2,491 | --- | 2,463 | 2,485 | 0,020 | 2,469 | 0,016 |
| Marshall-Stabilität | [KN] | 12,3 | 13,5 | --- | 10,4 | 12,1 | 1,566 | 9,0 | 3,1 |
| Marshall-Fliesswert | [mm] | 4,4 | 5,2 | --- | 4,1 | 4,6 | 0,555 | 3,4 | 1,2 |
| Eindringtiefe Zunahme 30-60 min | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Elastische Rückstellung | [%] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| EP RuK | [°C] | 65,4 | 65,0 | --- | 61,7 | 64,0 | 2,043 | --- | --- |

**Untersuchungsstrecke II**

| Angabe zur Mischanlage: E | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Probenahmeverfahren: | | | | | | DIN | | | |
| Mischgutsorte: | | | | | | ATS 0/32 CS 2B | | | |
| Art der Extraktion: | | | | | | Automatenextraktion | | | |
| Lösemittel: | | | | | | Trichlorethen | | | |
| Merkmal | | Profile | | | | Mittel-Wert | Standard-abweichung | Soll-Wert EP | Δ Mittel/ Soll-Wert |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Bindemittelgehalt | [M.-%] | --- | --- | 3,9 | --- | --- | --- | 4,2 | --- |
| Füllergehalt | [M.-%] | --- | --- | 9,3 | --- | --- | --- | 8,8 | --- |
| Sandgehalt | [M.-%] | --- | --- | 19,7 | --- | --- | --- | 21,5 | --- |
| Splittgehalt >2 mm | [M.-%] | --- | --- | 71,0 | --- | --- | --- | 69,7 | --- |
| Überkornanteil | [M.-%] | --- | --- | 3,1 | --- | --- | --- | 0,0 | --- |
| Grobkornanteil >22,4 mm | [M.-%] | --- | --- | 13,9 | --- | --- | --- | 14,1 | --- |
| Raumdichte MPK $\rho_{A'}$ | [g/cm³] | --- | --- | 2,509 | --- | --- | --- | 2,497 | --- |
| Marshall-Stabilität | [KN] | --- | --- | 13,7 | --- | --- | --- | 12,5 | --- |
| Marshall-Fliesswert | [mm] | --- | --- | 4,8 | --- | --- | --- | 2,6 | --- |
| Eindringtiefe Zunahme 30-60 min | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Elastische Rückstellung | [%] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| EP RuK | [°C] | --- | --- | 61,3 | --- | | --- | --- | --- |

**Untersuchungsstrecke IV**

| Angabe zur Mischanlage: B | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Probenahmeverfahren: | | | | | | DIN | | | |
| Mischgutsorte: | | | | | | AB 0/11 S | | | |
| Art der Extraktion: | | | | | | Automatenextraktion | | | |
| Lösemittel: | | | | | | Trichlorethen | | | |
| Merkmal | | Profile | | | | Mittel-Wert | Standard-abweichung | Soll-Wert EP | Δ Mittel/ Soll-Wert |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Bindemittelgehalt | [M.-%] | 5,8 | 5,8 | 5,9 | 6,0 | 5,9 | 0,096 | 5,9 | 0,0 |
| Füllergehalt | [M.-%] | 8,9 | 8,7 | 9,0 | 8,9 | 8,9 | 0,126 | 7,7 | 1,2 |
| Sandgehalt | [M.-%] | 35,1 | 37,8 | 37,7 | 37,2 | 37,0 | 1,261 | 38,0 | -1,0 |
| Splittgehalt >2 mm | [M.-%] | 56,0 | 53,5 | 53,3 | 53,9 | 54,2 | 1,242 | 54,3 | -0,1 |
| Überkornanteil | [M.-%] | 2,1 | 2,1 | 2,7 | 2,4 | 2,3 | 0,287 | 1,7 | 0,6 |
| Grobkornanteil >8 mm | [M.-%] | 22,6 | 23,9 | 22,9 | 22,2 | 22,9 | 0,726 | 21,7 | 1,2 |
| Raumdichte MPK $\rho_{A'}$ | [g/cm³] | 2,483 | 2,503 | 2,514 | 2,523 | 2,506 | 0,017 | 2,516 | -0,010 |
| Marshall-Stabilität | [KN] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Marshall-Fliesswert | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Eindringtiefe Zunahme 30-60 min | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Elastische Rückstellung | [%] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| EP RuK | [°C] | 51,1 | 50,7 | 49,6 | 48,1 | 49,9 | 1,343 | --- | --- |

[1]: Ausreißer

**Untersuchungsstrecke I**

| Angabe zur Mischanlage: B | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Probenahmeverfahren: | | | | | | BK Einzel | | | | |
| Mischgutsorte: | | | | | | GA 0/11 S | | | | |
| Art der Extraktion: Lösemittel: | | | | | | Automatenextraktion Trichlorethen | | | | |
| Merkmal | | Profile | | | | Mittel-Wert | Standard-abweichung | Soll-Wert EP | Δ Mittel/ Soll-Wert |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Bindemittelgehalt | [M.-%] | 7,0 | 7,1 | 6,9 | 7,0 | 7,0 | 0,082 | 6,7 | 0,3 |
| Füllergehalt | [M.-%] | 24,9 | 24,5 | 24,9 | 24,3 | 24,7 | 0,300 | 27,6 | -2,9 |
| Sandgehalt | [M.-%] | 21,8 | 22,6 | 21,7 | 21,9 | 22,0 | 0,408 | 21,9 | 0,1 |
| Splittgehalt >2 mm | [M.-%] | 53,3 | 52,9 | 53,4 | 53,8 | 53,4 | 0,370 | 50,5 | 2,9 |
| Überkornanteil | [M.-%] | 1,6 | 0,8 | 1,6 | 1,5 | 1,4 | 0,386 | 1,7 | -0,3 |
| Grobkornanteil >8 mm | [M.-%] | 21,1 | 22,4 | 22,4 | 24,3 | 22,6 | 1,318 | 18,7 | 3,9 |
| Raumdichte PK $\rho_A$ | [g/cm³] | 2,548 | 2,555 | 2,547 | 2,558 | 2,552 | 0,005 | 2,562 | -0,010 |
| Marshall-Stabilität | [KN] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Marshall-Fliesswert | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Eindringtiefe Zunahme 30-60 min | [mm] | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,050 | 0,2 | 0,0 |
| Elastische Rückstellung | [%] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| EP RuK | [°C] | 68,6 | 67,0 | 69,0 | 67,4 | 68,0 | 0,924 | --- | --- |

**Untersuchungsstrecke I**

| Angabe zur Mischanlage: A | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Probenahmeverfahren: | | | | | | BK Einzel | | | | |
| Mischgutsorte: | | | | | | ABi 0/22 S | | | | |
| Art der Extraktion: Lösemittel: | | | | | | Automatenextraktion Trichlorethen | | | | |
| Merkmal | | Profile | | | | Mittel-Wert | Standard-abweichung | Soll-Wert EP | Δ Mittel/ Soll-Wert |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Bindemittelgehalt | [M.-%] | 4,6 | 4,5 | 4,2 | 4,2 | 4,4 | 0,206 | 4,4 | 0,0 |
| Füllergehalt | [M.-%] | 9,1 | 8,6 | 7,9 | 7,4 | 8,3 | 0,751 | 7,2 | 1,1 |
| Sandgehalt | [M.-%] | 20,7 | 23,0 | 17,5 | 18,8 | 20,0 | 2,393 | 21,7 | -1,7 |
| Splittgehalt >2 mm | [M.-%] | 70,2 | 68,4 | 74,6 | 73,8 | 71,8 | 2,941 | 71,1 | 0,7 |
| Überkornanteil | [M.-%] | 3,9 | 0,0 | 1,7 | 5,5 | 2,8 | 2,419 | 0,7 | 2,1 |
| Grobkornanteil >16 mm | [M.-%] | 22,4 | 17,0 | 27,8 | 32,3 | 24,9 | 6,629 | 28,6 | -3,7 |
| Raumdichte MPK $\rho_A$ | [g/cm³] | 2,520 | 2,532 | 2,479 | 2,500 | 2,508 | 0,024 | 2,546 | -0,038 |
| Marshall-Stabilität | [KN] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Marshall-Fliesswert | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Eindringtiefe Zunahme 30-60 min | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Elastische Rückstellung | [%] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| EP RuK | [°C] | 57,8 | 57,6 | 59,2 | 57,2 | 57,9 | 0,880 | --- | --- |

**Untersuchungsstrecke II**

| Angabe zur Mischanlage: F | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Probenahmeverfahren: | | | | | | BK Einzel | | | | |
| Mischgutsorte: | | | | | | SMA 0/11 S | | | | |
| Art der Extraktion: Lösemittel: | | | | | | Automatenextraktion Trichlorethen | | | | |
| Merkmal | | Profile | | | | Mittel-Wert | Standard-abweichung | Soll-Wert EP | Δ Mittel/ Soll-Wert |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Bindemittelgehalt | [M.-%] | ---[1)] | 6,5 | 6,5 | 6,2 | 6,4 | 0,173 | 6,5 | -0,1 |
| Füllergehalt | [M.-%] | ---[1)] | 11,5 | 11,5 | 11,7 | 11,6 | 0,115 | 10,7 | 0,9 |
| Sandgehalt | [M.-%] | ---[1)] | 12,7 | 12,4 | 12,3 | 12,5 | 0,208 | 10,9 | 1,6 |
| Splittgehalt >2 mm | [M.-%] | ---[1)] | 75,8 | 76,1 | 76,0 | 76,0 | 0,153 | 78,4 | -2,4 |
| Überkornanteil | [M.-%] | ---[1)] | 2,9 | 4,2 | 3,1 | 3,4 | 0,700 | 2,9 | 0,5 |
| Grobkornanteil >8 mm | [M.-%] | ---[1)] | 39,6 | 42,5 | 39,6 | 40,6 | 1,674 | 45,3 | -4,7 |
| Raumdichte MPK $\rho_A$ | [g/cm³] | ---[1)] | 2,409 | 2,434 | 2,404 | 2,42 | 0,016 | 2,415 | 0,001 |
| Marshall-Stabilität | [KN] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Marshall-Fliesswert | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Eindringtiefe Zunahme 30-60 min | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Elastische Rückstellung | [%] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| EP RuK | [°C] | ---[1)] | 58,0 | 58,4 | 57,2 | 57,8 | 0,584 | --- | --- |

**Untersuchungsstrecke II**

| Angabe zur Mischanlage: F | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Probenahmeverfahren: | | | | | | BK Einzel | | | | |
| Mischgutsorte: | | | | | | ABi 0/16 S (PmB) | | | | |
| Art der Extraktion: Lösemittel: | | | | | | Automatenextraktion Trichlorethen | | | | |
| Merkmal | | Profile | | | | Mittel-Wert | Standard-abweichung | Soll-Wert EP | Δ Mittel/ Soll-Wert |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Bindemittelgehalt | [M.-%] | 4,3 | 4,2 | 4,5 | 4,5 | 4,4 | 0,150 | 4,3 | 0,1 |
| Füllergehalt | [M.-%] | 6,7 | 7,0 | 6,8 | 7,2 | 6,9 | 0,222 | 5,4 | 1,5 |
| Sandgehalt | [M.-%] | 20,6 | 20,5 | 23,0 | 25,6 | 22,4 | 2,412 | 22,2 | 0,2 |
| Splittgehalt >2 mm | [M.-%] | 72,7 | 72,5 | 70,2 | 67,2 | 70,7 | 2,565 | 72,4 | -1,8 |
| Überkornanteil | [M.-%] | 0,0 | 2.0 | 1,6 | 0,6 | 0,7 | 0,808 | 2,2 | -1,5 |
| Grobkornanteil >11,2 mm | [M.-%] | 30,1 | 33,4 | 27,1 | 23,7 | 28,6 | 4,145 | 31,4 | -2,8 |
| Raumdichte MPK $\rho_A$ | [g/cm³] | 2,452 | 2,464 | 2,453 | 2,448 | 2,454 | 0,007 | 2,498 | -0,044 |
| Marshall-Stabilität | [KN] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Marshall-Fliesswert | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Eindringtiefe Zunahme 30-60 min | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Elastische Rückstellung | [%] | 40,0 | 46,0 | 40,0 | 42,0 | 42,0 | 2,828 | --- | --- |
| EP RuK | [°C] | 63,4 | 63,4 | 65,8 | 64,6 | 64,3 | 1,158 | --- | --- |

**Untersuchungsstrecke I**

| Angabe zur Mischanlage: H | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Probenahmeverfahren: | | | | | | BK Einzel | | | | |
| Mischgutsorte: | | | | | | ATS 0/22 CS | | | | |
| Art der Extraktion: Lösemittel: | | | | | | Automatenextraktion Trichlorethen | | | | |
| Merkmal | | Profile | | | | Mittel-Wert | Standard-abweichung | Soll-Wert EP | Δ Mittel/ Soll-Wert |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Bindemittelgehalt | [M.-%] | 3,8 | ---[1)] | 4,3 | 4,0 | 4,0 | 0,252 | 4,0 | 0,0 |
| Füllergehalt | [M.-%] | 7,6 | ---[1)] | 8,2 | 7,7 | 7,8 | 0,321 | 6,8 | 1,0 |
| Sandgehalt | [M.-%] | 21,1 | ---[1)] | 22,5 | 20,2 | 21,3 | 1,159 | 22,3 | -1,0 |
| Splittgehalt >2 mm | [M.-%] | 71,3 | ---[1)] | 69,3 | 72,1 | 70,9 | 1,442 | 70,9 | 0,0 |
| Überkornanteil | [M.-%] | 2,0 | ---[1)] | 0,0 | 1,7 | 1,2 | 1,079 | 0,8 | 0,4 |
| Grobkornanteil >16 mm | [M.-%] | 12,0 | ---[1)] | 12,1 | 12,2 | 12,1 | 0,100 | 11,0 | 1,1 |
| Raumdichte MPK $\rho_A$ | [g/cm³] | 2,494 | ---[1)] | 2,536 | 2,541 | 2,524 | 0,026 | 2,529 | -0,005 |
| Marshall-Stabilität | [KN] | 12,0 | ---[1)] | 11,0 | 10,2 | 11,1 | 0,886 | 11,5 | -0,4 |
| Marshall-Fliesswert | [mm] | 4,1 | ---[1)] | 4,1 | 4,0 | 4,1 | 0,051 | 3,3 | 0,8 |
| Eindringtiefe Zunahme 30-60 min | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Elastische Rückstellung | [%] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| EP RuK | [°C] | 62,6 | ---[1)] | 60,6 | 61,2 | 61,4 | 1,020 | --- | --- |

**Untersuchungsstrecke III**

| Angabe zur Mischanlage: G | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Probenahmeverfahren: | | | | | | BK Einzel | | | | |
| Mischgutsorte: | | | | | | ABi 0/22 S (PmB) | | | | |
| Art der Extraktion: Lösemittel: | | | | | | Automatenextraktion Trichlorethen | | | | |
| Merkmal | | Profile | | | | Mittel-Wert | Standard-abweichung | Soll-Wert EP | Δ Mittel/ Soll-Wert |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Bindemittelgehalt | [M.-%] | 3,9 | 4,1 | 4,0 | 4,1 | 4,0 | 0,096 | 4,0 | 0,0 |
| Füllergehalt | [M.-%] | 6,9 | 6,4 | 6,8 | 6,5 | 6,7 | 0,238 | 6,4 | 0,3 |
| Sandgehalt | [M.-%] | 20,2 | 19,2 | 20,7 | 19,6 | 19,9 | 0,660 | 18,5 | 1,4 |
| Splittgehalt >2 mm | [M.-%] | 72,9 | 74,4 | 72,5 | 73,9 | 73,4 | 0,877 | 75,1 | -1,7 |
| Überkornanteil | [M.-%] | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,000 | 2,7 | -2,7 |
| Grobkornanteil >16 mm | [M.-%] | 26,5 | 27,1 | 26,3 | 29,3 | 27,3 | 1,376 | 30,6 | -3,3 |
| Raumdichte MPK $\rho_A$ | [g/cm³] | 2,419 | 2,452 | 2,459 | 2,463 | 2,448 | 0,020 | 2,468 | -0,020 |
| Marshall-Stabilität | [KN] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Marshall-Fliesswert | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Eindringtiefe Zunahme 30-60 min | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Elastische Rückstellung | [%] | 65,0 | 65,0 | 65,0 | 68,5 | 65,9 | 1,750 | --- | --- |
| EP RuK | [°C] | 71,3 | 69,5 | 69,6 | 68,4 | 69,7 | 1,175 | --- | --- |

[1)]: Ausreißer

**Untersuchungsstrecke I**

| Angabe zur Mischanlage: B | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Probenahmeverfahren: | | | | | | BK Einzel | | | | |
| Mischgutsorte: | | | | | | ATS 0/32 CS 1A | | | | |
| Art der Extraktion: | | | | | | Automatenextraktion | | | | |
| Lösemittel: | | | | | | Trichlorethen | | | | |
| Merkmal | | Profile | | | | Mittel-Wert | Standard-abweichung | Soll-Wert EP | Δ Mittel/ Soll-Wert |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Bindemittelgehalt | [M.-%] | 3,7 | 3,4 | --- | --- | 3,6 | 0,212 | 3,8 | -0,3 |
| Füllergehalt | [M.-%] | 7,1 | 6,4 | --- | --- | 6,8 | 0,495 | 6,1 | 0,7 |
| Sandgehalt | [M.-%] | 21,0 | 18,0 | --- | --- | 19,5 | 2,121 | 22,5 | -3,0 |
| Splittgehalt >2 mm | [M.-%] | 71,9 | 75,6 | --- | --- | 73,8 | 2,616 | 71,4 | 2,3 |
| Überkornanteil | [M.-%] | 0,0 | 0,0 | --- | --- | 0,0 | 0,000 | 0,0 | 0,0 |
| Grobkornanteil >22,4 mm | [M.-%] | 19,5 | 29,1 | --- | --- | 24,3 | 6,788 | 22,5 | 1,8 |
| Raumdichte MPK $\rho_{A'}$ | [g/cm³] | 2,579 | 2,543 | --- | --- | 2,561 | 0,026 | 2,511 | 0,050 |
| Marshall-Stabilität | [KN] | 12,5 | 13,7 | --- | --- | 13,1 | 0,825 | 12,5 | 0,6 |
| Marshall-Fliesswert | [mm] | 4,4 | 4,6 | --- | --- | 4,5 | 0,189 | 3,1 | 1,4 |
| Eindringtiefe Zunahme 30-60 min | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Elastische Rückstellung | [%] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| EP RuK | [°C] | 60,7 | 63,3 | --- | --- | 62,0 | 1,838 | --- | --- |

**Untersuchungsstrecke I**

| Angabe zur Mischanlage: C | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Probenahmeverfahren: | | | | | | BK Einzel | | | |
| Mischgutsorte: | | | | | | ATS 0/32 CS 1B | | | |
| Art der Extraktion: | | | | | | Automatenextraktion | | | |
| Lösemittel: | | | | | | Trichlorethen | | | |
| Merkmal | | Profile | | | | Mittel-Wert | Standard-abweichung | Soll-Wert EP | Δ Mittel/ Soll-Wert |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Bindemittelgehalt | [M.-%] | --- | --- | 3,4 | 3,6 | 3,5 | 0,141 | 3,8 | -0,3 |
| Füllergehalt | [M.-%] | --- | --- | 6,2 | 7,9 | 7,1 | 1,202 | 7,8 | -0,7 |
| Sandgehalt | [M.-%] | --- | --- | 19,7 | 22,9 | 21,3 | 2,263 | 21,9 | -0,6 |
| Splittgehalt >2 mm | [M.-%] | --- | --- | 74,1 | 69,2 | 71,7 | 3,465 | 70,5 | 1,2 |
| Überkornanteil | [M.-%] | --- | --- | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,000 | 1,8 | -1,8 |
| Grobkornanteil >22,4 mm | [M.-%] | --- | --- | 15,5 | 12,5 | 14,0 | 2,121 | 16,9 | -2,9 |
| Raumdichte MPK $\rho_{A'}$ | [g/cm³] | --- | --- | 2,551 | 2,564 | 2,558 | 0,009 | 2,585 | -0,027 |
| Marshall-Stabilität | [KN] | --- | --- | 11,0 | 11,2 | 11,1 | 0,118 | 11,0 | 0,1 |
| Marshall-Fliesswert | [mm] | --- | --- | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 0,024 | 3,3 | 1,2 |
| Eindringtiefe Zunahme 30-60 min | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Elastische Rückstellung | [%] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| EP RuK | [°C] | --- | --- | 61,2 | 61,7 | 61,4 | 0,389 | --- | --- |

**Untersuchungsstrecke II**

| Angabe zur Mischanlage: D | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Probenahmeverfahren: | | | | | | BK Einzel | | | |
| Mischgutsorte: | | | | | | ATS 0/32 CS 2A | | | |
| Art der Extraktion: | | | | | | Automatenextraktion | | | |
| Lösemittel: | | | | | | Trichlorethen | | | |
| Merkmal | | Profile | | | | Mittel-Wert | Standard-abweichung | Soll-Wert EP | Δ Mittel/ Soll-Wert |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Bindemittelgehalt | [M.-%] | 3,8 | 3,5 | --- | 3,5 | 3,6 | 0,173 | 3,9 | -0,3 |
| Füllergehalt | [M.-%] | 5,9 | 5,6 | --- | 5,3 | 5,6 | 0,300 | 5,5 | 0,1 |
| Sandgehalt | [M.-%] | 18 | 18,2 | --- | 21,9 | 19,4 | 2,196 | 19,5 | -0,1 |
| Splittgehalt >2 mm | [M.-%] | 76,1 | 76,2 | --- | 72,8 | 75,0 | 1,935 | 74,6 | 0,4 |
| Überkornanteil | [M.-%] | 0,0 | 0,0 | --- | 0,0 | 0,0 | 0,000 | 1,5 | -1,5 |
| Grobkornanteil >22,4 mm | [M.-%] | 13,5 | 11,2 | --- | 13,7 | 12,8 | 1,389 | 16,2 | -3,4 |
| Raumdichte MPK $\rho_{A'}$ | [g/cm³] | 2,523 | 2,476 | --- | 2,485 | 2,495 | 0,025 | 2,469 | 0,026 |
| Marshall-Stabilität | [KN] | 12,5 | 12,7 | --- | 11,3 | 12,2 | 0,726 | 9,0 | 3,2 |
| Marshall-Fliesswert | [mm] | 3,8 | 4,3 | --- | 4,4 | 4,2 | 0,299 | 3,4 | 0,8 |
| Eindringtiefe Zunahme 30-60 min | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Elastische Rückstellung | [%] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| EP RuK | [°C] | 61,5 | 65,1 | --- | 61,7 | 62,8 | 2,023 | --- | --- |

**Untersuchungsstrecke II**

| Angabe zur Mischanlage: E | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Probenahmeverfahren: | | | | | | DIN | | | |
| Mischgutsorte: | | | | | | ATS 0/32 CS 2B | | | |
| Art der Extraktion: | | | | | | Automatenextraktion | | | |
| Lösemittel: | | | | | | Trichlorethen | | | |
| Merkmal | | Profile | | | | Mittel-Wert | Standard-abweichung | Soll-Wert EP | Δ Mittel/ Soll-Wert |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Bindemittelgehalt | [M.-%] | --- | --- | 3,7 | --- | --- | --- | 4,2 | --- |
| Füllergehalt | [M.-%] | --- | --- | 8,8 | --- | --- | --- | 8,8 | --- |
| Sandgehalt | [M.-%] | --- | --- | 18,5 | --- | --- | --- | 21,5 | --- |
| Splittgehalt >2 mm | [M.-%] | --- | --- | 72,7 | --- | --- | --- | 69,7 | --- |
| Überkornanteil | [M.-%] | --- | --- | 0,0 | --- | --- | --- | 0,0 | --- |
| Grobkornanteil >22,4 mm | [M.-%] | --- | --- | 12,7 | --- | --- | --- | 14,1 | --- |
| Raumdichte MPK $\rho_{A'}$ | [g/cm³] | --- | --- | 2,467 | --- | --- | --- | 2,497 | --- |
| Marshall-Stabilität | [KN] | --- | --- | 13,0 | --- | --- | --- | 12,5 | --- |
| Marschell-Fliesswert | [mm] | --- | --- | 4,4 | --- | --- | --- | 2,6 | --- |
| Eindringtiefe Zunahme 30-60 min | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Elastische Rückstellung | [%] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| EP RuK | [°C] | --- | --- | 62,6 | --- | --- | --- | --- | --- |

**Untersuchungsstrecke IV**

| Angabe zur Mischanlage: B | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Probenahmeverfahren: | | | | | | BK Einzel | | | |
| Mischgutsorte: | | | | | | AB 0/11 S | | | |
| Art der Extraktion: | | | | | | Automatenextraktion | | | |
| Lösemittel: | | | | | | Trichlorethen | | | |
| Merkmal | | Profile | | | | Mittel-Wert | Standard-abweichung | Soll-Wert EP | Δ Mittel/ Soll-Wert |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Bindemittelgehalt | [M.-%] | 5,7 | 5,8 | 5,8 | 5,9 | 5,8 | 0,082 | 5,9 | -0,1 |
| Füllergehalt | [M.-%] | 9,4 | 9,3 | 9,3 | 9,7 | 9,4 | 0,189 | 7,7 | 1,7 |
| Sandgehalt | [M.-%] | 35 | 37,1 | 37,1 | 38,2 | 36,9 | 1,338 | 38,0 | -1,1 |
| Splittgehalt >2 mm | [M.-%] | 55,6 | 53,6 | 53,6 | 52,1 | 53,7 | 1,436 | 54,3 | -0,6 |
| Überkornanteil | [M.-%] | 2,3 | 1,0 | 1,0 | 3,6 | 2,0 | 1,245 | 1,7 | 0,3 |
| Grobkornanteil >8 mm | [M.-%] | 20,5 | 19,7 | 22,6 | 20,6 | 20,9 | 1,234 | 21,7 | -0,8 |
| Raumdichte MPK $\rho_{A'}$ | [g/cm³] | 2,513 | 2,524 | 2,526 | 2,539 | 2,526 | 0,011 | 2,516 | 0,010 |
| Marshall-Stabilität | [KN] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Marshall-Fliesswert | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Eindringtiefe Zunahme 30-60 min | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Elastische Rückstellung | [%] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| EP RuK | [°C] | 47,4 | 47,6 | 47,6 | 47,5 | 47,5 | 0,111 | --- | --- |

[1]: Ausreißer

**Untersuchungsstrecke I**

| Angabe zur Mischanlage: B | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Probenahmeverfahren: | | | | | | BK Durch | | | | |
| Mischgutsorte: | | | | | | GA 0/11 S | | | | |
| Art der Extraktion: | | | | | | Automatenextraktion | | | | |
| Lösemittel: | | | | | | Trichlorethen | | | | |
| Merkmal | | Profile | | | | Mittel-Wert | Standard-abweichung | Soll-Wert EP | Δ Mittel/ Soll-Wert |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Bindemittelgehalt | [M.-%] | 6,8 | 7,0 | 6,7 | 7,0 | 6,9 | 0,150 | 6,7 | 0,2 |
| Füllergehalt | [M.-%] | 23,9 | 24,0 | 23,9 | 24,3 | 24,0 | 0,189 | 27,6 | -3,6 |
| Sandgehalt | [M.-%] | 20,5 | 22,9 | 21,0 | 21,9 | 21,6 | 1,056 | 21,9 | -0,3 |
| Splittgehalt >2 mm | [M.-%] | 55,6 | 53,1 | 55,1 | 53,8 | 54,4 | 1,152 | 50,5 | 3,9 |
| Überkornanteil | [M.-%] | 1,5 | 1,0 | 0,6 | 1,5 | 1,2 | 0,436 | 1,7 | -0,6 |
| Grobkornanteil >8 mm | [M.-%] | 24,1 | 18,8 | 23,2 | 23,0 | 22,3 | 2,366 | 18,7 | 3,6 |
| Raumdichte PK $\rho_{A'}$ | [g/cm³] | 2,559 | 2,557 | 2,560 | 2,561 | 2,559 | 0,002 | 2,562 | -0,003 |
| Marshall-Stabilität | [KN] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Marshall-Fliesswert | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Eindringtiefe Zunahme 30-60 min | [mm] | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,050 | 0,2 | 0,0 |
| Elastische Rückstellung | [%] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| EP RuK | [°C] | 67,6 | 68,4 | 67,4 | 68,6 | 68,0 | 0,589 | --- | --- |

**Untersuchungsstrecke I**

| Angabe zur Mischanlage: A | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Probenahmeverfahren: | | | | | | BK Durch | | | | |
| Mischgutsorte: | | | | | | ABi 0/22 S | | | | |
| Art der Extraktion: | | | | | | Automatenextraktion | | | | |
| Lösemittel: | | | | | | Trichlorethen | | | | |
| Merkmal | | Profile | | | | Mittel-Wert | Standard-abweichung | Soll-Wert EP | Δ Mittel/ Soll-Wert |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Bindemittelgehalt | [M.-%] | 4,7 | 4,4 | 4,4 | 4,3 | 4,5 | 0,173 | 4,4 | 0,0 |
| Füllergehalt | [M.-%] | 8,5 | 8,6 | 8,0 | 7,9 | 8,3 | 0,351 | 7,2 | 1,1 |
| Sandgehalt | [M.-%] | 22,5 | 20,5 | 20,0 | 20,5 | 20,9 | 1,109 | 21,7 | -0,8 |
| Splittgehalt >2 mm | [M.-%] | 69,0 | 71,0 | 72,0 | 71,6 | 70,9 | 1,332 | 71,1 | -0,2 |
| Überkornanteil | [M.-%] | 0,0 | 0,0 | 3,6 | 1,7 | 1,3 | 1,715 | 0,7 | 0,6 |
| Grobkornanteil >16 mm | [M.-%] | 23,0 | 24,3 | 25,1 | 23,7 | 24,0 | 0,892 | 28,6 | -4,6 |
| Raumdichte MPK $\rho_{A'}$ | [g/cm³] | 2,515 | 2,519 | 2,518 | 2,511 | 2,516 | 0,003 | 2,546 | -0,030 |
| Marshall-Stabilität | [KN] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Marshall-Fliesswert | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Eindringtiefe Zunahme 30-60 min | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Elastische Rückstellung | [%] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| EP RuK | [°C] | 59,2 | 59,0 | 57,4 | 57,2 | 58,2 | 1,030 | --- | --- |

**Untersuchungsstrecke II**

| Angabe zur Mischanlage: F | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Probenahmeverfahren: | | | | | | BK Durch | | | | |
| Mischgutsorte: | | | | | | SMA 0/11 S | | | | |
| Art der Extraktion: | | | | | | Automatenextraktion | | | | |
| Lösemittel: | | | | | | Trichlorethen | | | | |
| Merkmal | | Profile | | | | Mittel-Wert | Standard-abweichung | Soll-Wert EP | Δ Mittel/ Soll-Wert |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Bindemittelgehalt | [M.-%] | 6,5 | 6,4 | 6,4 | 6,3 | 6,4 | 0,082 | 6,5 | -0,1 |
| Füllergehalt | [M.-%] | 11,3 | 11,6 | 10,9 | 11,1 | 11,2 | 0,299 | 10,7 | 0,5 |
| Sandgehalt | [M.-%] | 11,7 | 12,4 | 12,1 | 12,2 | 12,1 | 0,294 | 10,9 | 1,2 |
| Splittgehalt >2 mm | [M.-%] | 77,0 | 76,0 | 77,0 | 76,7 | 76,7 | 0,472 | 78,4 | -1,7 |
| Überkornanteil | [M.-%] | 5,5 | 2,9 | 2,7 | 2,3 | 3,4 | 1,455 | 2,9 | 0,5 |
| Grobkornanteil >8 mm | [M.-%] | 43,9 | 40,1 | 42,0 | 43,4 | 42,4 | 1,702 | 45,3 | -2,9 |
| Raumdichte MPK $\rho_{A'}$ | [g/cm³] | 2,434 | 2,440 | 2,436 | 2,415 | 2,431 | 0,011 | 2,415 | 0,016 |
| Marshall-Stabilität | [KN] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Marshall-Fliesswert | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Eindringtiefe Zunahme 30-60 min | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Elastische Rückstellung | [%] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| EP RuK | [°C] | 57,9 | 57,4 | 58,8 | 57,8 | 57,9 | 0,586 | --- | --- |

**Untersuchungsstrecke II**

| Angabe zur Mischanlage: F | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Probenahmeverfahren: | | | | | | BK Durch | | | | |
| Mischgutsorte: | | | | | | ABi 0/16 S (PmB) | | | | |
| Art der Extraktion: | | | | | | Automatenextraktion | | | | |
| Lösemittel: | | | | | | Trichlorethen | | | | |
| Merkmal | | Profile | | | | Mittel-Wert | Standard-abweichung | Soll-Wert EP | Δ Mittel/ Soll-Wert |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Bindemittelgehalt | [M.-%] | 4,5 | 4,2 | 4,5 | 4,5 | 4,4 | 0,150 | 4,3 | 0,1 |
| Füllergehalt | [M.-%] | 7,2 | 6,4 | 6,7 | 6,7 | 6,8 | 0,332 | 5,4 | 1,4 |
| Sandgehalt | [M.-%] | 22,7 | 20,7 | 22,7 | 23,1 | 22,3 | 1,083 | 22,2 | 0,1 |
| Splittgehalt >2 mm | [M.-%] | 70,1 | 72,9 | 70,6 | 70,2 | 71,0 | 1,318 | 72,4 | -1,5 |
| Überkornanteil | [M.-%] | 1,0 | 1,4 | 1,2 | 1,8 | 1,4 | 0,342 | 2,2 | -0,8 |
| Grobkornanteil >11,2 mm | [M.-%] | 24,6 | 32,1 | 27,8 | 22,5 | 26,8 | 4,180 | 31,4 | -4,7 |
| Raumdichte MPK $\rho_{A'}$ | [g/cm³] | 2,460 | 2,468 | 2,453 | 2,448 | 2,457 | 0,009 | 2,498 | -0,041 |
| Marshall-Stabilität | [KN] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Marshall-Fliesswert | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Eindringtiefe Zunahme 30-60 min | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Elastische Rückstellung | [%] | 46,0 | 47,0 | 45,0 | 45,0 | 45,8 | 0,957 | --- | --- |
| EP RuK | [°C] | 63,8 | 63,35 | 64,35 | 64,2 | 63,9 | 0,448 | --- | --- |

**Untersuchungsstrecke I**

| Angabe zur Mischanlage: H | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Probenahmeverfahren: | | | | | | BK Durch | | | | |
| Mischgutsorte: | | | | | | ATS 0/22 CS | | | | |
| Art der Extraktion: | | | | | | Automatenextraktion | | | | |
| Lösemittel: | | | | | | Trichlorethen | | | | |
| Merkmal | | Profile | | | | Mittel-Wert | Standard-abweichung | Soll-Wert EP | Δ Mittel/ Soll-Wert |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Bindemittelgehalt | [M.-%] | 3,9 | 3,9 | 4,2 | 4,2 | 4,1 | 0,173 | 4,0 | 0,1 |
| Füllergehalt | [M.-%] | 7,4 | 7,3 | 8,1 | 8,3 | 7,8 | 0,499 | 6,8 | 1,0 |
| Sandgehalt | [M.-%] | 20,5 | 20,3 | 22,5 | 21,9 | 21,3 | 1,071 | 22,3 | -1,0 |
| Splittgehalt >2 mm | [M.-%] | 72,1 | 72,4 | 69,4 | 69,8 | 70,9 | 1,544 | 70,9 | 0,0 |
| Überkornanteil | [M.-%] | 0,0 | 1,1 | 0,0 | 0,0 | 0,3 | 0,550 | 0,8 | -0,5 |
| Grobkornanteil >16 mm | [M.-%] | 12,5 | 16,4 | 10,6 | 10,9 | 12,6 | 2,667 | 11,0 | 1,6 |
| Raumdichte MPK $\rho_{A'}$ | [g/cm³] | 2,503 | 2,504 | 2,536 | 2,541 | 2,521 | 0,020 | 2,529 | -0,008 |
| Marshall-Stabilität | [KN] | 13,0 | 11,2 | 11,8 | 10,7 | 11,7 | 1,009 | 11,5 | 0,2 |
| Marshall-Fliesswert | [mm] | 4,4 | 4,4 | 4,5 | 4,7 | 4,5 | 0,135 | 3,3 | 1,2 |
| Eindringtiefe Zunahme 30-60 min | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Elastische Rückstellung | [%] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| EP RuK | [°C] | 61,8 | 61,2 | 60,0 | 60,0 | 60,7 | 0,900 | --- | --- |

**Untersuchungsstrecke III**

| Angabe zur Mischanlage: G | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Probenahmeverfahren: | | | | | | BK Durch | | | | |
| Mischgutsorte: | | | | | | ABi 0/22 S (PmB) | | | | |
| Art der Extraktion: | | | | | | Automatenextraktion | | | | |
| Lösemittel: | | | | | | Trichlorethen | | | | |
| Merkmal | | Profile | | | | Mittel-Wert | Standard-abweichung | Soll-Wert EP | Δ Mittel/ Soll-Wert |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Bindemittelgehalt | [M.-%] | 3,8 | 3,9 | 4,1 | 4,0 | 4,0 | 0,129 | 4,0 | 0,0 |
| Füllergehalt | [M.-%] | 6,2 | 6,1 | 6,5 | 6,2 | 6,3 | 0,173 | 6,4 | -0,1 |
| Sandgehalt | [M.-%] | 18,5 | 18,5 | 19,7 | 18,9 | 18,9 | 0,566 | 18,5 | 0,4 |
| Splittgehalt >2 mm | [M.-%] | 75,3 | 75,4 | 73,8 | 74,9 | 74,9 | 0,733 | 75,1 | -0,2 |
| Überkornanteil | [M.-%] | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,000 | 2,7 | -2,7 |
| Grobkornanteil >16 mm | [M.-%] | 28,9 | 34,6 | 30,0 | 34,1 | 31,9 | 2,872 | 30,6 | 1,3 |
| Raumdichte MPK $\rho_{A'}$ | [g/cm³] | 2,427 | 2,431 | 2,440 | 2,454 | 2,438 | 0,012 | 2,468 | -0,030 |
| Marshall-Stabilität | [KN] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Marshall-Fliesswert | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Eindringtiefe Zunahme 30-60 min | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Elastische Rückstellung | [%] | 57,5 | 67,5 | 65,0 | 70,0 | 67,5 | 5,401 | --- | --- |
| EP RuK | [°C] | 72,2 | 68,6 | 70,8 | 68,8 | 70,1 | 1,702 | --- | --- |

[1]: Ausreißer

**Untersuchungsstrecke I**

| Angabe zur Mischanlage: B | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Probenahmeverfahren: | | | | | | BK Durch | | | |
| Mischgutsorte: | | | | | | ATS 0/32 CS 1A | | | |
| Art der Extraktion: | | | | | | Automatenextraktion | | | |
| Lösemittel: | | | | | | Trichlorethen | | | |
| Merkmal | | Profile | | | | Mittel-Wert | Standard-abweichung | Soll-Wert EP | Δ Mittel/ Soll-Wert |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Bindemittelgehalt | [M.-%] | 3,7 | 3,4 | --- | --- | 3,6 | 0,212 | 3,8 | -0,3 |
| Füllergehalt | [M.-%] | 7,1 | 6,6 | --- | --- | 6,9 | 0,354 | 6,1 | 0,8 |
| Sandgehalt | [M.-%] | 21,1 | 18,5 | --- | --- | 19,8 | 1,838 | 22,5 | -2,7 |
| Splittgehalt >2 mm | [M.-%] | 71,9 | 74,9 | --- | --- | 73,4 | 2,121 | 71,4 | 2,0 |
| Überkornanteil | [M.-%] | 0,0 | 0,0 | --- | --- | 0,0 | 0,000 | 0,0 | 0,0 |
| Grobkornanteil >22,4 mm | [M.-%] | 20,2 | 28,3 | --- | --- | 24,3 | 5,728 | 22,5 | 1,8 |
| Raumdichte MPK $\rho_A$ | [g/cm³] | 2,558 | 2,563 | --- | --- | 2,561 | 0,004 | 2,511 | 0,049 |
| Marshall-Stabilität | [KN] | 11,5 | 11,2 | --- | --- | 11,3 | 0,236 | 12,5 | -1,2 |
| Marshall-Fliesswert | [mm] | 4,6 | 5,5 | --- | --- | 5,1 | 0,636 | 3,1 | 2,0 |
| Eindringtiefe Zunahme 30-60 min | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Elastische Rückstellung | [%] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| EP RuK | [°C] | 58,9 | 61,1 | --- | --- | 60,0 | 1,556 | --- | --- |

**Untersuchungsstrecke I**

| Angabe zur Mischanlage: C | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Probenahmeverfahren: | | | | | | BK Durch | | | |
| Mischgutsorte: | | | | | | ATS 0/32 CS 1B | | | |
| Art der Extraktion: | | | | | | Automatenextraktion | | | |
| Lösemittel: | | | | | | Trichlorethen | | | |
| Merkmal | | Profile | | | | Mittel-Wert | Standard-abweichung | Soll-Wert EP | Δ Mittel/ Soll-Wert |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Bindemittelgehalt | [M.-%] | --- | --- | 3,5 | 3,8 | 3,7 | 0,212 | 3,8 | -0,2 |
| Füllergehalt | [M.-%] | --- | --- | 7,6 | 7,3 | 7,5 | 0,212 | 7,8 | -0,4 |
| Sandgehalt | [M.-%] | --- | --- | 20,3 | 21,2 | 20,8 | 0,636 | 21,9 | -1,2 |
| Splittgehalt >2 mm | [M.-%] | --- | --- | 72,1 | 71,5 | 71,8 | 0,424 | 70,5 | 1,3 |
| Überkornanteil | [M.-%] | --- | --- | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,000 | 1,8 | -1,8 |
| Grobkornanteil >22,4 mm | [M.-%] | --- | --- | 16,3 | 15,4 | 15,9 | 0,636 | 16,9 | -1,1 |
| Raumdichte MPK $\rho_A$ | [g/cm³] | --- | --- | 2,558 | 2,565 | 2,562 | 0,005 | 2,585 | -0,023 |
| Marshall-Stabilität | [KN] | --- | --- | 11,7 | 12,5 | 12,1 | 0,589 | 11,0 | 1,1 |
| Marshall-Fliesswert | [mm] | --- | --- | 4,4 | 4,7 | 4,5 | 0,212 | 3,3 | 1,2 |
| Eindringtiefe Zunahme 30-60 min | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Elastische Rückstellung | [%] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| EP RuK | [°C] | --- | --- | 60,8 | 61,1 | 61,0 | 0,212 | --- | --- |

**Untersuchungsstrecke II**

| Angabe zur Mischanlage: D | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Probenahmeverfahren: | | | | | | BK Durch | | | |
| Mischgutsorte: | | | | | | ATS 0/32 CS 2A | | | |
| Art der Extraktion: | | | | | | Automatenextraktion | | | |
| Lösemittel: | | | | | | Trichlorethen | | | |
| Merkmal | | Profile | | | | Mittel-Wert | Standard-abweichung | Soll-Wert EP | Δ Mittel/ Soll-Wert |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Bindemittelgehalt | [M.-%] | 3,6 | 3,4 | --- | 3,7 | 3,6 | 0,153 | 3,9 | -0,3 |
| Füllergehalt | [M.-%] | 5,6 | 5,2 | --- | 5,9 | 5,6 | 0,351 | 5,5 | 0,1 |
| Sandgehalt | [M.-%] | 18,2 | 17,8 | --- | 20,2 | 18,7 | 1,286 | 19,9 | -1,2 |
| Splittgehalt >2 mm | [M.-%] | 76,2 | 77,0 | --- | 73,9 | 75,7 | 1,609 | 74,6 | 1,1 |
| Überkornanteil | [M.-%] | 0,0 | 0,0 | --- | 0,0 | 0,0 | 0,000 | 1,5 | -1,5 |
| Grobkornanteil >22,4 mm | [M.-%] | 10,8 | 11,6 | --- | 11,1 | 11,2 | 0,404 | 16,2 | -5,0 |
| Raumdichte MPK $\rho_A$ | [g/cm³] | 2,511 | 2,477 | --- | 2,485 | 2,491 | 0,018 | 2,469 | 0,022 |
| Marshall-Stabilität | [KN] | 13,7 | 11,0 | --- | 13,0 | 12,6 | 1,388 | 9,0 | 3,6 |
| Marshall-Fliesswert | [mm] | 4,9 | 5,3 | --- | 4,2 | 4,8 | 0,554 | 3,4 | 1,4 |
| Eindringtiefe Zunahme 30-60 min | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Elastische Rückstellung | [%] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| EP RuK | [°C] | 65,4 | 63,3 | --- | 65,3 | 64,6 | 1,198 | --- | --- |

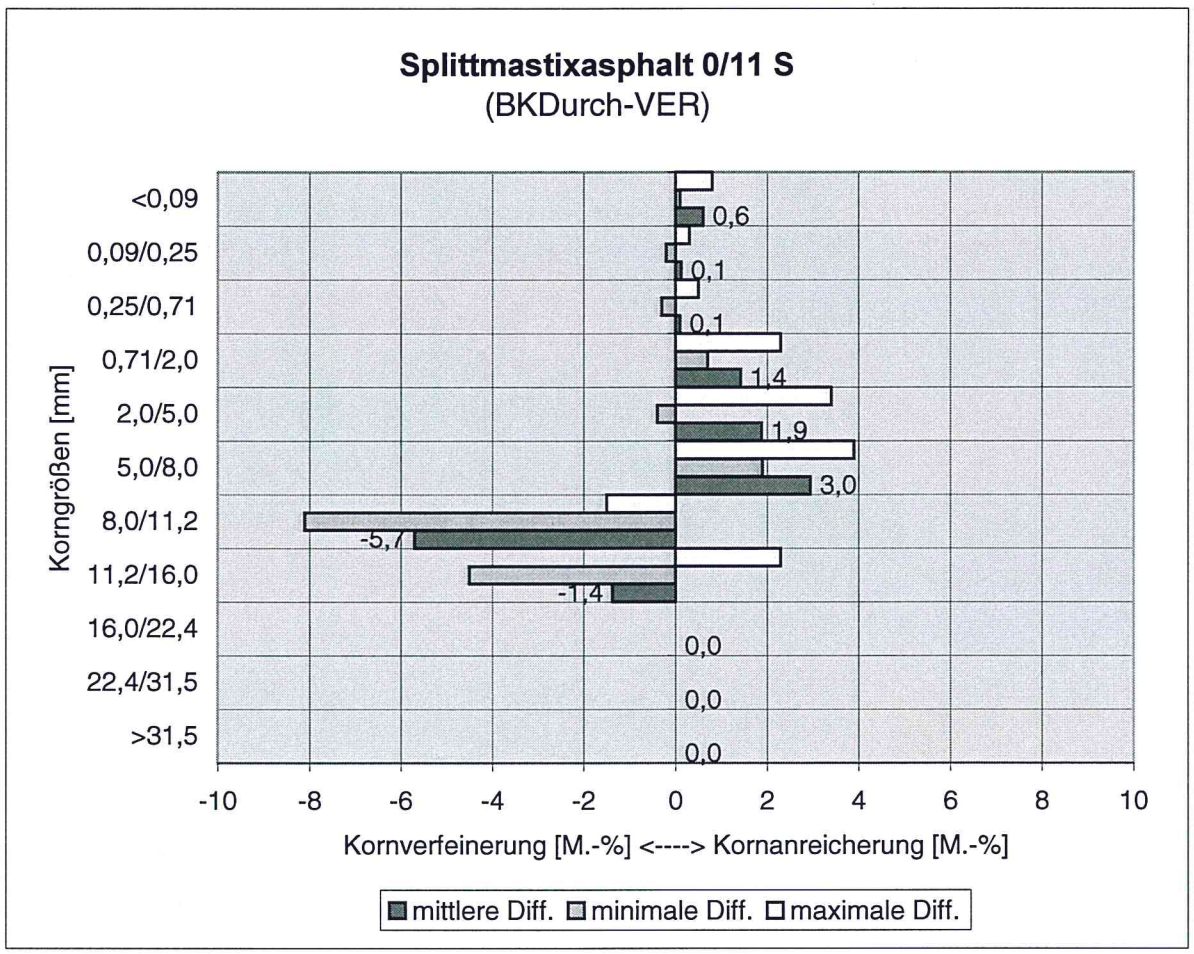
**Untersuchungsstrecke II**

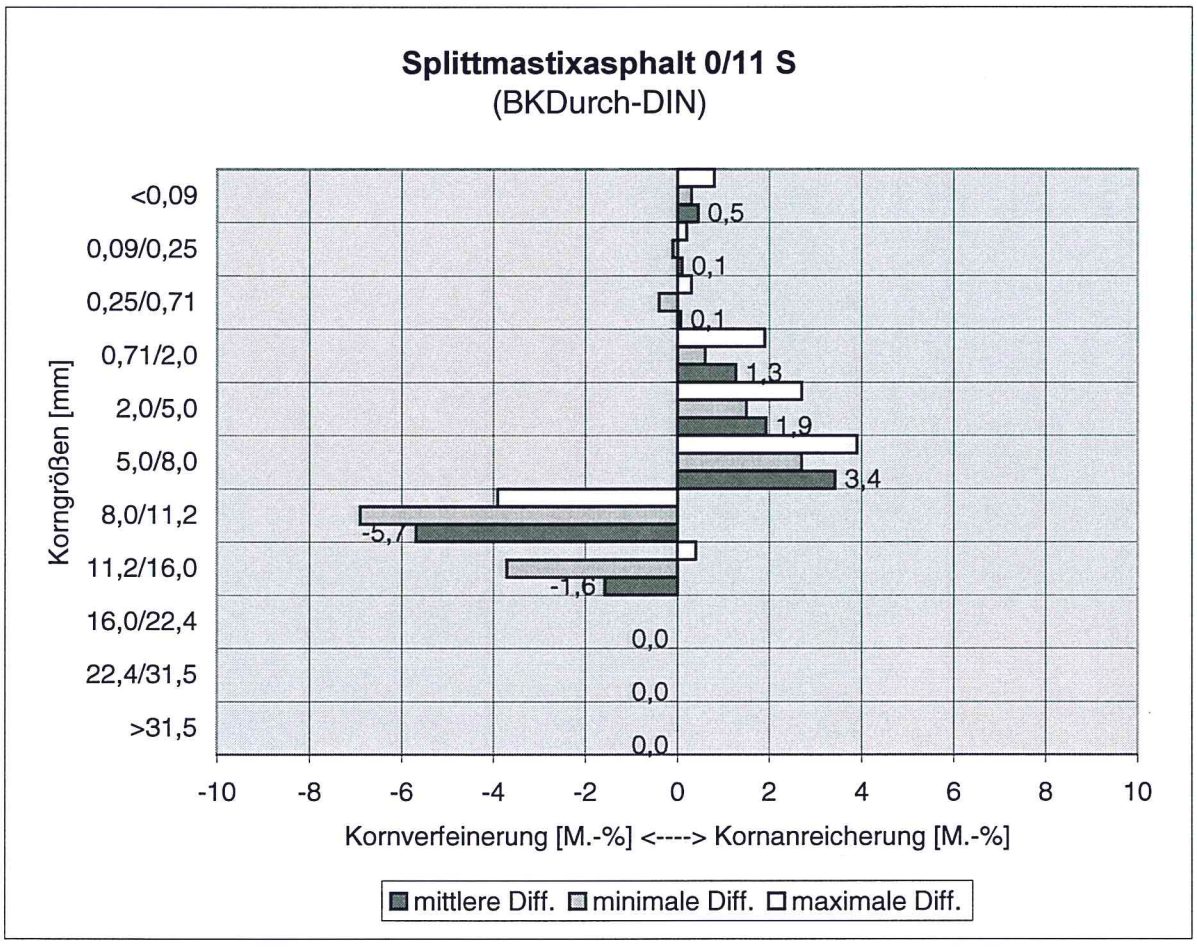
| Angabe zur Mischanlage: E | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Probenahmeverfahren: | | | | | | BK Durch | | | |
| Mischgutsorte: | | | | | | ATS 0/32 CS 2B | | | |
| Art der Extraktion: | | | | | | Automatenextraktion | | | |
| Lösemittel: | | | | | | Trichlorethen | | | |
| Merkmal | | Profile | | | | Mittel-Wert | Standard-abweichung | Soll-Wert EP | Δ Mittel/ Soll-Wert |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Bindemittelgehalt | [M.-%] | --- | --- | 3,7 | --- | --- | --- | 4,2 | --- |
| Füllergehalt | [M.-%] | --- | --- | 8,4 | --- | --- | --- | 8,8 | --- |
| Sandgehalt | [M.-%] | --- | --- | 20 | --- | --- | --- | 21,5 | --- |
| Splittgehalt >2 mm | [M.-%] | --- | --- | 71,6 | --- | --- | --- | 69,7 | --- |
| Überkornanteil | [M.-%] | --- | --- | 0,0 | --- | --- | --- | 0,0 | --- |
| Grobkornanteil >22,4 mm | [M.-%] | --- | --- | 11,1 | --- | --- | --- | 14,1 | --- |
| Raumdichte MPK $\rho_A$ | [g/cm³] | --- | --- | 2,491 | --- | --- | --- | 2,497 | --- |
| Marshall-Stabilität | [KN] | --- | --- | 13,0 | --- | --- | --- | 12,5 | --- |
| Marshall-Fliesswert | [mm] | --- | --- | 4,8 | --- | --- | --- | 2,6 | --- |
| Eindringtiefe Zunahme 30-60 min | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Elastische Rückstellung | [%] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| EP RuK | [°C] | --- | --- | 64,3 | --- | | --- | --- | --- |

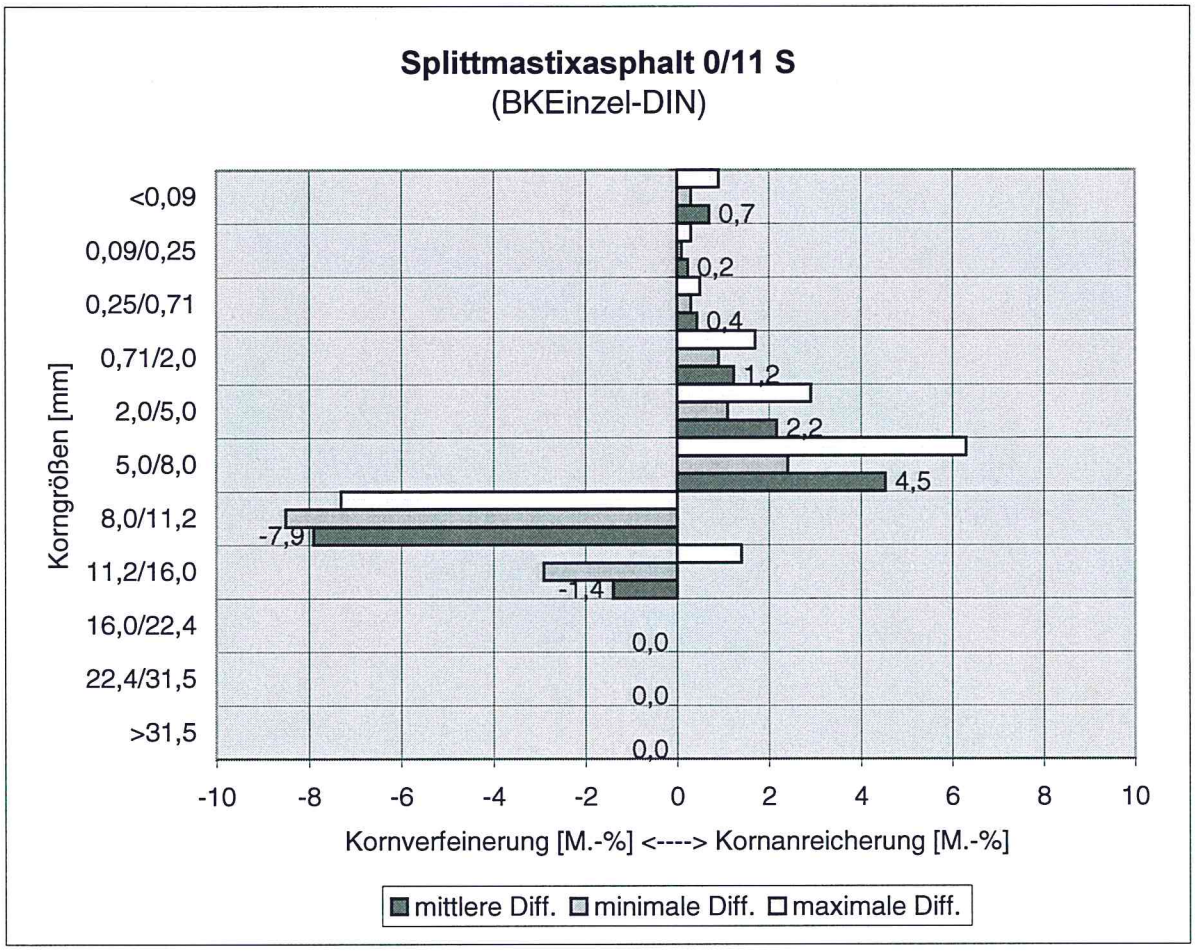
**Untersuchungsstrecke IV**

| Angabe zur Mischanlage: B | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Probenahmeverfahren: | | | | | | BK Durch | | | |
| Mischgutsorte: | | | | | | AB 0/11 S | | | |
| Art der Extraktion: | | | | | | Automatenextraktion | | | |
| Lösemittel: | | | | | | Trichlorethen | | | |
| Merkmal | | Profile | | | | Mittel-Wert | Standard-abweichung | Soll-Wert EP | Δ Mittel/ Soll-Wert |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Bindemittelgehalt | [M.-%] | 5,7 | 5,8 | 5,7 | 5,8 | 5,8 | 0,058 | 5,9 | -0,1 |
| Füllergehalt | [M.-%] | 9,9 | 9,4 | 9,5 | 9,7 | 9,6 | 0,222 | 7,7 | 1,9 |
| Sandgehalt | [M.-%] | 34,8 | 37,2 | 36,4 | 36,5 | 36,2 | 1,014 | 38,0 | -1,8 |
| Splittgehalt >2 mm | [M.-%] | 55,4 | 53,4 | 54,1 | 53,8 | 54,2 | 0,866 | 54,3 | -0,1 |
| Überkornanteil | [M.-%] | 2,5 | 1,8 | 1,1 | 3,2 | 2,2 | 0,904 | 1,7 | 0,5 |
| Grobkornanteil >8 mm | [M.-%] | 20,5 | 21,0 | 21,9 | 22,3 | 21,4 | 0,822 | 21,7 | -0,3 |
| Raumdichte MPK $\rho_A$ | [g/cm³] | 2,532 | 2,527 | 2,515 | 2,525 | 2,525 | 0,007 | 2,516 | 0,009 |
| Marshall-Stabilität | [KN] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Marshall-Fliesswert | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Eindringtiefe Zunahme 30-60 min | [mm] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Elastische Rückstellung | [%] | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| EP RuK | [°C] | 47,9 | 47,5 | 48,4 | 47,4 | 47,8 | 0,448 | --- | --- |

[1]: Ausreißer


Splittmastixasphalt 0/11 S
(BKDurch-VER)
<0,09
0,09/0,25
0,25/0,71
0,71/2,0
2,0/5,0
5,0/8,0
8,0/11,2
11,2/16,0
16,0/22,4
22,4/31,5
>31,5
Korngrößen [mm]
0,6
0,1
0,1
1,4
1,9
3,0
-5,7
-1,4
0,0
0,0
0,0
-10 -8 -6 -4 -2 0 2 4 6 8 10
Kornverfeinerung [M.-%] <----> Kornanreicherung [M.-%]
mittlere Diff.
minimale Diff.
maximale Diff.


Splittmastixasphalt 0/11 S
(BKDurch-DIN)
<0,09
0,09/0,25
0,25/0,71
0,71/2,0
2,0/5,0
5,0/8,0
8,0/11,2
11,2/16,0
16,0/22,4
22,4/31,5
>31,5
Korngrößen [mm]
0,5
0,1
0,1
1,3
1,9
3,4
-5,7
-1,6
0,0
0,0
0,0
-10 -8 -6 -4 -2 0 2 4 6 8 10
Kornverfeinerung [M.-%] <----> Kornanreicherung [M.-%]
mittlere Diff.
minimale Diff.
maximale Diff.


Splittmastixasphalt 0/11 S
(BKEinzel-DIN)
Korngrößen [mm]
<0,09
0,09/0,25
0,25/0,71
0,71/2,0
2,0/5,0
5,0/8,0
8,0/11,2
11,2/16,0
16,0/22,4
22,4/31,5
>31,5
0,7
0,2
0,4
1,2
2,2
4,5
-7,9
-1,4
0,0
0,0
0,0
-10
-8
-6
-4
-2
0
2
4
6
8
10
Kornverfeinerung [M.-%] <----> Kornanreicherung [M.-%]
mittlere Diff.
minimale Diff.
maximale Diff.

## Bestimmung der Rohdichte ( Din 1996, Teil 7-07 A2)

| Rohdichte [g/cm³] | | Profile 1 | 2 | 3 | 4 | Mittel-wert [g/cm³] | Stan-dard-abwei-chung | Soll-wert EP [g/cm³] | Δ Mittel/ Soll-Wert [g/cm³] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VER | ATS 0/32 CS (1B) | -- | --- | 2,791 | 2,744 | 2,768 | 0,033 | 2,783 | -0,015 |
| | ATS 0/32 CS (2A) | 2,709 | 2,723 | --- | 2,703 | 2,712 | 0,010 | 2,633 | 0,079 |
| | ATS 0/22 CS | 2,726 | 2,691 | 2,698 | 2,698 | 2,703 | 0,016 | 2,714 | -0,011 |
| | ABi 0/22 S | 2,692 | 2,714 | 2,724 | 2,704 | 2,709 | 0,014 | 2,723 | -0,014 |
| | ABi 0/22 S (PmB) | 2,597 | ---[1)] | 2,626 | 2,635 | 2,619 | 0,020 | 2,635 | -0,016 |
| | ABi 0/16 S (PmB) | 2,614 | 2,607 | 2,619 | 2,605 | 2,611 | 0,006 | 2,675 | -0,064 |
| | SMA 0/11 S | 2,492 | 2,481 | 2,498 | 2,498 | 2,492 | 0,008 | 2,500 | -0,008 |
| | GA 0/11 S[*)] | 2,554 | 2,578 | 2,556 | 2,56 | 2,562 | 0,011 | --- | --- |
| | AB 0/11 S | 2,629 | 2,621 | 2,606 | 2,612 | 2,617 | 0,010 | 2,610 | 0,007 |
| DIN | ATS 0/32 CS (1B) | --- | --- | 2,786 | 2,813 | 2,800 | 0,019 | 2,783 | 0,017 |
| | ATS 0/32 CS (2A) | 2,700 | 2,704 | --- | 2,721 | 2,708 | 0,011 | 2,633 | 0,075 |
| | ATS 0/22 CS | 2,726 | ---[1)] | 2,731 | 2,700 | 2,719 | 0,017 | 2,714 | 0,005 |
| | ABi 0/22 S | 2,714 | ---[1)] | 2,706 | 2,748 | 2,723 | 0,022 | 2,723 | 0,000 |
| | ABi 0/22 S (PmB) | 2,618 | 2,610 | 2,602 | 2,629 | 2,615 | 0,012 | 2,635 | -0,020 |
| | ABi 0/16 S (PmB) | ---[1)] | 2,636 | 2,645 | 2,643 | 2,641 | 0,005 | 2,675 | -0,034 |
| | SMA 0/11 S | 2,497 | 2,495 | 2,501 | 2,504 | 2,499 | 0,004 | 2,500 | -0,001 |
| | GA 0/11 S | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| | AB 0/11 S | 2,613 | 2,632 | 2,631 | 2,631 | 2,627 | 0,009 | 2,610 | 0,017 |
| BK DURCH | ATS 0/32 CS (1B) | -- | --- | 2,799 | 2,781 | 2,790 | 0,013 | 2,783 | 0,007 |
| | ATS 0/32 CS (2A) | 2,705 | 2,724 | --- | 2,690 | 2,706 | 0,017 | 2,633 | 0,073 |
| | ATS 0/22 CS | 2,703 | 2,697 | 2,692 | 2,690 | 2,696 | 0,006 | 2,714 | -0,019 |
| | ABi 0/22 S | 2,713 | 2,737 | 2,693 | 2,704 | 2,712 | 0,019 | 2,723 | -0,011 |
| | ABi 0/22 S (PmB) | 2,631 | 2,627 | 2,621 | 2,627 | 2,627 | 0,004 | 2,635 | -0,008 |
| | ABi 0/16 S (PmB) | 2,611 | 2,640 | 2,630 | 2,601 | 2,621 | 0,018 | 2,675 | -0,055 |
| | SMA 0/11 S | 2,500 | 2,502 | 2,495 | 2,498 | 2,499 | 0,003 | 2,500 | -0,001 |
| | GA 0/11 S | 2,578 | 2,560 | 2,550 | 2,565 | 2,563 | 0,012 | --- | --- |
| | AB 0/11 S | 2,617 | 2,618 | 2,622 | 2,637 | 2,624 | 0,009 | 2,610 | 0,014 |
| BK EINZEL | ATS 0/32 CS (1B) | --- | --- | 2,832 | 2,820 | 2,826 | 0,008 | 2,783 | 0,043 |
| | ATS 0/32 CS (2A) | 2,690 | 2,716 | --- | 2,686 | 2,697 | 0,016 | 2,633 | 0,064 |
| | ATS 0/22 CS | 2,719 | ---[1)] | 2,692 | 2,704 | 2,705 | 0,014 | 2,714 | -0,009 |
| | ABi 0/22 S | 2,678 | 2,706 | 2,690 | 2,701 | 2,694 | 0,012 | 2,723 | -0,029 |
| | ABi 0/22 S (PmB) | 2,636 | 2,624 | 2,616 | 2,612 | 2,622 | 0,011 | 2,635 | -0,013 |
| | ABi 0/16 S (PmB) | 2,642 | 2,654 | 2,621 | 2,614 | 2,633 | 0,019 | 2,675 | -0,042 |
| | SMA 0/11 S | ---[1)] | 2,498 | 2,474 | 2,487 | 2,486 | 0,012 | 2,500 | -0,014 |
| | GA 0/11 S | 2,554 | 2,562 | 2,556 | 2,56 | 2,558 | 0,004 | --- | --- |
| | AB 0/11 S | 2,628 | 2,611 | 2,621 | 2,634 | 2,624 | 0,010 | 2,610 | 0,014 |

[*)] Kocherauslauf-Probe

[1)]: Ausreißer

## Berechnung des Hohlraumgehaltes ( Din 1996, Teil 7-07 D1)

| Hohlraumgehalt [Vol.-%] | | Profile 1 | 2 | 3 | 4 | Mittel-wert [Vol.-%] | Stan-dard-abwei-chung | Soll-wert EP [Vol.-%] | Δ Mittel/ Soll-Wert [Vol.-%] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VER | ATS 0/32 CS (1B) | --- | --- | 8,5 | 8,8 | 8,7 | 0,222 | 7,0 | 1,7 |
| | ATS 0/32 CS (2A) | 7,7 | 8,8 | --- | 8,3 | 8,3 | 0,527 | 5,2 | 3,1 |
| | ATS 0/22 CS | 9,8 | 7,2 | 6,8 | 6,7 | 7,6 | 1,493 | 6,8 | 0,8 |
| | ABi 0/22 S | 6,3 | 6,2 | 7,2 | 6,5 | 6,6 | 0,449 | 6,5 | 0,1 |
| | ABi 0/22 S (PmB) | 5,0 | ---[1)] | 6,5 | 6,9 | 6,1 | 1,013 | 6,4 | -0,3 |
| | ABi 0/16 S (PmB) | 6,3 | 5,2 | 6,3 | 5,5 | 5,8 | 0,575 | 6,6 | -0,8 |
| | SMA 0/11 S | 3,2 | 2,3 | 3,7 | 3,4 | 3,1 | 0,582 | 3,4 | -0,3 |
| | GA 0/11 S[*)] | 1,0 | 1,5 | 0,8 | 1,2 | 1,1 | 0,306 | --- | --- |
| | AB 0/11 S | 4,6 | 4,0 | 3,6 | 3,7 | 3,9 | 0,450 | 3,6 | 0,3 |
| DIN | ATS 0/32 CS (1B) | --- | --- | 8,7 | 9,1 | 8,9 | 0,343 | 7,0 | 1,9 |
| | ATS 0/32 CS (2A) | 7,4 | 7,9 | --- | 9,5 | 8,2 | 1,114 | 5,2 | 3,0 |
| | ATS 0/22 CS | 7,4 | ---[1)] | 8,2 | 7,4 | 7,7 | 0,460 | 6,8 | 0,9 |
| | ABi 0/22 S | 7,3 | ---[1)] | 6,4 | 7,5 | 7,1 | 0,583 | 6,5 | 0,6 |
| | ABi 0/22 S (PmB) | 6,7 | 6,3 | 4,6 | 6,8 | 6,1 | 1,007 | 6,4 | -0,3 |
| | ABi 0/16 S (PmB) | ---[1)] | 6,4 | 7,0 | 7,5 | 7,0 | 0,566 | 6,6 | 0,4 |
| | SMA 0/11 S | 3,3 | 2,7 | 2,9 | 3,8 | 3,2 | 0,493 | 3,4 | -0,2 |
| | GA 0/11 S | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| | AB 0/11 S | 5,0 | 4,9 | 4,4 | 4,1 | 4,6 | 0,417 | 3,6 | 1,0 |
| BK DURCH | ATS 0/32 CS (1B) | --- | --- | 8,6 | 7,8 | 8,2 | 0,605 | 7,0 | 1,2 |
| | ATS 0/32 CS (2A) | 7,2 | 9,1 | --- | 7,6 | 8,0 | 1,000 | 5,2 | 2,8 |
| | ATS 0/22 CS | 7,4 | 7,2 | 5,4 | 5,5 | 6,4 | 1,062 | 6,8 | -0,4 |
| | ABi 0/22 S | 7,3 | 8,0 | 6,5 | 7,1 | 7,2 | 0,609 | 6,5 | 0,7 |
| | ABi 0/22 S (PmB) | 7,7 | 7,4 | 6,9 | 6,6 | 7,2 | 0,524 | 6,4 | 0,8 |
| | ABi 0/16 S (PmB) | 5,8 | 6,5 | 6,7 | 5,9 | 6,2 | 0,461 | 6,6 | -0,4 |
| | SMA 0/11 S | 2,7 | 2,5 | 2,4 | 3,3 | 2,7 | 0,428 | 3,4 | -0,7 |
| | GA 0/11 S | 0,8 | 0,1 | -0,4 | 0,2 | 0,2 | 0,469 | --- | --- |
| | AB 0/11 S | 3,3 | 3,5 | 4,1 | 4,2 | 3,8 | 0,470 | 3,6 | 0,2 |
| BK EINZEL | ATS 0/32 CS (1B) | --- | --- | 9,9 | 9,1 | 9,5 | 0,580 | 7,0 | 2,5 |
| | ATS 0/32 CS (2A) | 6,2 | 8,8 | --- | 7,5 | 7,5 | 1,315 | 5,2 | 2,3 |
| | ATS 0/22 CS | 8,3 | ---[1)] | 5,8 | 6,0 | 6,7 | 1,367 | 6,8 | -0,1 |
| | ABi 0/22 S | 5,9 | 6,4 | 7,9 | 7,4 | 6,9 | 0,907 | 6,5 | 0,4 |
| | ABi 0/22 S (PmB) | 8,2 | 6,5 | 6,0 | 6,2 | 6,7 | 1,013 | 6,4 | 0,3 |
| | ABi 0/16 S (PmB) | 7,2 | 7,2 | 6,4 | 6,4 | 6,8 | 0,460 | 6,6 | 0,2 |
| | SMA 0/11 S | ---[1)] | 3,5 | 1,6 | 3,3 | 2,8 | 1,060 | 3,4 | -0,6 |
| | GA 0/11 S | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,1 | 0,2 | 0,118 | --- | --- |
| | AB 0/11 S | 4,4 | 3,4 | 3,6 | 3,6 | 3,7 | 0,450 | 3,6 | 0,1 |

[*)] Kocherauslauf-Probe

[1)]: Ausreißer

## Bestimmung der Raumdichte ( Din 1996, Teil 7-07 B2)

| Raumdichte [g/cm³] | | Profile | | | | Mittel-wert | Stan-dard-abwei-chung | Soll-wert EP | Δ Mittel/ Soll-Wert |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | [g/cm³] | | [g/cm³] | [g/cm³] |
| BK DURCH | ATS 0/32 CS (1B) | -- | --- | 2,585 | 2,606 | 2,596 | 0,015 | --- | --- |
| | ATS 0/32 CS (2A) | 2,525 | 2,494 | --- | 2,458 | 2,492 | 0,034 | --- | --- |
| | ATS 0/22 CS | 2,531 | 2,523 | 2,524 | 2,582 | 2,540 | 0,028 | --- | --- |
| | ABi 0/22 S | 2,580 | 2,596 | 2,584 | 2,582 | 2,586 | 0,007 | --- | --- |
| | ABi 0/22 S (PmB) | 2,456 | 2,437 | 2,497 | 2,463 | 2,463 | 0,025 | --- | --- |
| | ABi 0/16 S (PmB) | 2,380 | 2,386 | 2,390 | 2,450 | 2,402 | 0,033 | --- | --- |
| | SMA 0/11 S | 2,405 | 2,397 | 2,382 | 2,378 | 2,391 | 0,013 | --- | --- |
| | GA 0/11 S | 2,529 | 2,527 | 2,525 | 2,525 | 2,527 | 0,002 | --- | --- |
| | AB 0/11 S | 2,487 | 2,493 | 2,466 | 2,532 | 2,495 | 0,028 | --- | --- |
| BK EINZEL | ATS 0/32 CS (1B) | --- | --- | 2,586 | 2,638 | 2,612 | 0,037 | --- | --- |
| | ATS 0/32 CS (2A) | 2,573 | 2,516 | --- | 2,498 | 2,529 | 0,039 | --- | --- |
| | ATS 0/22 CS | 2,519 | 2,525 | 2,503 | 2,568 | 2,529 | 0,028 | --- | --- |
| | ABi 0/22 S | 2,614 | 2,602 | ---[1)] | 2,571 | 2,596 | 0,022 | --- | --- |
| | ABi 0/22 S (PmB) | 2,400 | 2,497 | 2,523 | 2,442 | 2,466 | 0,055 | --- | --- |
| | ABi 0/16 S (PmB) | 2,382 | 2,414 | 2,408 | 2,461 | 2,416 | 0,033 | --- | --- |
| | SMA 0/11 S | 2,366 | 2,403 | 2,415 | 2,381 | 2,391 | 0,022 | --- | --- |
| | GA 0/11 S | 2,523 | 2,522 | 2,517 | 2,508 | 2,518 | 0,007 | --- | --- |
| | AB 0/11 S | 2,534 | 2,461 | 2,485 | 2,473 | 2,488 | 0,032 | --- | --- |

[1)]: Ausreißer

## Berechnung des Verdichtungsgrads ( Din 1996, Teil 7-07 E1)

| Verdichtungsgrad [%] | | Profile 1 | 2 | 3 | 4 | Mittel-wert [%] | Stan-dard-abwei-chung | Soll-wert ** [%] | Δ Mittel/ Soll-Wert [%] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VER[1] | ATS 0/32 CS (1B) | --- | --- | 101,2 | 102,6 | 101,9 | 0,960 | 97,0 | 4,9 |
| | ATS 0/32 CS (2A) | 101,0 | 100,4 | --- | 99,2 | 100,2 | 0,926 | 97,0 | 3,2 |
| | ATS 0/22 CS | 103,0 | 101,0 | 100,3 | 102,6 | 101,7 | 1,272 | 97,0 | 4,7 |
| | ABi 0/22 S | 102,3 | 102,0 | 102,2 | 102,2 | 102,2 | 0,128 | 97,0 | 5,2 |
| | ABi 0/22 S (PmB) | 99,5 | ---[5] | 101,7 | 100,4 | 100,5 | 1,084 | 97,0 | 3,5 |
| | ABi 0/16 S (PmB) | 97,2 | 96,5 | 97,4 | 99,6 | 97,7 | 1,323 | 97,0 | 0,7 |
| | SMA 0/11 S | 99,7 | 98,9 | 99,0 | 98,5 | 99,0 | 0,470 | 97,0 | 2,0 |
| | GA 0/11 S* | 100,0 | 99,5 | 99,6 | 99,9 | 99,7 | 0,213 | 97,0 | 2,7 |
| | AB 0/11 S | 99,1 | 99,1 | 98,1 | 100,6 | 99,2 | 1,031 | 97,0 | 2,2 |
| DIN[2] | ATS 0/32 CS (1B) | --- | --- | 101,6 | 102,0 | 101,8 | 0,272 | 97,0 | 4,8 |
| | ATS 0/32 CS (2A) | 100,9 | 100,1 | --- | 99,8 | 100,3 | 0,587 | 97,0 | 3,3 |
| | ATS 0/22 CS | 100,3 | ---[5] | 100,7 | 103,2 | 101,4 | 1,593 | 97,0 | 4,4 |
| | ABi 0/22 S | 102,6 | ---[5] | 102,0 | 101,5 | 102,0 | 0,526 | 97,0 | 5,0 |
| | ABi 0/22 S (PmB) | 100,6 | 99,6 | 100,6 | 100,5 | 100,3 | 0,480 | 97,0 | 3,3 |
| | ABi 0/16 S (PmB) | ---[5] | 96,7 | 97,2 | 100,2 | 98,0 | 1,925 | 97,0 | 1,0 |
| | SMA 0/11 S | 99,6 | 98,7 | 98,1 | 98,7 | 98,8 | 0,613 | 97,0 | 1,8 |
| | GA 0/11 S | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 97,0 | --- |
| | AB 0/11 S | 100,2 | 99,6 | 98,1 | 100,3 | 99,6 | 1,025 | 97,0 | 2,6 |
| BK DURCH[3] | ATS 0/32 CS (1B) | --- | --- | 101,1 | 101,6 | 101,3 | 0,375 | 97,0 | 4,3 |
| | ATS 0/32 CS (2A) | 100,5 | 100,7 | --- | 98,9 | 100,1 | 0,982 | 97,0 | 3,1 |
| | ATS 0/22 CS | 101,1 | 100,8 | 99,5 | 101,6 | 100,8 | 0,895 | 97,0 | 3,8 |
| | ABi 0/22 S | 102,6 | 103,1 | 102,6 | 102,8 | 102,8 | 0,219 | 97,0 | 5,8 |
| | ABi 0/22 S (PmB) | 101,2 | 100,2 | 102,4 | 100,4 | 101,0 | 0,976 | 97,0 | 4,0 |
| | ABi 0/16 S (PmB) | 96,7 | 96,7 | 97,4 | 100,1 | 97,7 | 1,611 | 97,0 | 0,7 |
| | SMA 0/11 S | 98,8 | 98,2 | 97,8 | 98,5 | 98,3 | 0,438 | 97,0 | 1,3 |
| | GA 0/11 S | 98,8 | 98,8 | 98,6 | 98,6 | 98,7 | 0,135 | 97,0 | 1,7 |
| | AB 0/11 S | 98,2 | 98,7 | 98,1 | 100,3 | 98,8 | 1,012 | 97,0 | 1,8 |
| BK EINZEL[4] | ATS 0/32 CS (1B) | --- | --- | 101,4 | 102,9 | 102,1 | 1,089 | 97,0 | 5,1 |
| | ATS 0/32 CS (2A) | 102,0 | 101,6 | --- | 100,5 | 101,4 | 0,774 | 97,0 | 4,4 |
| | ATS 0/22 CS | 101,0 | ---[5] | 98,7 | 101,1 | 100,2 | 1,351 | 97,0 | 3,2 |
| | ABi 0/22 S | 103,7 | 102,8 | ---[5] | 102,8 | 103,1 | 0,534 | 97,0 | 6,1 |
| | ABi 0/22 S (PmB) | 99,2 | 101,8 | 102,6 | 99,7 | 100,8 | 1,645 | 97,0 | 3,8 |
| | ABi 0/16 S (PmB) | 97,1 | 98,0 | 98,2 | 100,5 | 98,5 | 1,454 | 97,0 | 1,5 |
| | SMA 0/11 S | ---[5] | 99,7 | 99,2 | 99,0 | 99,3 | 0,361 | 97,0 | 2,3 |
| | GA 0/11 S | 99,0 | 98,7 | 98,8 | 98,0 | 98,7 | 0,423 | 97,0 | 1,7 |
| | AB 0/11 S | 100,9 | 97,5 | 98,4 | 97,4 | 98,5 | 1,600 | 97,0 | 1,5 |

[1] Verdichtungsgrad $k=\frac{\rho_{A,BK\ DURCH}}{\rho_{A^*,VER}}$

[2] Verdichtungsgrad $k=\frac{\rho_{A,BK\ DURCH}}{\rho_{A^*,DIN}}$

[3] Verdichtungsgrad $k=\frac{\rho_{A,BK\ DURCH}}{\rho_{A^*,BK\ DURCH}}$

[4] Verdichtungsgrad $k=\frac{\rho_{A,BK\ EINZEL}}{\rho_{A^*,BK\ EINZEL}}$

[5] Ausreißer

* Kocherauslaufprobe, ** gemäß ZTV Asphalt-StB 01/ZTVT-StB 95/02

## Kritische Spannweite der Ergebnisse unter Wiederholbedingungen [$d_r$]

| VER | | n | $W_{pn}$ | Raum-dichte [g/cm³] | n | $W_{pn}$ | Roh-dichte [g/cm³] | n | $W_{pn}$ | Bindemittel-gehalt [M.-%] | n | $W_{pn}$ | EP RuK [°C] | n | $W_{pn}$ | Hohlraum-gehalt [Vol.-%] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | GA 0/11 S*) | 4 | 3,63 | 0,022 | 4 | 3,63 | 0,025 | 4 | 3,63 | 0,372 | 4 | 3,63 | 2,621 | 4 | 3,63 | 1,356 |
| | ABi 0/22 S | 4 | 3,63 | 0,035 | 4 | 3,63 | 0,025 | 4 | 3,63 | 0,634 | 4 | 3,63 | 2,621 | 4 | 3,63 | 1,750 |
| | ATS 0/22 CS | 4 | 3,63 | 0,030 | 4 | 3,63 | 0,025 | 4 | 3,63 | 0,534 | 4 | 3,63 | 2,621 | 4 | 3,63 | 1,600 |
| | ATS 0/32 CS (1A) | 2 | 2,77 | 0,026 | 2 | 2,77 | 0,019 | 2 | 2,77 | 0,469 | 2 | 2,77 | 2,000 | 2 | 2,77 | 1,312 |
| | ATS 0/32 CS (1B) | 2 | 2,77 | 0,027 | 2 | 2,77 | 0,019 | 2 | 2,77 | 0,490 | 2 | 2,77 | 2,000 | 2 | 2,77 | 1,345 |
| II | SMA 0/11 S | 4 | 3,63 | 0,023 | 4 | 3,63 | 0,025 | 4 | 3,63 | 0,397 | 4 | 3,63 | 2,621 | 4 | 3,63 | 1,394 |
| | ABi 0/16 S (PmB) | 4 | 3,63 | 0,031 | 4 | 3,63 | 0,025 | 4 | 3,63 | 0,556 | 4 | 3,63 | 2,621 | 4 | 3,63 | 1,633 |
| | ATS 0/32 CS (2A) | 3 | 3,31 | 0,036 | 3 | 3,31 | 0,023 | 3 | 3,31 | 0,663 | 3 | 3,31 | 2,390 | 3 | 3,31 | 1,722 |
| | ATS 0/32 CS (2B) | -- | --- | --- | -- | --- | --- | -- | --- | --- | -- | --- | --- | -- | --- | --- |
| III | ABi 0/22 S (PmB) | 3 | 3,31 | 0,037 | 3 | 3,31 | 0,023 | 3 | 3,31 | 0,664 | 3 | 3,31 | 2,390 | 3 | 3,31 | 1,724 |
| IV | AB 0/11 S | 4 | 3,63 | 0,023 | 4 | 3,63 | 0,025 | 4 | 3,63 | 0,386 | 4 | 3,63 | 2,621 | 4 | 3,63 | 1,377 |

| DIN | | n | $W_{pn}$ | Raum-dichte [g/cm³] | n | $W_{pn}$ | Roh-dichte [g/cm³] | n | $W_{pn}$ | Bindemittel-gehalt [M.-%] | n | $W_{pn}$ | EP RuK [°C] | n | $W_{pn}$ | Hohlraum-gehalt [Vol.-%] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | GA 0/11 S | -- | --- | --- | -- | --- | --- | -- | --- | --- | -- | --- | --- | -- | --- | --- |
| | ABi 0/22 S | 3 | 3,31 | 0,035 | 3 | 3,31 | 0,023 | 3 | 3,31 | 0,629 | -- | --- | --- | 3 | 3,31 | 1,671 |
| | ATS 0/22 CS | 3 | 3,31 | 0,029 | 3 | 3,31 | 0,023 | 3 | 3,31 | 0,520 | -- | --- | --- | 3 | 3,31 | 1,507 |
| | ATS 0/32 CS (1A) | 2 | 2,77 | 0,030 | 2 | 2,77 | 0,019 | 2 | 2,77 | 0,553 | -- | --- | --- | 2 | 2,77 | 1,439 |
| | ATS 0/32 CS (1B) | 2 | 2,77 | 0,026 | 2 | 2,77 | 0,019 | 2 | 2,77 | 0,469 | -- | --- | --- | 2 | 2,77 | 1,312 |
| II | SMA 0/11 S | 4 | 3,63 | 0,024 | 4 | 3,63 | 0,025 | 4 | 3,63 | 0,398 | 4 | 3,63 | 2,621 | 4 | 3,63 | 1,396 |
| | ABi 0/16 S (PmB) | 3 | 3,31 | 0,028 | 3 | 3,31 | 0,023 | 3 | 3,31 | 0,498 | 3 | 3,31 | 2,390 | 3 | 3,31 | 1,475 |
| | ATS 0/32 CS (2A) | 3 | 3,31 | 0,035 | 3 | 3,31 | 0,023 | 3 | 3,31 | 0,629 | 3 | 3,31 | 2,390 | 3 | 3,31 | 1,672 |
| | ATS 0/32 CS (2B) | -- | --- | --- | -- | --- | --- | -- | --- | --- | -- | --- | --- | -- | --- | --- |
| III | ABi 0/22 S (PmB) | 4 | 3,63 | 0,038 | 4 | 3,63 | 0,025 | 4 | 3,63 | 0,687 | 4 | 3,63 | 2,621 | 4 | 3,63 | 1,829 |
| IV | AB 0/11 S | 4 | 3,63 | 0,023 | 4 | 3,63 | 0,025 | 4 | 3,63 | 0,380 | 4 | 3,63 | 2,621 | 4 | 3,63 | 1,396 |

| BK DURCH | | n | $W_{pn}$ | Raum-dichte [g/cm³] | n | $W_{pn}$ | Roh-dichte [g/cm³] | n | $W_{pn}$ | Bindemittel-gehalt [M.-%] | n | $W_{pn}$ | EP RuK [°C] | n | $W_{pn}$ | Hohlraum-gehalt [Vol.-%] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | GA 0/11 S | 4 | 3,63 | 0,022 | 4 | 3,63 | 0,025 | 4 | 3,63 | 0,371 | 4 | 3,63 | 2,621 | 4 | 3,63 | 1,333 |
| | ABi 0/22 S | 4 | 3,63 | 0,037 | 4 | 3,63 | 0,025 | 4 | 3,63 | 0,664 | 4 | 3,63 | 2,621 | 4 | 3,63 | 2,121 |
| | ATS 0/22 CS | 4 | 3,63 | 0,031 | 4 | 3,63 | 0,025 | 4 | 3,63 | 0,544 | 4 | 3,63 | 2,621 | 4 | 3,63 | 1,820 |
| | ATS 0/32 CS (1A) | 2 | 2,77 | 0,030 | 2 | 2,77 | 0,019 | 2 | 2,77 | 0,549 | 2 | 2,77 | 2,000 | 2 | 2,77 | 1,572 |
| | ATS 0/32 CS (1B) | 2 | 2,77 | 0,028 | 2 | 2,77 | 0,019 | 2 | 2,77 | 0,513 | 2 | 2,77 | 2,000 | 2 | 2,77 | 1,076 |
| II | SMA 0/11 S | 4 | 3,63 | 0,023 | 4 | 3,63 | 0,025 | 4 | 3,63 | 0,387 | 4 | 3,63 | 2,621 | 4 | 3,63 | 1,409 |
| | ABi 0/16 S (PmB) | 4 | 3,63 | 0,031 | 4 | 3,63 | 0,025 | 4 | 3,63 | 0,557 | 4 | 3,63 | 2,621 | 4 | 3,63 | 1,887 |
| | ATS 0/32 CS (2A) | 3 | 3,31 | 0,035 | 3 | 3,31 | 0,023 | 3 | 3,31 | 0,625 | 3 | 3,31 | 2,390 | 3 | 3,31 | 2,187 |
| | ATS 0/32 CS (2B) | -- | --- | --- | -- | --- | --- | -- | --- | --- | -- | --- | --- | -- | --- | --- |
| III | ABi 0/22 S (PmB) | 4 | 3,63 | 0,039 | 4 | 3,63 | 0,025 | 4 | 3,63 | 0,713 | 4 | 3,63 | 2,621 | 4 | 3,63 | 2,402 |
| IV | AB 0/11 S | 4 | 3,63 | 0,023 | 4 | 3,63 | 0,025 | 4 | 3,63 | 0,379 | 4 | 3,63 | 2,621 | 4 | 3,63 | 1,374 |

| BK EINZEL | | n | $W_{pn}$ | Raum-dichte [g/cm³] | n | $W_{pn}$ | Roh-dichte [g/cm³] | n | $W_{pn}$ | Bindemittel-gehalt [M.-%] | n | $W_{pn}$ | EP RuK [°C] | n | $W_{pn}$ | Hohlraum-gehalt [Vol.-%] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | GA 0/11 S | 4 | 3,63 | 0,022 | 4 | 3,63 | 0,025 | 4 | 3,63 | 0,373 | 4 | 3,63 | 2,621 | 4 | 3,63 | 1,333 |
| | ABi 0/22 S | 4 | 3,63 | 0,037 | 4 | 3,63 | 0,025 | 4 | 3,63 | 0,673 | 4 | 3,63 | 2,621 | 4 | 3,63 | 2,121 |
| | ATS 0/22 CS | 3 | 3,31 | 0,029 | 3 | 3,31 | 0,023 | 3 | 3,31 | 0,508 | 3 | 3,31 | 2,390 | 3 | 3,31 | 1,660 |
| | ATS 0/32 CS (1A) | 2 | 2,77 | 0,030 | 2 | 2,77 | 0,019 | 2 | 2,77 | 0,535 | 2 | 2,77 | 2,000 | 2 | 2,77 | 1,572 |
| | ATS 0/32 CS (1B) | 2 | 2,77 | 0,028 | 2 | 2,77 | 0,019 | 2 | 2,77 | 0,497 | 2 | 2,77 | 2,000 | 2 | 2,77 | 1,637 |
| II | SMA 0/11 S | 3 | 3,31 | 0,021 | 3 | 3,31 | 0,023 | 3 | 3,31 | 0,352 | 3 | 3,31 | 2,390 | 3 | 3,31 | 1,284 |
| | ABi 0/16 S (PmB) | 4 | 3,63 | 0,032 | 4 | 3,63 | 0,025 | 4 | 3,63 | 0,570 | 4 | 3,63 | 2,621 | 4 | 3,63 | 1,887 |
| | ATS 0/32 CS (2A) | 3 | 3,31 | 0,035 | 3 | 3,31 | 0,023 | 3 | 3,31 | 0,643 | 3 | 3,31 | 2,390 | 3 | 3,31 | 2,187 |
| | ATS 0/32 CS (2B) | -- | --- | --- | -- | --- | --- | -- | --- | --- | -- | --- | --- | -- | --- | --- |
| III | ABi 0/22 S (PmB) | 4 | 3,63 | 0,039 | 4 | 3,63 | 0,025 | 4 | 3,63 | 0,711 | 4 | 3,63 | 2,621 | 4 | 3,63 | 2,402 |
| IV | AB 0/11 S | 4 | 3,63 | 0,023 | 4 | 3,63 | 0,025 | 4 | 3,63 | 0,381 | 4 | 3,63 | 2,621 | 4 | 3,63 | 1,374 |

* Kocherauslaufprobe

Spannweite der Ergebnisse [d]

| VER | | Raum-dichte [g/cm³] | Roh-dichte [g/cm³] | Bindemittel-gehalt [M.-%] | EP RuK [°C] | Hohlraum-gehalt [Vol.-%] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| I | GA 0/11 S*) | 0,005 | 0,011 | 0,129 | 0,443 | 0,308 |
| | ABi 0/22 S | 0,010 | 0,014 | 0,150 | 0,412 | 0,437 |
| | ATS 0/22 CS | 0,027 | 0,016 | 0,222 | 0,685 | 1,485 |
| | ATS 0/32 CS (1A) | 0,004 | 0,017 | 0,141 | 0,071 | 0,741 |
| | ATS 0/32 CS (1B) | 0,009 | 0,004 | 0,000 | 0,778 | 0,214 |
| II | SMA 0/11 S | 0,007 | 0,008 | 0,082 | 0,526 | 0,574 |
| | ABi 0/16 S (PmB) | 0,010 | 0,006 | 0,150 | 0,806 | 0,583 |
| | ATS 0/32 CS (2A) | 0,011 | 0,010 | 0,100 | 1,153 | 0,533 |
| | ATS 0/32 CS (2B) | --- | --- | --- | --- | --- |
| III | ABi 0/22 S (PmB) | 0,008 | 0,020 | 0,153 | 1,159 | 1,018 |
| IV | AB 0/11 S | 0,003 | 0,010 | 0,082 | 0,480 | 0,448 |

| DIN | | Raum-dichte [g/cm³] | Roh-dichte [g/cm³] | Bindemittel-gehalt [M.-%] | EP RuK [°C] | Hohlraum-gehalt [Vol.-%] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| I | GA 0/11 S | --- | --- | --- | --- | --- |
| | ABi 0/22 S | 0,014 | 0,022 | 0,153 | --- | 0,758 |
| | ATS 0/22 CS | 0,011 | 0,017 | 0,153 | --- | 0,567 |
| | ATS 0/32 CS (1A) | 0,003 | 0,014 | 0,141 | --- | 0,378 |
| | ATS 0/32 CS (1B) | 0,019 | 0,019 | 0,283 | --- | 0,847 |
| II | SMA 0/11 S | 0,010 | 0,004 | 0,096 | 0,191 | 0,501 |
| | ABi 0/16 S (PmB) | 0,012 | 0,005 | 0,058 | 1,007 | 0,559 |
| | ATS 0/32 CS (2A) | 0,020 | 0,011 | 0,173 | 2,031 | 1,103 |
| | ATS 0/32 CS (2B) | --- | --- | --- | --- | --- |
| III | ABi 0/22 S (PmB) | 0,018 | 0,012 | 0,126 | 0,660 | 1,012 |
| IV | AB 0/11 S | 0,017 | 0,009 | 0,096 | 1,343 | 0,408 |

| BK DURCH | | Raum-dichte [g/cm³] | Roh-dichte [g/cm³] | Bindemittel-gehalt [M.-%] | EP RuK [°C] | Hohlraum-gehalt [Vol.-%] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| I | GA 0/11 S | 0,002 | 0,012 | 0,150 | 0,589 | 0,462 |
| | ABi 0/22 S | 0,004 | 0,019 | 0,173 | 1,046 | 0,603 |
| | ATS 0/22 CS | 0,020 | 0,010 | 0,173 | 0,900 | 1,058 |
| | ATS 0/32 CS (1A) | 0,003 | 0,011 | 0,212 | 1,556 | 0,513 |
| | ATS 0/32 CS (1B) | 0,005 | 0,013 | 0,212 | 0,212 | 0,596 |
| II | SMA 0/11 S | 0,011 | 0,003 | 0,082 | 0,591 | 0,429 |
| | ABi 0/16 S (PmB) | 0,009 | 0,018 | 0,150 | 0,443 | 0,466 |
| | ATS 0/32 CS (2A) | 0,018 | 0,017 | 0,153 | 1,185 | 1,904 |
| | ATS 0/32 CS (2B) | --- | --- | --- | --- | --- |
| III | ABi 0/22 S (PmB) | 0,012 | 0,004 | 0,129 | 1,717 | 0,528 |
| IV | AB 0/11 S | 0,007 | 0,009 | 0,058 | 0,455 | 1,329 |

| BK EINZEL | | Raum-dichte [g/cm³] | Roh-dichte [g/cm³] | Bindemittel-gehalt [M.-%] | EP RuK [°C] | Hohlraum-gehalt [Vol.-%] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| I | GA 0/11 S | 0,005 | 0,004 | 0,082 | 0,952 | 0,115 |
| | ABi 0/22 S | 0,023 | 0,012 | 0,206 | 0,870 | 0,895 |
| | ATS 0/22 CS | 0,026 | 0,014 | 0,252 | 1,026 | 1,370 |
| | ATS 0/32 CS (1A) | 0,025 | 0,016 | 0,212 | 1,838 | 1,476 |
| | ATS 0/32 CS (1B) | 0,009 | 0,008 | 0,141 | 0,141 | 0,597 |
| II | SMA 0/11 S | 0,016 | 0,012 | 0,173 | 0,611 | 1,064 |
| | ABi 0/16 S (PmB) | 0,007 | 0,019 | 0,150 | 1,149 | 0,460 |
| | ATS 0/32 CS (2A) | 0,025 | 0,016 | 0,173 | 2,023 | 1,315 |
| | ATS 0/32 CS (2B) | --- | --- | --- | --- | --- |
| III | ABi 0/22 S (PmB) | 0,018 | 0,011 | 0,096 | 1,197 | 1,016 |
| IV | AB 0/11 S | 0,011 | 0,010 | 0,082 | 0,096 | 0,448 |

* Kocherauslaufprobe

## Vergleich der Spannweiten [dr-d]

| VER | | Raum-dichte [g/cm³] | Roh-dichte [g/cm³] | Bindemittel-gehalt [M.-%] | EP RuK [°C] | Hohlraum-gehalt [Vol.-%] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| I | GA 0/11 S*) | 0,018 | 3,619 | 0,243 | 2,177 | 1,049 |
| | ABi 0/22 S | 0,025 | 0,012 | 0,484 | 2,209 | 1,313 |
| | ATS 0/22 CS | 0,003 | 0,010 | 0,312 | 1,936 | 0,115 |
| | ATS 0/32 CS (1A) | 0,022 | 0,002 | 0,327 | 1,929 | 0,571 |
| | ATS 0/32 CS (1B) | 0,018 | 0,016 | 0,490 | 1,222 | 1,131 |
| II | SMA 0/11 S | 0,017 | 0,017 | 0,315 | 2,095 | 0,820 |
| | ABi 0/16 S (PmB) | 0,021 | 0,019 | 0,406 | 1,815 | 1,050 |
| | ATS 0/32 CS (2A) | 0,025 | 0,013 | 0,563 | 1,237 | 1,189 |
| | ATS 0/32 CS (2B) | --- | --- | --- | --- | --- |
| III | ABi 0/22 S (PmB) | 0,029 | 0,003 | 0,511 | 1,841 | 0,706 |
| IV | AB 0/11 S | 0,020 | 0,015 | 0,304 | 2,141 | 0,929 |

| DIN | | Raum-dichte [g/cm³] | Roh-dichte [g/cm³] | Bindemittel-gehalt [M.-%] | EP RuK [°C] | Hohlraum-gehalt [Vol.-%] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| I | GA 0/11 S | --- | --- | --- | --- | --- |
| | ABi 0/22 S | 0,021 | 0,001 | 0,476 | --- | 0,913 |
| | ATS 0/22 CS | 0,018 | 0,007 | 0,367 | --- | 0,941 |
| | ATS 0/32 CS (1A) | 0,028 | 0,005 | 0,411 | --- | 1,060 |
| | ATS 0/32 CS (1B) | 0,007 | 0,000 | 0,186 | --- | 0,465 |
| II | SMA 0/11 S | 0,014 | 0,021 | 0,303 | 2,429 | 0,896 |
| | ABi 0/16 S (PmB) | 0,016 | 0,018 | 0,440 | 1,383 | 0,916 |
| | ATS 0/32 CS (2A) | 0,015 | 0,012 | 0,456 | 0,359 | 0,569 |
| | ATS 0/32 CS (2B) | --- | --- | --- | --- | --- |
| III | ABi 0/22 S (PmB) | 0,020 | 3,618 | 0,561 | 1,961 | 0,817 |
| IV | AB 0/11 S | 0,005 | 0,016 | 0,284 | 1,278 | 0,988 |

| BK DURCH | | Raum-dichte [g/cm³] | Roh-dichte [g/cm³] | Bindemittel-gehalt [M.-%] | EP RuK [°C] | Hohlraum-gehalt [Vol.-%] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| I | GA 0/11 S | 0,020 | 0,014 | 0,221 | 2,032 | 0,871 |
| | ABi 0/22 S | 0,033 | 0,007 | 0,490 | 1,575 | 1,518 |
| | ATS 0/22 CS | 0,011 | 0,016 | 0,371 | 1,721 | 0,762 |
| | ATS 0/32 CS (1A) | 0,028 | 0,008 | 0,337 | 0,444 | 1,060 |
| | ATS 0/32 CS (1B) | 0,023 | 0,007 | 0,301 | 1,788 | 0,480 |
| II | SMA 0/11 S | 0,012 | 0,022 | 0,306 | 2,030 | 0,979 |
| | ABi 0/16 S (PmB) | 0,023 | 0,008 | 0,407 | 2,177 | 1,421 |
| | ATS 0/32 CS (2A) | 0,017 | 0,006 | 0,472 | 1,205 | 0,283 |
| | ATS 0/32 CS (2B) | --- | --- | --- | --- | --- |
| III | ABi 0/22 S (PmB) | 0,027 | 0,021 | 0,583 | 0,904 | 1,873 |
| IV | AB 0/11 S | 0,015 | 0,016 | 0,321 | 2,166 | 0,046 |

| BK EINZEL | | Raum-dichte [g/cm³] | Roh-dichte [g/cm³] | Bindemittel-gehalt [M.-%] | EP RuK [°C] | Hohlraum-gehalt [Vol.-%] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| I | GA 0/11 S | 0,017 | 0,022 | 0,291 | 1,669 | 1,218 |
| | ABi 0/22 S | 0,014 | 0,013 | 0,467 | 1,751 | 1,225 |
| | ATS 0/22 CS | 0,003 | 0,010 | 0,257 | 1,363 | 0,290 |
| | ATS 0/32 CS (1A) | 0,004 | 0,003 | 0,322 | 0,161 | 0,524 |
| | ATS 0/32 CS (1B) | 0,018 | 0,011 | 0,356 | 1,859 | 1,403 |
| II | SMA 0/11 S | 0,005 | 0,011 | 0,179 | 1,779 | 0,220 |
| | ABi 0/16 S (PmB) | 0,025 | 0,007 | 0,420 | 1,472 | 1,427 |
| | ATS 0/32 CS (2A) | 0,011 | 0,007 | 0,470 | 0,367 | 0,872 |
| | ATS 0/32 CS (2B) | --- | --- | --- | --- | --- |
| III | ABi 0/22 S (PmB) | 0,021 | 0,015 | 0,615 | 1,424 | 1,386 |
| IV | AB 0/11 S | 0,012 | 0,016 | 0,299 | 2,525 | 0,926 |

* Kocherauslaufprobe

## Zusammenstellung der Einzelwerte

| Probenbezeichnung | | | | Füller-anteil | | | | | Sand-anteil | | | | | Splitt-anteil | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Probenart | Mischgutart | Probe-Nr. | | [M.-%] | $x_1$ | $s_a$ | Max | Min | [M.-%] | $x_2$ | $s_a$ | Max | Min | [M.-%] | $x_3$ | $s_a$ | Max | Min |
| WSV-Platte | SMA 0/11S | Serie 1 | 1 | 13,7 | 13,57 | 0,115 | 13,70 | 13,50 | 10,5 | 10,50 | 0,100 | 10,60 | 10,40 | 75,8 | 75,93 | 0,153 | 76,10 | 75,80 |
| | | | 2 | 13,5 | | | | | 10,4 | | | | | 76,1 | | | | |
| | | | 3 | 13,5 | | | | | 10,6 | | | | | 75,9 | | | | |
| | | Serie 2 | 4 | 13,7 | 13,57 | 0,120 | 13,70 | 13,50 | 10,3 | 10,10 | 0,200 | 10,30 | 9,90 | 76,0 | 76,33 | 0,310 | 76,60 | 76,00 |
| | | | 5 | 13,5 | | | | | 9,9 | | | | | 76,6 | | | | |
| | | | 6 | 13,5 | | | | | 10,1 | | | | | 76,4 | | | | |
| BK-Platte | SMA 0/11S | Serie 3 | 7 | 13,3 | 13,40 | 0,265 | 13,70 | 13,20 | 10,6 | 10,60 | 0,100 | 10,70 | 10,50 | 76,1 | 76,00 | 0,361 | 76,30 | 75,60 |
| | | | 8 | 13,2 | | | | | 10,5 | | | | | 76,3 | | | | |
| | | | 9 | 13,7 | | | | | 10,7 | | | | | 75,6 | | | | |
| | | Serie 4 | 10 | 13,6 | 13,53 | 0,120 | 13,60 | 13,40 | 10,3 | 10,20 | 0,100 | 10,30 | 10,10 | 76,1 | 76,27 | 0,210 | 76,50 | 76,10 |
| | | | 11 | 13,6 | | | | | 10,2 | | | | | 76,2 | | | | |
| | | | 12 | 13,4 | | | | | 10,1 | | | | | 76,5 | | | | |
| WSV-Platte | ABi 0/16S | Serie 5 | 13 | 6,9 | 7,07 | 0,153 | 7,20 | 6,90 | 19,8 | 19,87 | 0,208 | 20,10 | 19,70 | 73,3 | 73,07 | 0,252 | 73,30 | 72,80 |
| | | | 14 | 7,2 | | | | | 19,7 | | | | | 73,1 | | | | |
| | | | 15 | 7,1 | | | | | 20,1 | | | | | 72,8 | | | | |
| | | Serie 6 | 16 | 7,1 | 7,10 | 0,100 | 7,20 | 7,00 | 19,5 | 19,93 | 0,510 | 20,50 | 19,50 | 73,4 | 72,97 | 0,450 | 73,40 | 72,50 |
| | | | 17 | 7,2 | | | | | 19,8 | | | | | 73,0 | | | | |
| | | | 18 | 7,0 | | | | | 20,5 | | | | | 72,5 | | | | |
| BK-Platte | ABi 0/16S | Serie 7 | 19 | 6,9 | 7,47 | 0,603 | 8,10 | 6,90 | 19,9 | 20,33 | 0,451 | 20,80 | 19,90 | 73,2 | 72,20 | 1,054 | 73,20 | 71,10 |
| | | | 20 | 8,1 | | | | | 20,8 | | | | | 71,1 | | | | |
| | | | 21 | 7,4 | | | | | 20,3 | | | | | 72,3 | | | | |
| | | Serie 8 | 22 | 7,8 | 7,70 | 0,100 | 7,80 | 7,60 | 19,8 | 20,10 | 0,360 | 20,50 | 19,80 | 72,4 | 72,20 | 0,260 | 72,40 | 71,90 |
| | | | 23 | 7,7 | | | | | 20,0 | | | | | 72,3 | | | | |
| | | | 24 | 7,6 | | | | | 20,5 | | | | | 71,9 | | | | |
| WSV-Platte | ABi 0/22 S | Serie 9 | 25 | 7,6 | 7,70 | 0,100 | 7,80 | 7,60 | 19,3 | 19,00 | 0,300 | 19,30 | 18,70 | 73,1 | 73,30 | 0,200 | 73,50 | 73,10 |
| | | | 26 | 7,8 | | | | | 18,7 | | | | | 73,5 | | | | |
| | | | 27 | 7,7 | | | | | 19,0 | | | | | 73,3 | | | | |
| | | Serie 10 | 28 | 7,5 | 7,60 | 0,100 | 7,70 | 7,50 | 19,1 | 18,87 | 0,210 | 19,10 | 18,70 | 73,4 | 73,53 | 0,150 | 73,70 | 73,40 |
| | | | 29 | 7,6 | | | | | 18,7 | | | | | 73,7 | | | | |
| | | | 30 | 7,7 | | | | | 18,8 | | | | | 73,5 | | | | |
| BK-Platte | ABi 0/22S | Serie 11 | 31 | 8,0 | 7,77 | 0,208 | 8,00 | 7,60 | 20,6 | 20,40 | 0,200 | 20,60 | 20,20 | 71,4 | 71,83 | 0,404 | 72,20 | 71,40 |
| | | | 32 | 7,7 | | | | | 20,4 | | | | | 71,9 | | | | |
| | | | 33 | 7,6 | | | | | 20,2 | | | | | 72,2 | | | | |
| | | Serie 12 | 34 | 7,7 | 7,83 | 0,120 | 7,90 | 7,70 | 19,8 | 19,67 | 0,150 | 19,80 | 19,50 | 72,5 | 72,50 | 0,100 | 72,60 | 72,40 |
| | | | 35 | 7,9 | | | | | 19,7 | | | | | 72,4 | | | | |
| | | | 36 | 7,9 | | | | | 19,5 | | | | | 72,6 | | | | |
| WSV-Platte | AB 0/11S | Serie 13 | 37 | 9,3 | 9,23 | 0,208 | 9,40 | 9,00 | 37,2 | 36,97 | 0,208 | 37,20 | 36,80 | 53,5 | 53,80 | 0,361 | 54,20 | 53,50 |
| | | | 38 | 9,0 | | | | | 36,8 | | | | | 54,2 | | | | |
| | | | 39 | 9,4 | | | | | 36,9 | | | | | 53,7 | | | | |
| | | Serie 14 | 40 | 9,5 | 9,50 | 0,100 | 9,60 | 9,40 | 37,4 | 37,60 | 0,260 | 37,90 | 37,40 | 53,1 | 52,90 | 0,200 | 53,10 | 52,70 |
| | | | 41 | 9,6 | | | | | 37,5 | | | | | 52,9 | | | | |
| | | | 42 | 9,4 | | | | | 37,9 | | | | | 52,7 | | | | |
| BK-Platte | AB 0/11S | Serie 15 | 43 | 9,8 | 9,70 | 0,173 | 9,80 | 9,50 | 40,5 | 38,87 | 1,436 | 40,50 | 37,80 | 49,7 | 51,43 | 1,553 | 52,70 | 49,70 |
| | | | 44 | 9,5 | | | | | 37,8 | | | | | 52,7 | | | | |
| | | | 45 | 9,8 | | | | | 38,3 | | | | | 51,9 | | | | |
| | | Serie 16 | 46 | 9,9 | 10,13 | 0,210 | 10,30 | 9,90 | 39,0 | 39,43 | 0,400 | 39,80 | 39,00 | 51,1 | 50,43 | 0,590 | 51,10 | 50,00 |
| | | | 47 | 10,2 | | | | | 39,8 | | | | | 50,0 | | | | |
| | | | 48 | 10,3 | | | | | 39,5 | | | | | 50,2 | | | | |
| WSV-Platte | ATS 0/32CS | Serie 17 | 37 | 7,9 | 7,97 | 0,115 | 8,10 | 7,90 | 18,7 | 18,63 | 0,208 | 18,80 | 18,40 | 73,4 | 73,40 | 0,100 | 73,50 | 73,30 |
| | | | 38 | 7,9 | | | | | 18,8 | | | | | 73,3 | | | | |
| | | | 39 | 8,1 | | | | | 18,4 | | | | | 73,5 | | | | |
| | | Serie 18 | 40 | 8,0 | 8,07 | 0,120 | 8,20 | 8,00 | 19,5 | 18,80 | 0,660 | 19,50 | 18,20 | 72,5 | 73,13 | 0,650 | 73,80 | 72,50 |
| | | | 41 | 8,0 | | | | | 18,2 | | | | | 73,8 | | | | |
| | | | 42 | 8,2 | | | | | 18,7 | | | | | 73,1 | | | | |
| BK-Platte | ATS 0/32CS | Serie 19 | 43 | 8,4 | 8,23 | 0,208 | 8,40 | 8,00 | 19,6 | 19,00 | 0,529 | 19,60 | 18,60 | 72,0 | 72,77 | 0,666 | 73,20 | 72,00 |
| | | | 44 | 8,0 | | | | | 18,8 | | | | | 73,2 | | | | |
| | | | 45 | 8,3 | | | | | 18,6 | | | | | 73,1 | | | | |
| | | Serie 20 | 46 | 8,2 | 8,20 | 0,100 | 8,30 | 8,10 | 18,9 | 19,30 | 0,350 | 19,50 | 18,90 | 72,9 | 72,50 | 0,360 | 72,90 | 72,20 |
| | | | 47 | 8,3 | | | | | 19,5 | | | | | 72,2 | | | | |
| | | | 48 | 8,1 | | | | | 19,5 | | | | | 72,4 | | | | |

## Kritische Spannweiten von Einzelwerten und Prüfgrößen der Ausreißerprüfung

| Probenbezeichnung | | | | Füllteranteil | | | | | Sandanteil | | | | | Splittanteil | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Probenart | Mischgutart | Probe-Nr. | | Prüfgr. | $T_1$ | $T_2$ | d | $d_a$ | Prüfgr. | $T_1$ | $T_2$ | d | $d_a$ | Prüfgr. | $T_1$ | $T_2$ | d | $d_a$ |
| WSV-Platte | SMA 0/11S | Serie 1 | 1 | 1,130 | 0,609 | 1,130 | 0,200 | 0,381 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,200 | 0,331 | 1,111 | 0,850 | 1,111 | 0,300 | 0,506 |
| | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 3 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Serie 2 | 4 | 1,083 | 0,583 | 1,083 | 0,200 | 0,397 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,400 | 0,662 | 1,065 | 1,065 | 0,871 | 0,600 | 1,026 |
| | | | 5 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 6 | | | | | | | | | | | | | | | |
| BK-Platte | SMA 0/11S | Serie 3 | 7 | 1,132 | 0,755 | 1,132 | 0,500 | 0,877 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,200 | 0,331 | 1,108 | 1,108 | 0,831 | 0,700 | 1,195 |
| | | | 8 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 9 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Serie 4 | 10 | 1,083 | 1,083 | 0,583 | 0,200 | 0,397 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,200 | 0,331 | 1,095 | 0,810 | 1,095 | 0,400 | 0,695 |
| | | | 11 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 12 | | | | | | | | | | | | | | | |
| WSV-Platte | ABi 0/16S | Serie 5 | 13 | 1,111 | 1,111 | 0,850 | 0,300 | 0,506 | 1,106 | 0,817 | 1,106 | 0,400 | 0,688 | 1,071 | 1,071 | 0,913 | 0,500 | 0,834 |
| | | | 14 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 15 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Serie 6 | 16 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,200 | 0,331 | 1,118 | 0,843 | 1,118 | 1,000 | 1,688 | 1,044 | 1,044 | 0,956 | 0,900 | 1,490 |
| | | | 17 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 18 | | | | | | | | | | | | | | | |
| BK-Platte | ABi 0/16S | Serie 7 | 19 | 1,045 | 0,945 | 1,045 | 1,200 | 1,996 | 1,042 | 0,953 | 1,042 | 0,900 | 1,493 | 1,044 | 1,044 | 0,949 | 2,100 | 3,489 |
| | | | 20 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 21 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Serie 8 | 22 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,200 | 0,331 | 1,111 | 0,833 | 1,111 | 0,700 | 1,192 | 1,154 | 1,154 | 0,769 | 0,500 | 0,861 |
| | | | 23 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 24 | | | | | | | | | | | | | | | |
| WSV-Platte | ABi 0/22 S | Serie 9 | 25 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,200 | 0,331 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,600 | 0,993 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,400 | 0,662 |
| | | | 26 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 27 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Serie 10 | 28 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,200 | 0,331 | 1,095 | 0,810 | 1,095 | 0,400 | 0,695 | 1,133 | 0,867 | 1,133 | 0,300 | 0,497 |
| | | | 29 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 30 | | | | | | | | | | | | | | | |
| BK-Platte | ABi 0/22S | Serie 11 | 31 | 1,106 | 0,817 | 1,106 | 0,400 | 0,688 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,400 | 0,662 | 1,064 | 1,064 | 0,916 | 0,800 | 1,337 |
| | | | 32 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 33 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Serie 12 | 34 | 1,083 | 1,083 | 0,583 | 0,200 | 0,397 | 1,133 | 1,133 | 0,867 | 0,300 | 0,497 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,200 | 0,331 |
| | | | 35 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 36 | | | | | | | | | | | | | | | |
| WSV-Platte | AB 0/11S | Serie 13 | 37 | 1,106 | 1,106 | 0,817 | 0,400 | 0,688 | 1,106 | 0,817 | 1,106 | 0,400 | 0,688 | 1,108 | 0,831 | 1,108 | 0,700 | 1,195 |
| | | | 38 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 39 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Serie 14 | 40 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,200 | 0,331 | 1,154 | 0,769 | 1,154 | 0,500 | 0,861 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,400 | 0,662 |
| | | | 41 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 42 | | | | | | | | | | | | | | | |
| BK-Platte | AB 0/11S | Serie 15 | 43 | 1,156 | 1,156 | 0,578 | 0,300 | 0,573 | 1,135 | 0,745 | 1,135 | 2,700 | 4,753 | 1,114 | 1,114 | 0,818 | 3,000 | 5,140 |
| | | | 44 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 45 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Serie 16 | 46 | 1,095 | 1,095 | 0,810 | 0,400 | 0,695 | 1,075 | 1,075 | 0,925 | 0,800 | 1,324 | 1,136 | 0,729 | 1,136 | 1,100 | 1,953 |
| | | | 47 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 48 | | | | | | | | | | | | | | | |
| WSV-Platte | ATS 0/32CS | Serie 17 | 37 | 1,130 | 0,609 | 1,130 | 0,200 | 0,381 | 1,106 | 1,106 | 0,817 | 0,400 | 0,688 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,200 | 0,331 |
| | | | 38 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 39 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Serie 18 | 40 | 1,083 | 0,583 | 1,083 | 0,200 | 0,397 | 1,061 | 0,909 | 1,061 | 1,300 | 2,185 | 1,031 | 0,969 | 1,031 | 1,300 | 2,152 |
| | | | 41 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 42 | | | | | | | | | | | | | | | |
| BK-Platte | ATS 0/32CS | Serie 19 | 43 | 1,106 | 1,106 | 0,817 | 0,400 | 0,688 | 1,134 | 0,756 | 1,134 | 1,000 | 1,751 | 1,156 | 1,156 | 0,646 | 1,200 | 2,204 |
| | | | 44 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 45 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Serie 20 | 46 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,200 | 0,331 | 1,143 | 1,143 | 0,571 | 0,600 | 1,159 | 1,111 | 0,833 | 1,111 | 0,700 | 1,192 |
| | | | 47 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 48 | | | | | | | | | | | | | | | |

1,16 Schwellenwert

## Prüffehler und kritische Spannweite der Ergebnisse unter Wiederholbedingungen

| Probenbezeichnung | | | | Füllteranteil | | | | | Sandanteil | | | | | Splittanteil | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Probenart | Mischgutart | Probe-Nr. | | $x_1$ | X | $s_r$ | d | $d_a$ | $x_2$ | X | $s_r$ | d | $d_a$ | $x_3$ | X | $s_r$ | d | $d_a$ |
| WSV-Platte | SMA 0/11S | Serie 1 | 1 | 13,57 | 13,57 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 10,50 | 10,30 | 0,283 | 0,400 | 1,108 | 75,93 | 76,13 | 0,283 | 0,400 | 1,108 |
| | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 3 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Serie 2 | 4 | 13,57 | | | | | 10,10 | | | | | 76,33 | | | | |
| | | | 5 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 6 | | | | | | | | | | | | | | | |
| BK-Platte | SMA 0/11S | Serie 3 | 7 | 13,40 | 13,47 | 0,092 | 0,130 | 0,360 | 10,60 | 10,40 | 0,283 | 0,400 | 1,108 | 76,00 | 76,14 | 0,191 | 0,270 | 0,748 |
| | | | 8 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 9 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Serie 4 | 10 | 13,53 | | | | | 10,20 | | | | | 76,27 | | | | |
| | | | 11 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 12 | | | | | | | | | | | | | | | |
| WSV-Platte | ABi 0/16S | Serie 5 | 13 | 7,07 | 7,09 | 0,021 | 0,030 | 0,083 | 19,87 | 19,90 | 0,042 | 0,060 | 0,166 | 73,07 | 73,02 | 0,071 | 0,100 | 0,277 |
| | | | 14 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 15 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Serie 6 | 16 | 7,10 | | | | | 19,93 | | | | | 72,97 | | | | |
| | | | 17 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 18 | | | | | | | | | | | | | | | |
| BK-Platte | ABi 0/16S | Serie 7 | 19 | 7,47 | 7,59 | 0,163 | 0,230 | 0,637 | 20,33 | 20,22 | 0,163 | 0,230 | 0,637 | 72,20 | 72,20 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | | | 20 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 21 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Serie 8 | 22 | 7,70 | | | | | 20,10 | | | | | 72,20 | | | | |
| | | | 23 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 24 | | | | | | | | | | | | | | | |
| WSV-Platte | ABi 0/22 S | Serie 9 | 25 | 7,70 | 7,65 | 0,071 | 0,100 | 0,277 | 19,00 | 18,94 | 0,092 | 0,130 | 0,360 | 73,30 | 73,42 | 0,163 | 0,230 | 0,637 |
| | | | 26 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 27 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Serie 10 | 28 | 7,60 | | | | | 18,87 | | | | | 73,53 | | | | |
| | | | 29 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 30 | | | | | | | | | | | | | | | |
| BK-Platte | ABi 0/22S | Serie 11 | 31 | 7,77 | 7,80 | 0,042 | 0,060 | 0,166 | 20,40 | 20,04 | 0,516 | 0,730 | 2,022 | 71,83 | 72,17 | 0,474 | 0,670 | 1,856 |
| | | | 32 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 33 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Serie 12 | 34 | 7,83 | | | | | 19,67 | | | | | 72,50 | | | | |
| | | | 35 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 36 | | | | | | | | | | | | | | | |
| WSV-Platte | AB 0/11S | Serie 13 | 37 | 9,23 | 9,37 | 0,191 | 0,270 | 0,748 | 36,97 | 37,29 | 0,446 | 0,630 | 1,745 | 53,80 | 53,35 | 0,636 | 0,900 | 2,493 |
| | | | 38 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 39 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Serie 14 | 40 | 9,50 | | | | | 37,60 | | | | | 52,90 | | | | |
| | | | 41 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 42 | | | | | | | | | | | | | | | |
| BK-Platte | AB 0/11S | Serie 15 | 43 | 9,70 | 9,92 | 0,304 | 0,430 | 1,191 | 38,87 | 39,15 | 0,396 | 0,560 | 1,551 | 51,43 | 50,93 | 0,707 | 1,000 | 2,770 |
| | | | 44 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 45 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Serie 16 | 46 | 10,13 | | | | | 39,43 | | | | | 50,43 | | | | |
| | | | 47 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 48 | | | | | | | | | | | | | | | |
| WSV-Platte | ATS 0/32CS | Serie 17 | 37 | 7,97 | 8,02 | 0,071 | 0,100 | 0,277 | 18,63 | 18,72 | 0,120 | 0,170 | 0,471 | 73,40 | 73,27 | 0,191 | 0,270 | 0,748 |
| | | | 38 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 39 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Serie 18 | 40 | 8,07 | | | | | 18,80 | | | | | 73,13 | | | | |
| | | | 41 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 42 | | | | | | | | | | | | | | | |
| BK-Platte | ATS 0/32CS | Serie 19 | 43 | 8,23 | 8,22 | 0,021 | 0,030 | 0,083 | 19,00 | 19,15 | 0,212 | 0,300 | 0,831 | 72,77 | 72,64 | 0,191 | 0,270 | 0,748 |
| | | | 44 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 45 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Serie 20 | 46 | 8,20 | | | | | 19,30 | | | | | 72,50 | | | | |
| | | | 47 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 48 | | | | | | | | | | | | | | | |

## Zusammenstellung der Einzelwerte

| Probenbezeichnung | | | | Grobkornanteil | | | | | Bindemittelgehalt | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Probenart | Mischgutart | Probe-Nr. | | [M.-%] | $x_1$ | $s_a$ | Max | Min | [M.-%] | $x_2$ | $s_a$ | Max | Min |
| WSV-Platte | SMA 0/11S | Serie 1 | 1 | 40,6 | 40,97 | 0,351 | 41,30 | 40,60 | 6,8 | 6,80 | 0,100 | 6,90 | 6,70 |
| | | | 2 | 41,3 | | | | | 6,9 | | | | |
| | | | 3 | 41,0 | | | | | 6,7 | | | | |
| | | Serie 2 | 4 | 41,2 | 42,20 | 1,050 | 43,30 | 41,20 | 7,0 | 6,90 | 0,100 | 7,00 | 6,80 |
| | | | 5 | 43,3 | | | | | 6,9 | | | | |
| | | | 6 | 42,1 | | | | | 6,8 | | | | |
| BK-Platte | SMA 0/11S | Serie 3 | 7 | 41,1 | 40,60 | 0,458 | 41,10 | 40,20 | 6,7 | 6,80 | 0,100 | 6,90 | 6,70 |
| | | | 8 | 40,2 | | | | | 6,8 | | | | |
| | | | 9 | 40,5 | | | | | 6,9 | | | | |
| | | Serie 4 | 10 | 38,6 | 40,57 | 1,950 | 42,50 | 38,60 | 6,9 | 6,77 | 0,150 | 6,90 | 6,60 |
| | | | 11 | 42,5 | | | | | 6,6 | | | | |
| | | | 12 | 40,6 | | | | | 6,8 | | | | |
| WSV-Platte | ABi 0/16S | Serie 5 | 13 | 29,5 | 29,67 | 0,208 | 29,90 | 29,50 | 5,1 | 4,93 | 0,153 | 5,10 | 4,80 |
| | | | 14 | 29,6 | | | | | 4,9 | | | | |
| | | | 15 | 29,9 | | | | | 4,8 | | | | |
| | | Serie 6 | 16 | 26,7 | 27,03 | 0,350 | 27,40 | 26,70 | 5,0 | 5,00 | 0,100 | 5,10 | 4,90 |
| | | | 17 | 27,4 | | | | | 4,9 | | | | |
| | | | 18 | 27,0 | | | | | 5,1 | | | | |
| BK-Platte | ABi 0/16S | Serie 7 | 19 | 31,4 | 28,37 | 3,213 | 31,40 | 25,00 | 4,8 | 4,93 | 0,153 | 5,10 | 4,80 |
| | | | 20 | 25,0 | | | | | 5,1 | | | | |
| | | | 21 | 28,7 | | | | | 4,9 | | | | |
| | | Serie 8 | 22 | 29,9 | 27,07 | 2,960 | 29,90 | 24,00 | 4,9 | 4,90 | 0,100 | 5,00 | 4,80 |
| | | | 23 | 24,0 | | | | | 5,0 | | | | |
| | | | 24 | 27,3 | | | | | 4,8 | | | | |
| WSV-Platte | ABi 0/22 S | Serie 9 | 25 | 31,9 | 31,93 | 0,252 | 32,20 | 31,70 | 4,0 | 4,10 | 0,100 | 4,20 | 4,00 |
| | | | 26 | 32,2 | | | | | 4,1 | | | | |
| | | | 27 | 31,7 | | | | | 4,2 | | | | |
| | | Serie 10 | 28 | 31,6 | 32,60 | 0,920 | 33,40 | 31,60 | 4,1 | 4,00 | 0,100 | 4,10 | 3,90 |
| | | | 29 | 33,4 | | | | | 4,0 | | | | |
| | | | 30 | 32,8 | | | | | 3,9 | | | | |
| BK-Platte | ABi 0/22S | Serie 11 | 31 | 24,5 | 23,67 | 0,737 | 24,50 | 23,10 | 3,6 | 3,93 | 0,351 | 4,30 | 3,60 |
| | | | 32 | 23,1 | | | | | 4,3 | | | | |
| | | | 33 | 23,4 | | | | | 3,9 | | | | |
| | | Serie 12 | 34 | 25,1 | 23,97 | 1,330 | 25,10 | 22,50 | 4,0 | 4,00 | 0,100 | 4,10 | 3,90 |
| | | | 35 | 22,5 | | | | | 4,1 | | | | |
| | | | 36 | 24,3 | | | | | 3,9 | | | | |
| WSV-Platte | AB 0/11S | Serie 13 | 37 | 22,9 | 23,10 | 0,436 | 23,60 | 22,80 | 5,9 | 5,90 | 0,100 | 6,00 | 5,80 |
| | | | 38 | 22,8 | | | | | 6,0 | | | | |
| | | | 39 | 23,6 | | | | | 5,8 | | | | |
| | | Serie 14 | 40 | 23,0 | 22,60 | 0,460 | 23,00 | 22,10 | 5,7 | 5,77 | 0,120 | 5,90 | 5,70 |
| | | | 41 | 22,7 | | | | | 5,7 | | | | |
| | | | 42 | 22,1 | | | | | 5,9 | | | | |
| BK-Platte | AB 0/11S | Serie 15 | 43 | 17,4 | 19,83 | 2,237 | 21,80 | 17,40 | 6,0 | 5,83 | 0,153 | 6,00 | 5,70 |
| | | | 44 | 21,8 | | | | | 5,7 | | | | |
| | | | 45 | 20,3 | | | | | 5,8 | | | | |
| | | Serie 16 | 46 | 21,3 | 20,30 | 0,890 | 21,30 | 19,60 | 6,0 | 5,90 | 0,100 | 6,00 | 5,80 |
| | | | 47 | 19,6 | | | | | 5,8 | | | | |
| | | | 48 | 20,0 | | | | | 5,9 | | | | |
| WSV-Platte | ATS 0/32CS | Serie 17 | 37 | 13,6 | 14,23 | 0,569 | 14,70 | 13,60 | 4,1 | 4,10 | 0,100 | 4,20 | 4,00 |
| | | | 38 | 14,4 | | | | | 4,2 | | | | |
| | | | 39 | 14,7 | | | | | 4,0 | | | | |
| | | Serie 18 | 40 | 13,9 | 13,90 | 0,300 | 14,20 | 13,60 | 4,2 | 4,10 | 0,100 | 4,20 | 4,00 |
| | | | 41 | 13,6 | | | | | 4,0 | | | | |
| | | | 42 | 14,2 | | | | | 4,1 | | | | |
| BK-Platte | ATS 0/32CS | Serie 19 | 43 | 9,8 | 10,33 | 0,462 | 10,60 | 9,80 | 4,2 | 4,07 | 0,115 | 4,20 | 4,00 |
| | | | 44 | 10,6 | | | | | 4,0 | | | | |
| | | | 45 | 10,6 | | | | | 4,0 | | | | |
| | | Serie 20 | 46 | 10,6 | 10,57 | 0,350 | 10,90 | 10,20 | 4,1 | 4,17 | 0,120 | 4,30 | 4,10 |
| | | | 47 | 10,9 | | | | | 4,1 | | | | |
| | | | 48 | 10,2 | | | | | 4,3 | | | | |

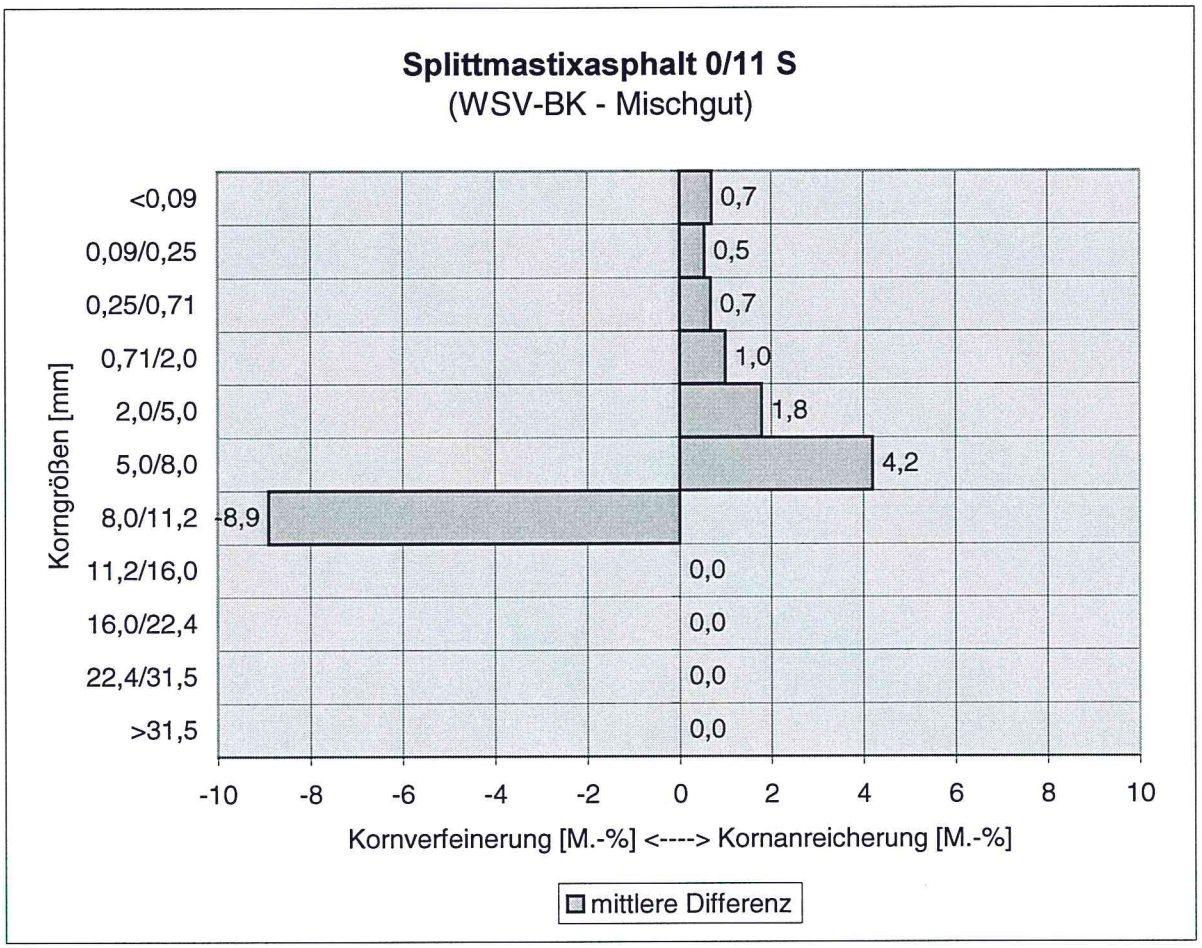
## Kritische Spannweiten von Einzelwerten und Prüfgrößen der Ausreißerprüfung

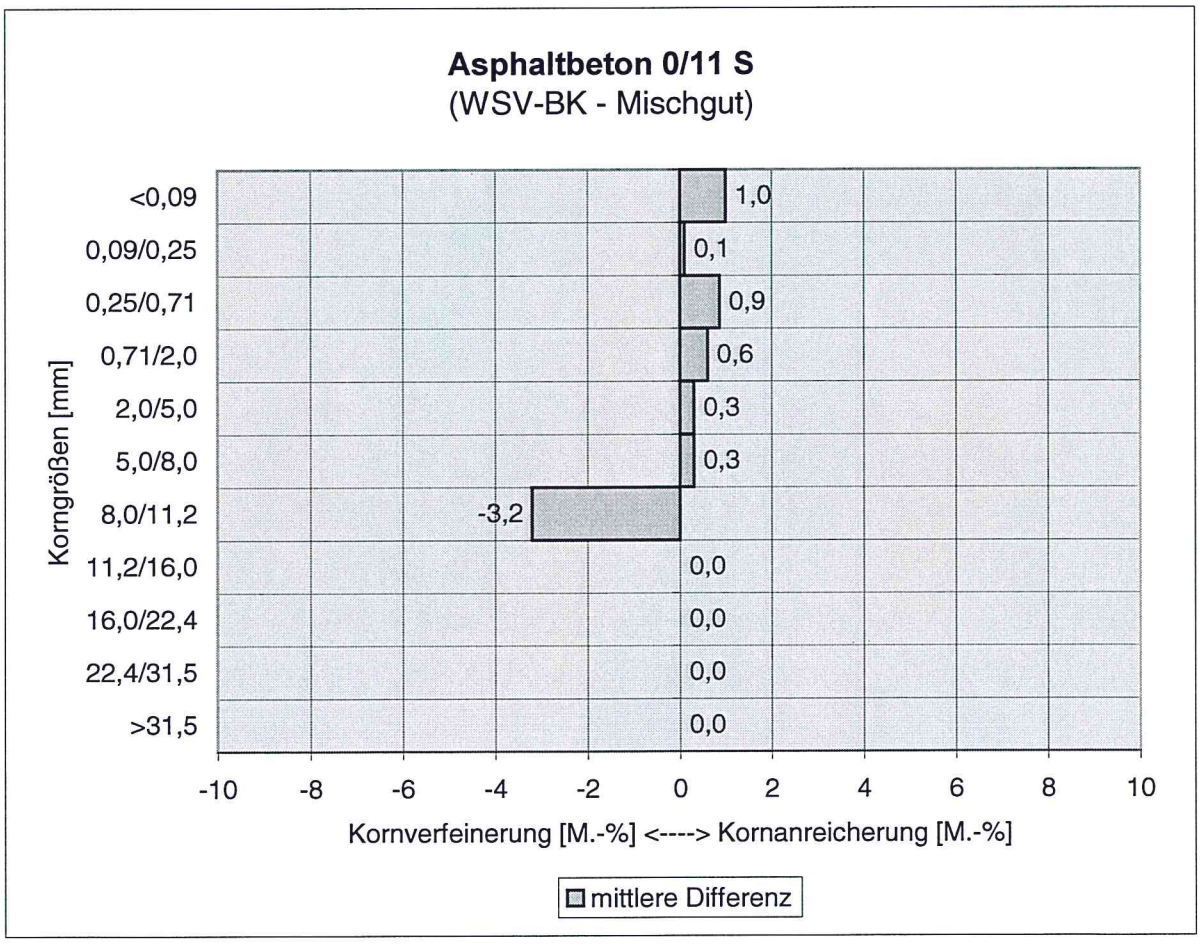
| Probenbezeichnung | | | | Grobkornanteil | | | | | Bindemittelgehalt | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Probenart | Mischgutart | Probe-Nr. | | Prüfgr. | $T_1$ | $T_2$ | d | $d_a$ | Prüfgr. | $T_1$ | $T_2$ | d | $d_a$ |
| WSV-Platte | SMA 0/11S | Serie 1 | 1 | 1,054 | 1,054 | 0,940 | 0,700 | 1,162 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,200 | 0,331 |
| | | | 2 | | | | | | | | | | |
| | | | 3 | | | | | | | | | | |
| | | Serie 2 | 4 | 1,048 | 0,952 | 1,048 | 2,100 | 3,476 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,200 | 0,331 |
| | | | 5 | | | | | | | | | | |
| | | | 6 | | | | | | | | | | |
| BK-Platte | SMA 0/11S | Serie 3 | 7 | 1,092 | 0,873 | 1,092 | 0,900 | 1,516 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,200 | 0,331 |
| | | | 8 | | | | | | | | | | |
| | | | 9 | | | | | | | | | | |
| | | Serie 4 | 10 | 1,010 | 1,010 | 0,990 | 3,900 | 6,455 | 1,133 | 1,133 | 0,867 | 0,300 | 0,497 |
| | | | 11 | | | | | | | | | | |
| | | | 12 | | | | | | | | | | |
| WSV-Platte | ABi 0/16S | Serie 5 | 13 | 1,106 | 0,817 | 1,106 | 0,400 | 0,688 | 1,111 | 0,850 | 1,111 | 0,300 | 0,506 |
| | | | 14 | | | | | | | | | | |
| | | | 15 | | | | | | | | | | |
| | | Serie 6 | 16 | 1,057 | 0,943 | 1,057 | 0,700 | 1,159 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,200 | 0,331 |
| | | | 17 | | | | | | | | | | |
| | | | 18 | | | | | | | | | | |
| BK-Platte | ABi 0/16S | Serie 7 | 19 | 1,049 | 1,049 | 0,943 | 6,400 | 10,635 | 1,111 | 0,850 | 1,111 | 0,300 | 0,506 |
| | | | 20 | | | | | | | | | | |
| | | | 21 | | | | | | | | | | |
| | | Serie 8 | 22 | 1,037 | 1,037 | 0,956 | 5,900 | 9,798 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,200 | 0,331 |
| | | | 23 | | | | | | | | | | |
| | | | 24 | | | | | | | | | | |
| WSV-Platte | ABi 0/22 S | Serie 9 | 25 | 1,071 | 0,913 | 1,071 | 0,500 | 0,834 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,200 | 0,331 |
| | | | 26 | | | | | | | | | | |
| | | | 27 | | | | | | | | | | |
| | | Serie 10 | 28 | 1,087 | 1,087 | 0,870 | 1,800 | 3,045 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,200 | 0,331 |
| | | | 29 | | | | | | | | | | |
| | | | 30 | | | | | | | | | | |
| BK-Platte | ABi 0/22S | Serie 11 | 31 | 1,126 | 0,773 | 1,126 | 1,400 | 2,439 | 1,054 | 0,940 | 1,054 | 0,700 | 1,162 |
| | | | 32 | | | | | | | | | | |
| | | | 33 | | | | | | | | | | |
| | | Serie 12 | 34 | 1,105 | 1,105 | 0,850 | 2,600 | 4,402 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,200 | 0,331 |
| | | | 35 | | | | | | | | | | |
| | | | 36 | | | | | | | | | | |
| WSV-Platte | AB 0/11S | Serie 13 | 37 | 1,147 | 0,688 | 1,147 | 0,800 | 1,443 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,200 | 0,331 |
| | | | 38 | | | | | | | | | | |
| | | | 39 | | | | | | | | | | |
| | | Serie 14 | 40 | 1,087 | 1,087 | 0,870 | 0,900 | 1,523 | 1,083 | 0,583 | 1,083 | 0,200 | 0,397 |
| | | | 41 | | | | | | | | | | |
| | | | 42 | | | | | | | | | | |
| BK-Platte | AB 0/11S | Serie 15 | 43 | 1,086 | 1,086 | 0,881 | 4,400 | 7,404 | 1,111 | 0,850 | 1,111 | 0,300 | 0,506 |
| | | | 44 | | | | | | | | | | |
| | | | 45 | | | | | | | | | | |
| | | Serie 16 | 46 | 1,124 | 0,787 | 1,124 | 1,700 | 2,946 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,200 | 0,331 |
| | | | 47 | | | | | | | | | | |
| | | | 48 | | | | | | | | | | |
| WSV-Platte | ATS 0/32CS | Serie 17 | 37 | 1,107 | 1,107 | 0,826 | 1,100 | 1,883 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,200 | 0,331 |
| | | | 38 | | | | | | | | | | |
| | | | 39 | | | | | | | | | | |
| | | Serie 18 | 40 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,600 | 0,993 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,200 | 0,331 |
| | | | 41 | | | | | | | | | | |
| | | | 42 | | | | | | | | | | |
| BK-Platte | ATS 0/32CS | Serie 19 | 43 | 1,147 | 1,147 | 0,584 | 0,800 | 1,529 | 1,130 | 0,609 | 1,130 | 0,200 | 0,381 |
| | | | 44 | | | | | | | | | | |
| | | | 45 | | | | | | | | | | |
| | | Serie 20 | 46 | 1,057 | 1,057 | 0,943 | 0,700 | 1,159 | 1,083 | 0,583 | 1,083 | 0,200 | 0,397 |
| | | | 47 | | | | | | | | | | |
| | | | 48 | | | | | | | | | | |

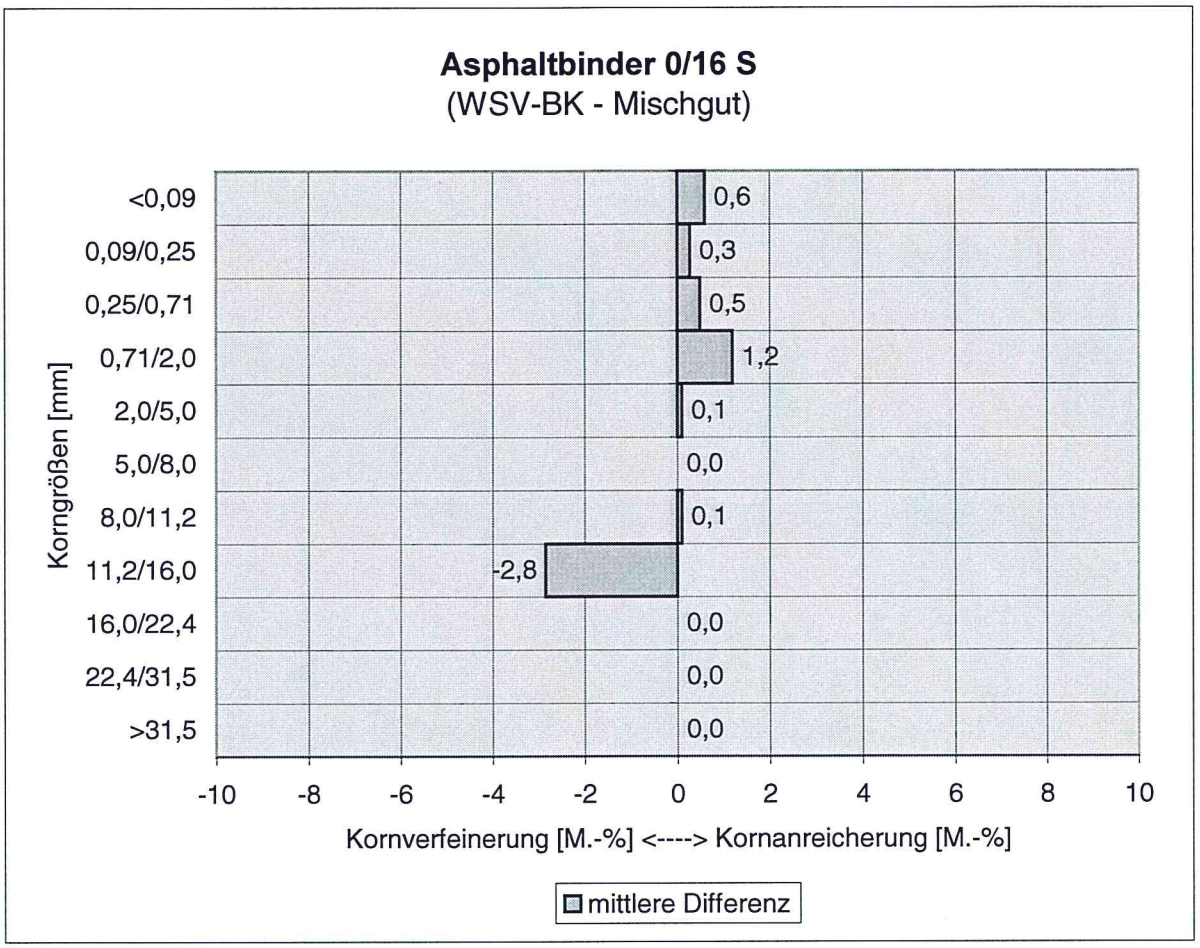
1,16 Schwellenwert

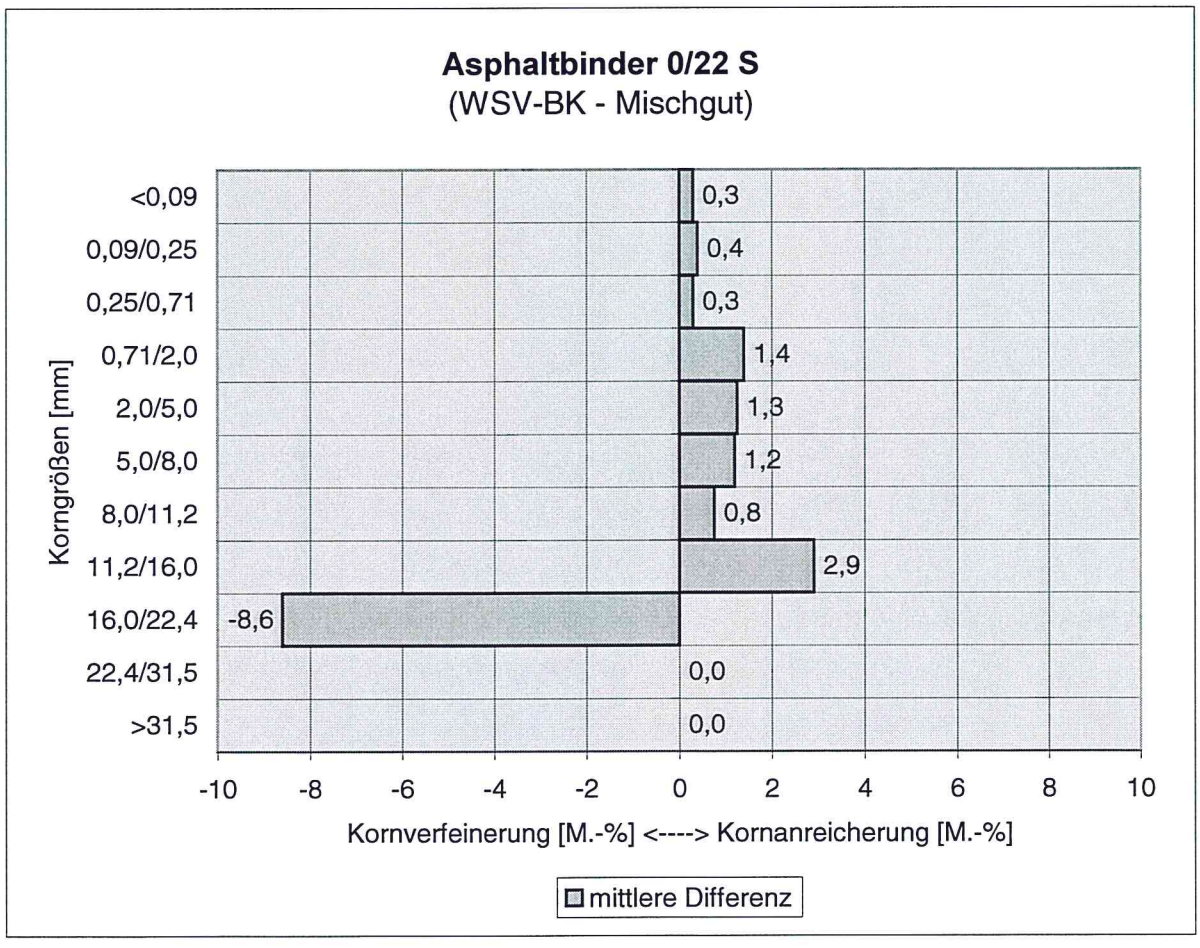
## Prüffehler und kritische Spannweite der Ergebnisse unter Wiederholbedingungen

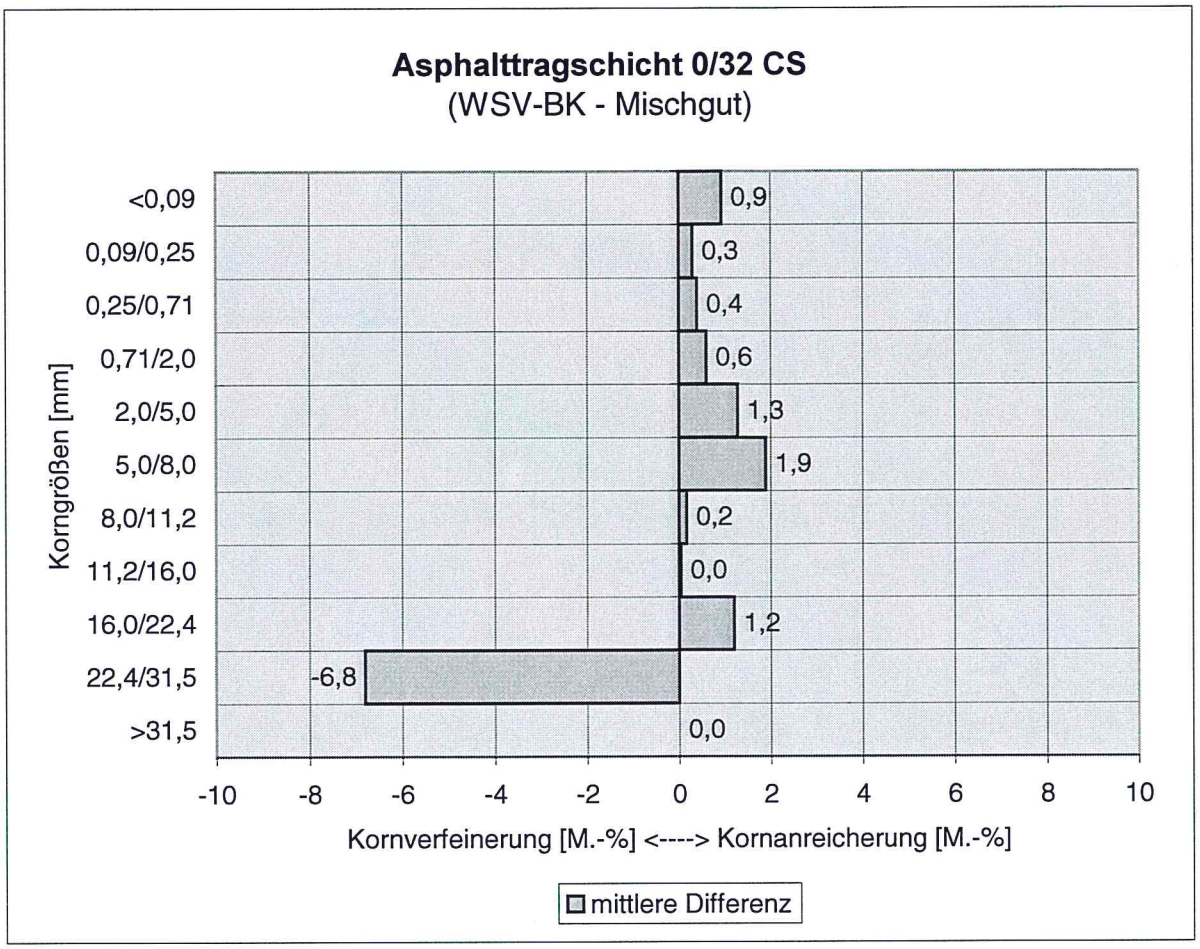
| Probenbezeichnung | | | | Grobkornanteil | | | | | Bindemittelgehalt | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Probenart | Mischgutart | Probe-Nr. | | $x_1$ | X | $s_r$ | d | $d_a$ | $x_2$ | X | $s_r$ | d | $d_a$ |
| WSV-Platte | SMA 0/11S | Serie 1 | 1 | 40,97 | 41,59 | 0,870 | 1,230 | 3,407 | 6,80 | 6,85 | 0,071 | 0,100 | 0,277 |
| | | | 2 | | | | | | | | | | |
| | | | 3 | | | | | | | | | | |
| | | Serie 2 | 4 | 42,20 | | | | | 6,90 | | | | |
| | | | 5 | | | | | | | | | | |
| | | | 6 | | | | | | | | | | |
| BK-Platte | SMA 0/11S | Serie 3 | 7 | 40,60 | 40,59 | 0,021 | 0,030 | 0,083 | 6,80 | 6,79 | 0,021 | 0,030 | 0,083 |
| | | | 8 | | | | | | | | | | |
| | | | 9 | | | | | | | | | | |
| | | Serie 4 | 10 | 40,57 | | | | | 6,77 | | | | |
| | | | 11 | | | | | | | | | | |
| | | | 12 | | | | | | | | | | |
| WSV-Platte | ABi 0/16S | Serie 5 | 13 | 29,67 | 28,35 | 1,867 | 2,640 | 7,313 | 4,93 | 4,97 | 0,050 | 0,070 | 0,194 |
| | | | 14 | | | | | | | | | | |
| | | | 15 | | | | | | | | | | |
| | | Serie 6 | 16 | 27,03 | | | | | 5,00 | | | | |
| | | | 17 | | | | | | | | | | |
| | | | 18 | | | | | | | | | | |
| BK-Platte | ABi 0/16S | Serie 7 | 19 | 28,37 | 27,72 | 0,919 | 1,300 | 3,601 | 4,93 | 4,92 | 0,021 | 0,030 | 0,083 |
| | | | 20 | | | | | | | | | | |
| | | | 21 | | | | | | | | | | |
| | | Serie 8 | 22 | 27,07 | | | | | 4,90 | | | | |
| | | | 23 | | | | | | | | | | |
| | | | 24 | | | | | | | | | | |
| WSV-Platte | ABi 0/22 S | Serie 9 | 25 | 31,93 | 32,27 | 0,474 | 0,670 | 1,856 | 4,10 | 4,05 | 0,071 | 0,100 | 0,277 |
| | | | 26 | | | | | | | | | | |
| | | | 27 | | | | | | | | | | |
| | | Serie 10 | 28 | 32,60 | | | | | 4,00 | | | | |
| | | | 29 | | | | | | | | | | |
| | | | 30 | | | | | | | | | | |
| BK-Platte | ABi 0/22S | Serie 11 | 31 | 23,67 | 23,82 | 0,212 | 0,300 | 0,831 | 3,93 | 3,97 | 0,050 | 0,070 | 0,194 |
| | | | 32 | | | | | | | | | | |
| | | | 33 | | | | | | | | | | |
| | | Serie 12 | 34 | 23,97 | | | | | 4,00 | | | | |
| | | | 35 | | | | | | | | | | |
| | | | 36 | | | | | | | | | | |
| WSV-Platte | AB 0/11S | Serie 13 | 37 | 23,10 | 22,85 | 0,354 | 0,500 | 1,385 | 5,90 | 5,84 | 0,092 | 0,130 | 0,360 |
| | | | 38 | | | | | | | | | | |
| | | | 39 | | | | | | | | | | |
| | | Serie 14 | 40 | 22,60 | | | | | 5,77 | | | | |
| | | | 41 | | | | | | | | | | |
| | | | 42 | | | | | | | | | | |
| BK-Platte | AB 0/11S | Serie 15 | 43 | 19,83 | 20,07 | 0,332 | 0,470 | 1,302 | 5,83 | 5,87 | 0,050 | 0,070 | 0,194 |
| | | | 44 | | | | | | | | | | |
| | | | 45 | | | | | | | | | | |
| | | Serie 16 | 46 | 20,30 | | | | | 5,90 | | | | |
| | | | 47 | | | | | | | | | | |
| | | | 48 | | | | | | | | | | |
| WSV-Platte | ATS 0/32CS | Serie 17 | 37 | - | 14,07 | 0,233 | 0,330 | 0,914 | 4,10 | 4,10 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | | | 38 | 14,23 | | | | | | | | | |
| | | | 39 | | | | | | | | | | |
| | | Serie 18 | 40 | 13,90 | | | | | 4,10 | | | | |
| | | | 41 | | | | | | | | | | |
| | | | 42 | | | | | | | | | | |
| BK-Platte | ATS 0/32CS | Serie 19 | 43 | 10,33 | 10,45 | 0,170 | 0,240 | 0,665 | 4,07 | 4,12 | 0,071 | 0,100 | 0,277 |
| | | | 44 | | | | | | | | | | |
| | | | 45 | | | | | | | | | | |
| | | Serie 20 | 46 | 10,57 | | | | | 4,17 | | | | |
| | | | 47 | | | | | | | | | | |
| | | | 48 | | | | | | | | | | |


Splittmastixasphalt 0/11 S
(WSV-BK - Mischgut)
Korngrößen [mm]
<0,09
0,09/0,25
0,25/0,71
0,71/2,0
2,0/5,0
5,0/8,0
8,0/11,2
11,2/16,0
16,0/22,4
22,4/31,5
>31,5
0,7
0,5
0,7
1,0
1,8
4,2
-8,9
0,0
0,0
0,0
0,0
-10 -8 -6 -4 -2 0 2 4 6 8 10
Kornverfeinerung [M.-%] <----> Kornanreicherung [M.-%]
mittlere Differenz


Asphaltbeton 0/11 S
(WSV-BK - Mischgut)
Korngrößen [mm]
<0,09
0,09/0,25
0,25/0,71
0,71/2,0
2,0/5,0
5,0/8,0
8,0/11,2
11,2/16,0
16,0/22,4
22,4/31,5
>31,5
1,0
0,1
0,9
0,6
0,3
0,3
-3,2
0,0
0,0
0,0
0,0
-10 -8 -6 -4 -2 0 2 4 6 8 10
Kornverfeinerung [M.-%] <----> Kornanreicherung [M.-%]
mittlere Differenz


Asphaltbinder 0/16 S
(WSV-BK - Mischgut)
Korngrößen [mm]
<0,09
0,09/0,25
0,25/0,71
0,71/2,0
2,0/5,0
5,0/8,0
8,0/11,2
11,2/16,0
16,0/22,4
22,4/31,5
>31,5
0,6
0,3
0,5
1,2
0,1
0,0
0,1
-2,8
0,0
0,0
0,0
-10 -8 -6 -4 -2 0 2 4 6 8 10
Kornverfeinerung [M.-%] <----> Kornanreicherung [M.-%]
mittlere Differenz


Asphaltbinder 0/22 S
(WSV-BK - Mischgut)
Korngrößen [mm]
<0,09
0,09/0,25
0,25/0,71
0,71/2,0
2,0/5,0
5,0/8,0
8,0/11,2
11,2/16,0
16,0/22,4
22,4/31,5
>31,5
0,3
0,4
0,3
1,4
1,3
1,2
0,8
2,9
-8,6
0,0
0,0
-10 -8 -6 -4 -2 0 2 4 6 8 10
Kornverfeinerung [M.-%] <----> Kornanreicherung [M.-%]
mittlere Differenz


Asphalttragschicht 0/32 CS
(WSV-BK - Mischgut)
Korngrößen [mm]
<0,09
0,09/0,25
0,25/0,71
0,71/2,0
2,0/5,0
5,0/8,0
8,0/11,2
11,2/16,0
16,0/22,4
22,4/31,5
>31,5
0,9
0,3
0,4
0,6
1,3
1,9
0,2
0,0
1,2
-6,8
0,0
-10
-8
-6
-4
-2
0
2
4
6
8
10
Kornverfeinerung [M.-%] <----> Kornanreicherung [M.-%]
mittlere Differenz