

Untersuchungen zum Ersatz des Brechsand / Natursand-Verhältnisses durch den Fließkoeffizienten

FA 6.082

Forschungsstelle: Technische Universität München, Lehrstuhl für Baustoffkunde und Werkstoffprüfung (Prof. Dr.-Ing. P. Schießl)

Bearbeiter: Wörner, T. / Stütz, M. / Westiner, E.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn

Abschluss: März 2008

1 Einleitung

Im bisherigen nationalen Regelwerk wird die Mörtelsteifigkeit neben der Bindemittelhärte über das Brechsand-Natursand-Verhältnis geregelt. Man geht dabei davon aus, dass gebrochene feine Gesteinskörnungen (im Folgenden: Brechsande) aufgrund ihrer Oberflächenbeschaffenheit, ihrer Kornform und ihrer Kantigkeit eine höhere innere Reibung aufweisen als natürlich gewonnene feine Gesteinskörnungen (im Folgenden: Natursande) und daher die mit Brechsanden erzielte Mörtelsteifigkeit des Asphalts generell höher ist als bei Verwendung von Natursanden.

Die versteifende Wirkung der feinen Gesteinskörnungskomponente spielt in der Asphalttechnologie eine wesentliche Rolle zur Erzielung einer guten Verformungsbeständigkeit. Mit Einführung der DIN EN 13043 (Deutsches Institut für Normung, Dezember 2002) wurde die formale Unterscheidung zwischen Brechsand und Natursand aufgehoben, die feinen Gesteinskörnungen werden anhand ihres Fließkoeffizienten voneinander unterschieden.

In Bild 1 ist die Häufigkeitsverteilung des Fließkoeffizienten für Brech- und Natursande wiedergegeben. Die ermittelten Fließkoeffizienten von Brechsanden liegen im Bereich von 27 bis 55, die der Natursande im Bereich von 23 bis 42. Die Verteilung der Fließkoeffizienten liefert wie erwartet eine Überschneidung von Brech- und Natursand hauptsächlich im Bereich zwischen 30 und 35, insgesamt zwischen 27 und 42.

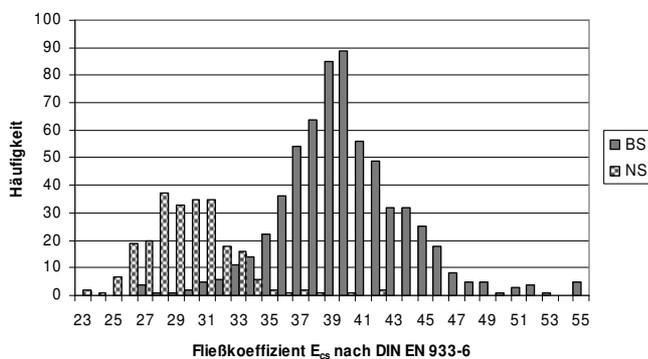


Bild 1: Häufigkeitsverteilung der Fließkoeffizienten bei Brech- und Natursanden

2 Untersuchung der feinen Gesteinskörnungen

2.1 Beschreibung des Verfahrens

Nach DIN EN 933-6 (Deutsches Institut für Normung, Februar 2002) drückt der Fließkoeffizient die Zeit in Sekunden aus,

welche eine vorgegebene Menge einer feinen Gesteinskörnung (0,063–2 mm) benötigt, um durch die genormte Öffnung der Versuchsvorrichtung zu rieseln. Die erforderliche Prüfgutmasse ist von der Rohdichte der feinen Gesteinskörnung abhängig.

2.2 Bestimmung des Fließkoeffizienten

2.2.1 Bestätigung der Präzision des Verfahrens

Die Ermittlung des Fließkoeffizienten nach DIN EN 933-6 erfolgte an 50 Natursanden und 50 Brechsanden, wobei für jede Probe der Mittelwert aus fünf Einzelwerten errechnet wird. Die Wiederholpräzision soll dabei für einen Fließkoeffizienten von 40 s (gemäß Berichtigung zu DIN EN 933-6 für feine Gesteinskörnungen 0,063-2) 1,2 s betragen, die Vergleichspräzision 2,9 s. In Bild 2 ist die Häufigkeitsverteilung der maximalen Schwankungen für die normgemäße Fließkoeffizientenbestimmung von 5 Mittelwerten aus 5 Wiederholprüfungen von 16 näher betrachteten Natur- und Brechsanden angetragen. Alle Ergebnisse der Natursande zeigen eine geringere Spanne als die der Brechsande und halten die Wiederholpräzision der DIN EN 933-6 von 1,2 s ein. Die Ergebnisse der Brechsande streuen stärker, die Differenzen überschreiten die Wiederholpräzision häufiger.

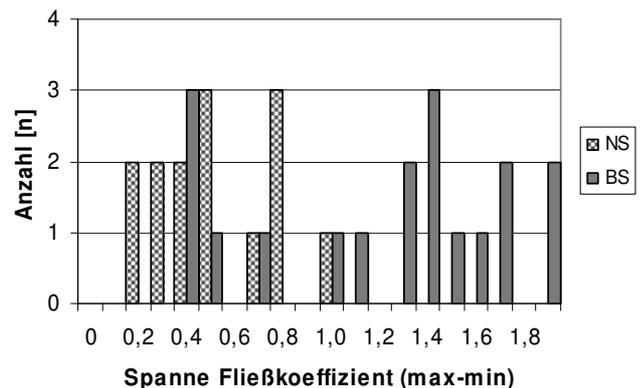


Bild 2: Häufigkeitsverteilung der ermittelten Spanne zwischen maximalen und minimalen Fließkoeffizienten der Proben (alle Natur- und Brechsande)

2.2.2 Prüfstellenvergleich – Vergleichsversuch 2007

Es wurden Vergleichsversuche an je drei Teilproben dreier feiner Gesteinskörnungen durchgeführt. In jedem der teilnehmenden fünf Laboratorien wurden die identischen Proben geprüft.

Die Wiederholpräzision für Fließkoeffizienten von 40 s gemäß DIN EN 933-6 von 1,2 s wird nur bei dem Natursand eingehalten. Die Schwankungen einer Teilprobe sind weitaus geringer als die Schwankungen bei Betrachtung aller drei Teilproben einer feinen Gesteinskörnung. Bei Betrachtung von Bild 3 erkennt man, dass die Ergebnisse aller Prüfstellen insgesamt gut vergleichbar sind, sich jedoch auf unterschiedlichen Niveaus befinden. Hieraus ist eindeutig abzuleiten, dass einerseits die Probenteilung und -homogenisierung sehr gewissenhaft durchgeführt werden muss und dass andererseits eine Kalibrierung der Geräte, z. B. mit einem Normensand, erforderlich ist.

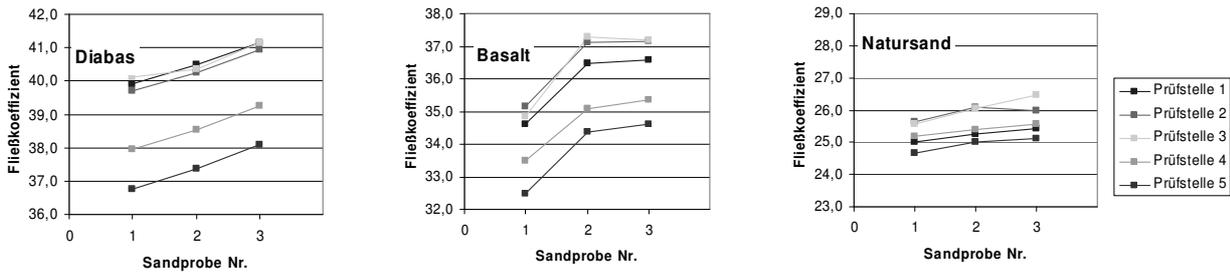


Bild 3: Prüfstellenvergleich 2007 anhand der Fließkoeffizienten von drei vorbereiteten feinen Gesteinskörnungen mit je drei Teilproben in 5 Prüfstellen

2.2.3 Untersuchungen zur Reduzierung der Prüfutmenge

Im Hinblick auf die Anwendung des Verfahrens im Rahmen von Kontrollprüfungen ist aus technischen und wirtschaftlichen Gründen eine Reduzierung der Prüfutmenge erforderlich. Die Untersuchung mit reduzierten Mengen erfolgte an je 40 Brech- und Natursanden, die das gesamte Spektrum an Fließkoeffizienten abdecken. Dazu wurde der Fließkoeffizient der Proben mit auf 500, 250 und 150 g reduzierter Prüfutmenge ermittelt.

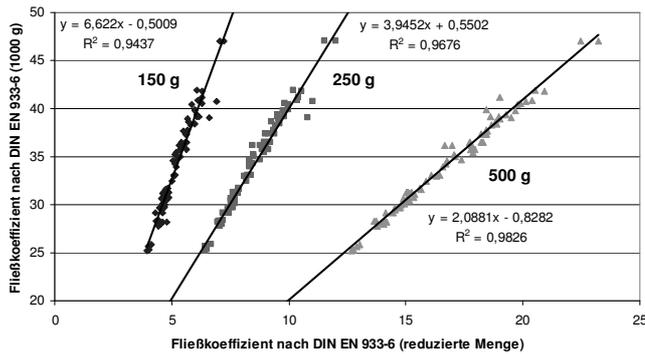


Bild 4: Gegenüberstellung der Fließkoeffizienten mit reduziertem Prüfput mit dem nach DIN EN 933-6 ermittelten Fließkoeffizienten

Bild 4 zeigt die Fließkoeffizienten der reduzierten Mengen in Gegenüberstellung mit dem gemessenen Wert der 1000-g-Probe. Die Bestimmtheitsmaße liegen zwischen 0,9437 und 0,9826. Je weiter die Prüfutmenge reduziert wird, umso mehr nehmen die Streuungen zu. Die aus der kleineren Menge resultierende kürzere Fließzeit vergrößert prüfbedingte Abweichungen anteilig, da sich z. B. bei kürzeren Fließzeiten gleiche Reaktionszeiten stärker auswirken.

Gemäß der statistischen Auswertung der Ergebnisse kann man die Fließkoeffizienten der verringerten Proben leicht und sicher auf den normgemäß bestimmten Fließkoeffizienten umrechnen:

$$E_{cs}(1000g) = \frac{E_{cs}(red)}{F(\rho)} \cdot \frac{m(1000g)}{m(red)} \quad (1)$$

Dabei sind:

- $E_{cs}(1000g)$: auf 1000 g umgerechneter Fließkoeffizient
- $E_{cs}(red)$: Fließkoeffizient, der mit einer reduzierten Menge an Prüfput ermittelt wurde

$F(\rho)$: Faktor zur Berücksichtigung der Einwaage aus der Rohdichte ρ_{rd} gemäß DIN EN 933-6 ($=\rho_{rd} [Mg/m^3] / 2,7$)

$m(1000g)$: Masse [g] (hier: 1000 g)

$m(red)$: tatsächliche Prüfutmenge [g] (hier: 500, 250 oder 150 g)

Insgesamt liegen die Spannen der reduzierten Mengen in einem hinreichend genauen Bereich, sodass auch mit einer reduzierten Prüfutmenge von 250 g gute Ergebnisse erzielt werden können. Da die Fließzeiten bei einer Prüfutmenge von 250 und 150 g jedoch bereits unter 10 s liegen, ist eine weitere Reduktion der Prüfutmenge nur durch eine Modifikation der Prüfeinrichtung realisierbar. In erster Linie ist hierbei auf die automatische Bestimmung der Fließzeiten und auf eine Änderung der Auslauföffnung zu achten.

2.2.4 Berechnung des Fließkoeffizienten aus der Sieblinie

Um die Möglichkeit einer rechnerischen Prognose von Fließkoeffizienten zu überprüfen, erfolgt die Zerlegung der feinen Gesteinskörnungen in die Korngruppen 0,063/0,25 mm, 0,25/1 mm und 1/2 mm und für jede Korngruppe die Bestimmung des Fließkoeffizienten. Dabei bewegen sich die Fließkoeffizienten der feineren Sandanteile jeweils auf dem Niveau des für die Gesamtprobe ermittelten Fließkoeffizienten. Der tatsächliche Einfluss der groben Bestandteile, die generell einen höheren Fließkoeffizienten aufweisen, ist gering. Der rechnerisch ermittelte Fließkoeffizient ist daher generell größer als der tatsächlich ermittelte Fließkoeffizient.

Die Berechnung des Fließkoeffizienten aus den Fließkoeffizienten der Einzelkomponenten sowie deren Anteil am Gesamtgemisch ist nicht möglich. Die Übereinstimmung der Berechnung mit den tatsächlich ermittelten Werten ist mit einem Bestimmtheitsmaß von $r^2 = 0,85$ und einer Differenz der Fließkoeffizienten um etwa 5 s relativ gering.

2.2.5 Untersuchung von Ausbauasphalten

Für die Konzeption von Asphalt ist auch von Bedeutung, welche Qualität die feine Gesteinskörnungskomponente des zu verwendenden Ausbauasphalts hat. Daher wurden auch Untersuchungen am feinen Gesteinskörnungsanteil von Ausbauasphalten durchgeführt.

Die dabei ermittelten Fließkoeffizienten liegen zwischen 29 und 36 s und sind aufgrund der sehr hohen Brechsandanteile (70–98 %) der untersuchten Ausbauasphalte überraschend. Mögliche Erklärungen können in der Extraktion, in einer Veränderung der Oberflächeneigenschaften durch das Lösemittel

und/oder in Kornabrundungen durch das Mischen und Verdichten zu finden sein.

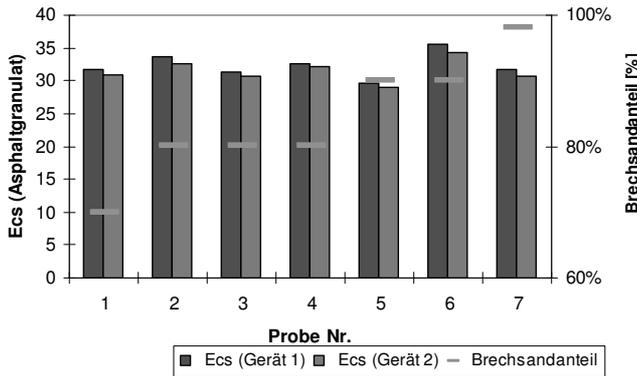


Bild 5: Fließkoeffizient und Brechsandanteil von Asphaltgranulatproben

3 Hauptuntersuchungen

An ausgewählten Asphalten, deren Gemisch an feinen Gesteinskörnungen charakteristische Fließkoeffizienten aufweist, werden die folgenden Kenngrößen untersucht:

- Verdichtbarkeit (Marshall und Gyrator),
- stat. Stempelindringtiefe für die beiden Gussasphalte und
- Druckschwellversuche (Walzasphalte) bzw. dynamische Eindringtiefe mit ebenem Stempel (Gussasphalte).

3.1 Auswahl der feinen Gesteinskörnungen

Zur Auswahl kamen drei Brechsande (006, 008, 009) mit Fließkoeffizienten von 34, 39 und 41 und drei Natursande (001, 003, 013) mit Fließkoeffizienten von 30, 26 und 42. Die ausgewählten Mischungen 006/003, 009/001 und 008/013 haben errechnete Fließkoeffizienten von 30, 35 und 40.

Tabelle 1: Übersichtstabellen der ausgewählten feinen Gesteinskörnungen mit Angabe der Fließkoeffizienten in Klammern und Angabe der Fließkoeffizienten der feinen Gesteinskörnungsgemische für AB 0/11 S und GA 0/11 S links und für AB 0/8 rechts

		NS		
		003 (26)	001 (30)	013 (42)
BS	006 (34)	30,0	32,0	38,0
	008 (39)	32,3	34,3	40,4
	009 (41)	33,2	35,2	41,3
		NS		
		003 (26)	001 (30)	
BS	006 (34)	30,0	32,0	
	009 (41)	33,2	35,2	

3.2 Fließkoeffizientenvergleich (gemessen – gerechnet)

Es war zu prüfen, wie stark eine mögliche Abweichung der ermittelten Fließkoeffizienten vom rechnerisch bestimmten Fließkoeffizienten ist. Die rechnerische Prognose des Fließkoeffizienten basiert auf Fließkoeffizienten der Einzelkomponenten sowie deren Anteil am Gesamtgemisch.

Um eine praxisrelevante Untersuchung des feinen Gesteinskörnungsanteils zu gewährleisten, wurden die Fließkoeffizienten am gesamten feinen Gesteinskörnungsanteil der Asphaltrezeptur betrachtet, also inklusive der Überkornanteile des zugegebenen Fremdfüllers sowie des Unterkornanteils der groben Gesteinskörnungen. Die Errechnung der Fließkoeffizienten erfolgt mit den ermittelten Fließkoeffizienten der Überkorn- und Unterkornanteile. Im Vergleich mit dem errechneten Fließkoeffizienten ist der gemessene Fließkoeffizient überwiegend niedriger. Die Bestimmtheitsmaße für die Asphaltarten liegen zwischen $r^2 = 0,88$ und $r^2 = 0,96$. Die Differenzen zwischen gemessenem und errechnetem Fließkoeffizienten betragen beim Gussasphalt bis zu 7 Sekunden.

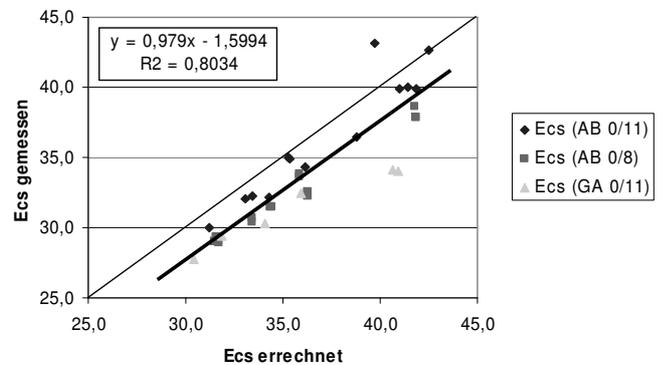


Bild 6: Vergleich der gemessenen Fließkoeffizienten mit den errechneten Fließkoeffizienten (AB 0/11 S, AB 0/8, GA 0/11 S)

4 Asphalt-Untersuchungen

Die Asphaltbetone wurden mit einem Brechsand-Natursand-Verhältnis von 1:1 und 1:0 hergestellt und die Gussasphalte im Verhältnis 1:1 und 1:2.

4.1 Hohlraumgehalt

Im Rahmen der Eignungsprüfung werden die Materialkennwerte Raumdichte und Rohdichte bestimmt und daraus der Hohlraumgehalt der Marshall-Probekörper errechnet. In Bild 7, in dem für die Asphaltbetone 0/11 S die Sortierung nach feinen Gesteinskörnungen (Brechsand / Feines Gesteinskörnungsgemisch / Natursand) und anschließend nach Fließkoeffizient erfolgte, lässt sich keinerlei Zusammenhang zwischen Hohlraumgehalt und Fließkoeffizient feststellen.

4.2 Verdichtbarkeit

Hinsichtlich der Verdichtungswiderstände werden die Asphaltbetone nach Marshall-Schlagverdichtung und im Gyrator geprüft. Zunächst wird der Verdichtungswiderstand mit dem Schlagverdichtungsverfahren bestimmt. Dazu werden Marshall-Probekörper mit 2 x 100 Schlägen hergestellt. Aus der Dickenänderung des Marshall-Probekörpers während des Verdichtungsprozesses können die Kennwerte Verdichtungswiderstand und Verdichtungsarbeit berechnet werden.

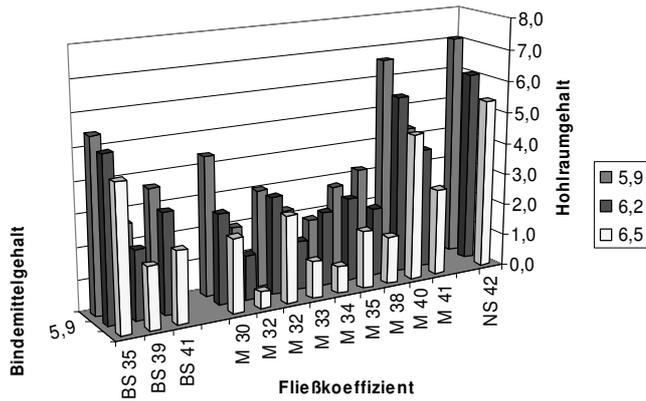


Bild 7: Hohlraumgehalte AB 0/11 S abhängig von Bindemittelgehalt und Fließkoeffizient (Sortierung nach feinem Gesteinskörnungsgemisch und Fließkoeffizient)

4.2.1 Marshall-Verdichtung

Bild 8 zeigt eine nur geringe Korrelation von $r^2 = 0,27$.

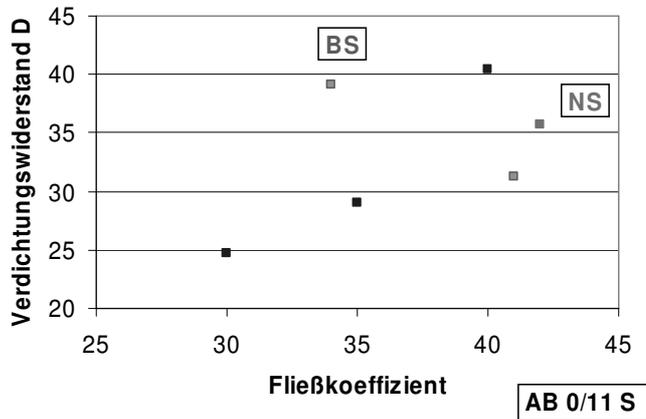


Bild 8: Marshall-Verdichtungswiderstand D (AB 0/11 S) in Abhängigkeit vom Fließkoeffizienten

4.2.2 Gyrator-Verdichtung

Im Gegensatz zur Schlagverdichtung beim Marshall-Verfahren erfolgt im Gyrator die Verdichtung nicht schlagend sondern statisch knetend und somit praxisnäher. In Anlehnung an Wallner (Wallner, 2003) wurden die Randbedingungen zur Verdichtungsprüfung festgelegt.

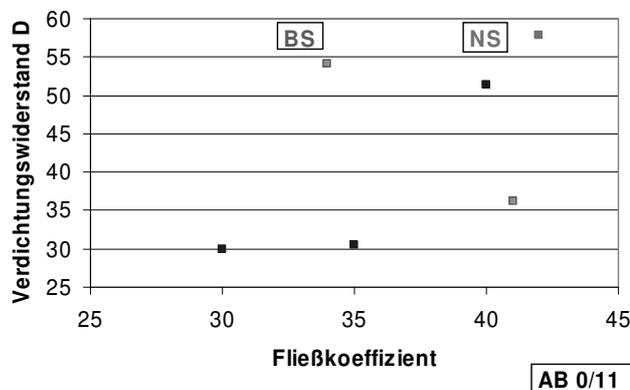


Bild 9: Gyrator-Verdichtungswiderstand D (AB 0/11 S) in Abhängigkeit vom Fließkoeffizienten

4.3 Versuche zum Verformungsverhalten

4.3.1 AB 0/11 S – Druckschwellversuche

Die Druckschwellversuche wurden gemäß TP A-StB (FGSV, 1999) durchgeführt. In Bild 10 sind die Verformungskurven, Fließkoeffizienten und Hohlraumgehalte angetragen. Keiner der Asphalte erreicht die maximalen 10 000 Lastwechsel, der Versuch wurde jeweils aufgrund der erreichten Maximaldehnung von 40 % abgebrochen.

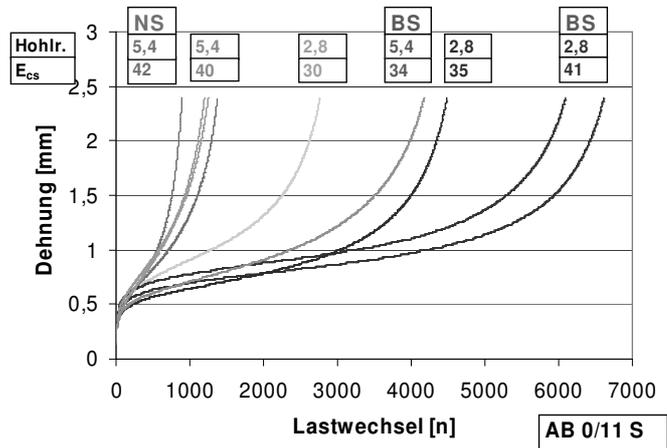


Bild 10: Darstellung der Verformungskurven der im dynamischen Druckschwellversuch geprüften ausgewählten AB 0/11 S mit Angabe des Hohlraumgehalts und des Fließkoeffizienten

Asphalte mit geringerem Hohlraumgehalt (2,8 Vol.-%) sind mit steigendem Fließkoeffizienten standfester und besitzen eine umso geringere Dehnungsrate im Wendepunkt. Asphalte mit höherem Hohlraumgehalt (5,4 Vol.-%) verhalten sich umgekehrt. Ein Asphalt gemischt aus Brechsand allein ist bei gleichem Hohlraumgehalt standfester als aus Brechsand-Naturesand-Gemisch und als Naturesand allein, obwohl sein Fließkoeffizient geringer ist. Eine Korrelation zwischen Fließkoeffizient und Standfestigkeit des Asphalts besteht somit nicht. Es ist davon auszugehen, dass die Kantigkeit der feinen Gesteinskörnung einen entscheidenden Einfluss hat.

4.3.2 AB 0/8 – Druckschwellversuche

Die dynamischen Druckschwellversuche des AB 0/8 werden gemäß TP A-StB (FGSV, 1999) durchgeführt. In Bild 11 sind die Verformungskurven, Fließkoeffizienten und Hohlraumgehalte angetragen. Asphalt mit Brechsand ist am standfestesten und erreicht 10 000 Lastwechsel. Asphalt mit Naturesand erreicht die maximale Dehnung am schnellsten. Eine Abhängigkeit vom Fließkoeffizienten kann nicht festgestellt werden.

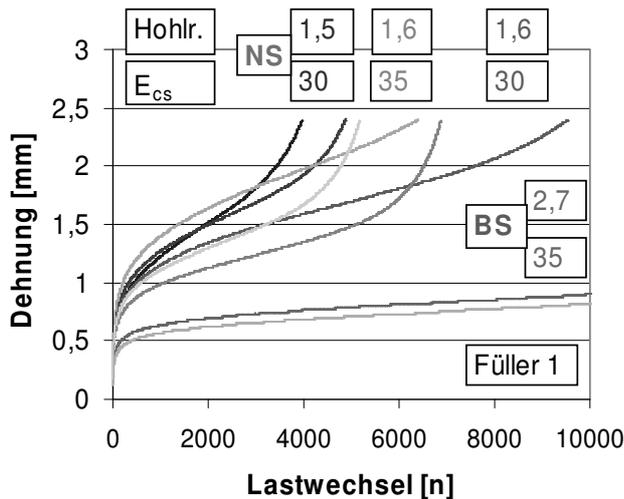


Bild 11: Darstellung der Verformungskurven der im dynamischen Druckschwellversuch geprüften ausgewählten AB 0/8 mit Angabe des Hohlraumgehalts und des Fließkoeffizienten

4.3.3 GA 0/11 S – dynamischer Eindringversuch mit ebenem Stempel

Gemäß den Verformungskurven des dynamischen Eindringversuchs nach TP A-StB (FGSV, 2003) in Bild 12 lässt sich für jeden Gussasphalt unabhängig von der feinen Gesteinskörnungsmischung ein charakteristischer Bereich für Eindringtiefen definieren.

4.3.4 Zusammenfassung dynamische Versuche

Waren im Asphaltbeton 0/11 S mögliche Einflüsse noch abhängig vom Hohlraumgehalt – und je nach Hohlraumgehalt die Ergebnisse gegenteilig – erkannte man beim Asphaltbeton 0/8 keinen Zusammenhang. Die weichen Mischungen des Gussasphalts 0/11 S weisen einen Zusammenhang zwischen Fließkoeffizienten und erreichten Lastwechseln sowie dynamischer Eindringtiefe mit einer Korrelation von $r^2 = 0,8$ auf.

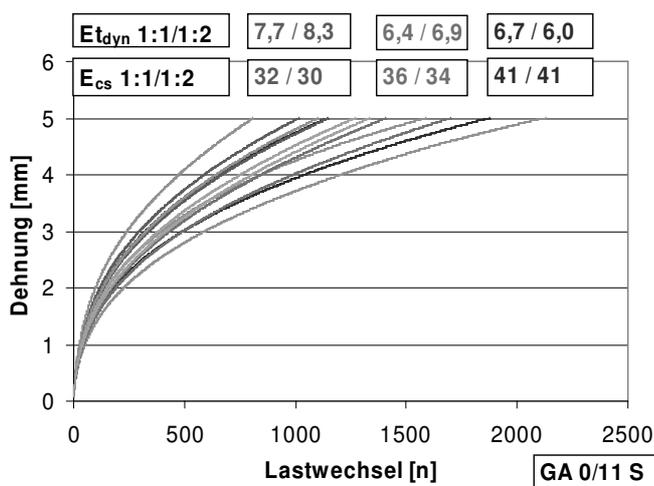


Bild 12: Darstellung der Verformungskurven der im dynamischen Eindringversuch geprüften GA 0/11 S mit Angabe der dynamischen Eindringtiefe und des Fließkoeffizienten für 1:1 und 1:2-Mischungen

4.4 Extraktion

Die hergestellten Asphaltmischungen sollen hinsichtlich einer Veränderung ihrer Eigenschaften, insbesondere des Fließkoeffizienten nach Extraktion, nochmals untersucht werden. Generell nimmt der Fließkoeffizient durch die Mischgutherstellung und Verdichtung der Marshall-Probekörper ab. Überwiegend kann die festgestellte Kornverfeinerung bei den Asphaltbetonen ein Grund für den schnelleren Durchfluss der feinen Gesteinskörnung sein. Beim Gussasphalt bleibt die Kornverteilung nach Extraktion annähernd gleich. Hier sind auch die geringsten Unterschiede im Fließverhalten der feinen Gesteinskörnung vor und nach Extraktion festzustellen.

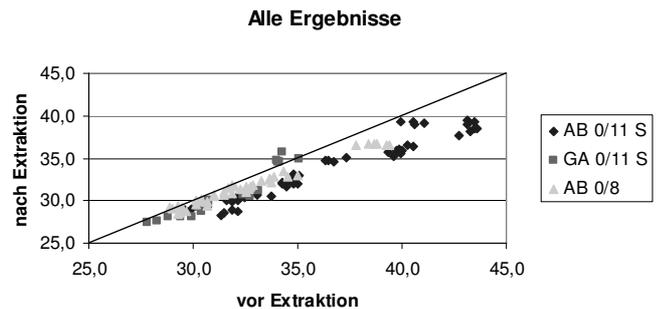


Bild 13: Vergleich Fließkoeffizient vor Extraktion – Fließkoeffizient nach Extraktion für alle Prüfgutmengen und alle Asphalte

Die Asphaltbetone 0/11 S weisen mit zwischen 0,5 und 5 s weniger die größten Differenzen im Fließkoeffizienten vor und nach Extraktion auf. Die Verringerung der Fließkoeffizienten bei den Gussasphalten 0/11 S fällt mit maximal 2 s deutlich geringer aus. Die Gesteinskörnungen verändern sich durch die schonendere Herstellung der Gussasphaltprobekörper nicht in dem Ausmaß wie beim Asphaltbeton 0/11 S oder Asphaltbeton 0/8.

5 Zusammenfassung

Im bisherigen nationalen Regelwerk wird die Mörtelsteifigkeit neben der Bindemittelhärte über das Brechsand-Natursand-Verhältnis geregelt. Man geht dabei davon aus, dass Brechsande aufgrund ihrer Oberflächenbeschaffenheit, ihrer Kornform und ihrer Kantigkeit eine höhere innere Reibung aufweisen als Natursande und daher die mit Brechsanden erzielte Mörtelsteifigkeit des Asphalts generell höher ist als bei Verwendung von Natursanden. Im nationalen Regelwerk war bisher keine Anforderung an eine messbare Prüfgröße für die innere Reibung von feinen Gesteinskörnungen verankert, obwohl mit dem "Fließversuch an Sand" bereits seit Mitte der achtziger Jahre ein Rieserversuch zur indirekten Messung der inneren Reibung von feinen Gesteinskörnungen existiert. Mit Einführung der DIN EN 13043 (Deutsches Institut für Normung, Dezember 2002) wird die formale Unterscheidung zwischen Brechsand und Natursand aufgehoben, die feinen Gesteinskörnungen werden anhand ihres Fließkoeffizienten voneinander unterschieden.

Bei der Erstellung des Bewertungshintergrunds zeigte sich, dass der Überlappungsbereich des Fließkoeffizienten von Natur- und Brechsanden relativ groß ist, und eine eindeutige Zuordnung aufgrund des Fließkoeffizienten nicht möglich ist.

Zur Erzielung guter Präzisionsdaten muss die Probenteilung und -homogenisierung mit äußerster Sorgfalt erfolgen. Die Prüfgeräte müssen mit einem Normensand kalibriert werden,

um direkt vergleichbare Ergebnisse zu erzielen und Veränderungen – z. B. im Auslauftrichter – feststellen zu können.

Der Fließkoeffizient ist auch mit Prüfgutmengen von 250 g (anstelle von 1000 g) noch präzise zu bestimmen. Sollen die Prüfgutmengen weiter reduziert werden, so müsste ein kleinerer Auslauftrichter eingeführt und die Prüfeinrichtung mechanisiert werden.

Die Bestimmung des Fließkoeffizienten der einzelnen Fraktionen einer feinen Gesteinskörnung ist möglich. Die Berechnung des resultierenden Fließkoeffizienten aus den Einzelwerten der Fraktionen ist jedoch nicht möglich. Daher sollte der resultierende Fließkoeffizient für Asphalt (mit Überkorn des Füllers und Unterkorn der groben Gesteinskörnungen) immer prüftechnisch ermittelt werden. Berechnete Fließkoeffizienten liegen meist über den gemessenen.

Die am extrahierten feinen Gesteinskörnungsanteil von Asphaltgranulaten ermittelten Fließkoeffizienten liegen im Bereich von 30 bis 35 s. Die Werte korrelieren nicht mit den Ergebnissen der Brechsand/Natursand-Bestimmung.

Ein Zusammenhang von Fließkoeffizient und asphalttechnologischen Kennwerten kann nicht festgestellt werden. Auch lässt sich aus dem Fließkoeffizienten keine Aussage über den Verformungswiderstand des Asphalts ableiten.

Generell nimmt der Fließkoeffizient durch die Mischgutherstellung und Verdichtung der Marshall-Probekörper ab. Beim Gussasphalt bleibt die Kornverteilung nach Extraktion annähernd gleich, hier sind folglich auch die geringsten Unterschiede im Fließverhalten der feinen Gesteinskörnung vor und nach Extraktion festzustellen. Über den Fließkoeffizienten hinaus wurden keine weiteren Untersuchungen an den extrahierten feinen Gesteinskörnungen vorgenommen.

6 Folgerungen für die Praxis

Das Prüfverfahren ist zu präzisieren und die Korngrößenverteilung der feinen Gesteinskörnungen in Anlehnung wie an feine Gesteinskörnungen für Beton (typische Kornzusammensetzung) gleichmäßiger zu fassen.

Der Fließkoeffizient ist auch mit Prüfgutmengen von 250 g (anstelle von 1000 g) noch präzise zu bestimmen. Sollen die Prüfgutmengen weiter reduziert werden, so müsste ein kleinerer Auslauftrichter eingeführt und die Prüfeinrichtung mechanisiert werden. Dabei muss die Probenteilung und -homogenisierung mit äußerster Sorgfalt erfolgen.

Aus dem Fließkoeffizient kann keine Aussage über die Eigenschaften von Asphalt abgeleitet werden.

Eine direkte Abbildung der bisherigen Regelungen mit dem Brechsand / Natursand-Verhältnis kann nicht erfolgen, da im Bereich von Ecs 27 bis Ecs 42 nicht eindeutig zwischen Brechsand und Natursand unterschieden werden kann.

Es ist sinnvoll, Anforderungswerte an das resultierende feine Gesteinskörnungsgemisch zu stellen, um auch Anteile feiner Gesteinskörnungen resultierend aus Füller, grober Gesteinskörnung und ggf. Asphaltgranulat zu berücksichtigen.

Es wird vorgeschlagen, in den TL Asphalt für den resultierenden Fließkoeffizienten der feinen Gesteinskörnungsgemische im Asphalt drei Anforderungsbereiche gemäß Tabelle 17 festzulegen. Darüber hinaus sollte aber weiterhin eine Anforderung an den Anteil an gebrochener feiner Gesteinskörnung festgelegt werden, da die Gewinnungsart (Brechsand oder Natursand) auf das Verformungsverhalten der Asphalte in den

Untersuchungen, unabhängig vom Fließkoeffizienten, Einflüsse zeigte.

Trotz der Möglichkeit mit reduzierten Prüfgutmengen zu arbeiten, ist die Überprüfung des Fließkoeffizienten im Rahmen von Kontrollprüfungen als kritisch anzusehen; eine Überprüfung an Mischgut aus Bohrkernen erscheint nicht möglich. Ein Bewertungshintergrund für Mischgutuntersuchungen wäre zu schaffen.

Photooptische Verfahren als Alternative zum Fließkoeffizienten zur Bestimmung der Kornform und Oberflächenrauheit von feinen Gesteinskörnungen sind vertiefend zu untersuchen.

Tabelle 2: Vorschlag für Anforderungen an den resultierenden Fließkoeffizienten feiner Gesteinskörnungen in den TL Asphalt

	AC TN AC TL AC TD MA N	AC TS AC BN AC DN AC DL	MA S	AC BS * AC DS * SMA *
TL Asphalt	i.a.	≥ 30	≥ 32	≥ 35
Vorschlag	Ecs O ≤ 30	30 < Ecs A ≤ 36/37		36/37 < Ecs B

* Möglichkeit des Mischens von Sanden mit Ecs A und Ecs B; Sande mit Ecs O dürfen zum Mischen nicht verwendet werden.

7 Literatur

Deutsches Institut für Normung (DIN) e.V. (2002): DIN EN 13043: Gesteinskörnungen für Asphalt und Oberflächenbehandlungen für Straßen, Flugplätze und andere Verkehrsflächen; Dezember 2002, Berlin u. a.

Deutsches Institut für Normung (DIN) e.V. (2002): DIN EN 933: Prüfverfahren für geometrische Eigenschaften von Gesteinskörnungen, Teil 6: Beurteilung der Oberflächeneigenschaften, Fließkoeffizienten von Gesteinskörnungen; Februar 2002, Berlin, u. a.

Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen (FGSV) (1999): Technische Prüfvorschriften für Asphalt im Straßenbau TP A-StB, Teil: Einaxialer Druckschwellversuch – Bestimmung des Verformungsverhaltens von Walzasphalten bei Wärme, Ausgabe 1999, Köln.

Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen (FGSV) (2003): Technische Prüfvorschriften für Asphalt im Straßenbau TP A-StB, Teil: Dynamischer Eindringversuch mit ebenem Stempel an Gussasphalt, Ausgabe 2003, Köln.

Wallner, B.: Bewertung von Asphalt mit dem Gyrator, Technische Universität München, Fakultät für Bauingenieurwesen und Vermessungswesen, Dissertation, 2003.