



ISBS

Institut für Straßenwesen

Asphaltverhalten bei tiefen Temperaturen

Asphalt material behaviour at low temperatures

M. Wistuba, C. Monismith, H.U. Bahia, P. Renken, F. Olard,
R. Blab, K. Mollenhauer, K. Metzker, S. Büchler, J. Grönniger,
M. Zeng & K. Nam

Festschrift zu Ehren des 80. Geburtstags
von Professor Wolfgang Arand

Essays in honour of Professor Wolfgang Arand
on the occasion of his 80th birthday

mit Grußworten von / with congratulation letters by
C. Monismith, H.U. Bahia, J. Litzka, R. Leutner & F.S. Rostasy

2009



Heft 23
Braunschweig 2009
ISBN 3-932164-11-3

Methoden der Mischgutspezifikation im Rahmen der europäischen Normung am Beispiel Österreich

Ronald Blab

Institut für Verkehrswissenschaften, Technische Universität Wien
 Gußhausstraße 28, A-1040 Wien
 rblab@istu.tuwien.ac.at

KURZFASSUNG: Asphaltbetone (AC - Asphalt Concrete), die im Straßenbau in Trag-, Binder- oder Deckschichten eingesetzt werden, können gemäß neuer europäischer Normung (EN 13108-1) nach dem bekannten „Empirischen Ansatz“ oder im Rahmen eines neuen „Fundamentalen Ansatzes“ konzipiert werden. Der fundamentale Ansatz baut auf allgemeinen und volumetrischen Anforderungen auf, beinhaltet aber zusätzlich noch gebrauchungsverhaltensbasierende Prüfmethoden, die einen direkten Bezug auf das Gebrauchsverhalten des Asphalts im eingebauten Zustand aufweisen. Zum Gebrauchsverhalten des Mischguts zählen dabei die Verformungsbeständigkeit bei hohen Temperaturen (Widerstand gegen Spurrinnenbildung), die Ermüdungsbeständigkeit bei wiederholter Verkehrsbeanspruchung, die temperatur- und belastungsdauerabhängige Materialsteifigkeit sowie der Widerstand gegen thermische Rissbildung bei tiefen Temperaturen. Dargestellt werden zunächst die konkreten Anforderungen an das Mischgut für beide Ansätze mit Schwerpunkt auf den neuen „Fundamentalen Ansatz“ und die dabei in der europäischen Norm vorgeschriebenen gebrauchungsverhaltensbasierenden Prüfmethoden. Im Detail eingegangen wird anschließend auf die in Österreich bei der Implementierung der entsprechenden europäischen Rahmenrichtlinien gewählte Systematik zur funktionalen Konzeption von Asphaltbetonen.

KEYWORDS: Asphaltstraßenbau, Mix Design, Fundamentale Anforderungen.

1 Einleitung

Mit dem Erscheinen der neuen europäischen Asphalt-Erstprüfungsnormen EN 13108-Serie im Sommer 2006 bestand auf gesetzlicher Grundlage der Bauproduktenrichtlinie die Verpflichtung diese in das nationale Normenwerk zu übernehmen. Ebenso wie in den anderen europäischen Mitgliedstaaten hat das Österreichische Normungsinstitut diese Europäische Normen (EN) in den ÖNORMen größtenteils übernommen, so dass mittlerweile alle für den Asphaltstraßenbau relevanten EN auch als ÖNORM existieren. Die Normengruppe

ÖNORM EN 13108 (Asphalt - Anforderungen) betreffend, erschienen die nationalen Anwendungsdokumente (Umsetzungsdokumente zu den EN 13108 Normen) mit Ende 2007 als ÖNORM B 3580-1 bis B 3586 (Tabelle 1). Mit der Veröffentlichung der nationalen Umsetzungsdokumente ÖNORM B3580 mussten in Österreich ab März 2008 Asphaltmischgüter nach diesen neuen Erstprüfungsnormen ausgeschrieben werden.

Tabelle 1: Gegenüberstellung der Reihe ÖNORM EN 13108 mit den österreichischen Umsetzungsnormen ÖNORM B 3580

ÖNORM EN	Asphaltmischgut – Mischgutanforderungen	ÖNORM B	Asphaltmischgut – Mischgutanforderungen
13108-1	Asphaltbeton	3580-1	Asphaltbeton – Regeln zur Umsetzung der ÖNORM EN 13108-1 – Empirischer Ansatz
		3580-2	Asphaltbeton – Regeln zur Umsetzung der ÖNORM EN 13108-1 – Funktionaler Ansatz
13108-2	Asphaltbeton für sehr dünne Schichten	3581	Asphaltbeton für sehr dünne Schichten – Regeln zur Umsetzung der ÖNORM EN 13108-2
13108-3	Softasphalt	3582	Softasphalt – Regeln zur Umsetzung der ÖNORM EN 13108-3
13108-4	Hot Rolled Asphalt	3583	Hot Rolled Asphalt – Regeln zur Umsetzung der ÖNORM EN 13108-4
13108-5	Spiltmastixasphalt	3584	Spiltmastixasphalt – Regeln zur Umsetzung der ÖNORM EN 13108-5
13108-6	Gussasphalt	3585	Gussasphalt – Regeln zur Umsetzung der ÖNORM EN 13108-6
13108-7	Offenporiger Asphalt	3586	Offenporiger Asphalt – Regeln zur Umsetzung der ÖNORM EN 13108-7
13108-8	Ausbauasphalt	1)	
13108-20	Erstprüfung	1)	
13108-21	Werkseigene Produktionskontrolle	1)	

1) Umsetzung in den ÖNORMEN B 3580-1 bis B 3586.

In Österreich können somit wahlweise Asphaltbetone entweder nach empirischem Ansatz gemäß ÖNORM B 3580-1 oder - als eines der ersten europäischen Länder - auch nach fundamentalem Ansatz gemäß ÖNORM B 3580-2 ausgeschrieben werden.

Die wesentlichen Unterschiede zwischen empirisch und fundamental liegen in den der Erstprüfung (Type Testing) zugrundeliegenden Prüfverfahren. Beim empirischen Ansatz sind diese vorwiegend „volumetrischer“ Natur. Beim fundamentalen Ansatz gelangen dagegen zusätzlich sogenannte funktionale Anforderungen basierend auf gebrauchungsverhaltensbasierenden Prüfverfahren zur Anwendung. Durch die Einführung der funktionalen Anforderungen an Asphaltmischgüter kann vom Auftraggeber erstmals eine projektbezogene Mischgutoptimierung im

Hinblick auf die gegebenen verkehrlichen und klimatischen Gegebenheiten gefordert werden. Den höhern Prüfkosten bei der Erstprüfung stehen dabei eine deutlich höhere Gebrauchsdauer des konzipierten Mischguts und damit deutlich verminderte Lebenszykluskosten gegenüber.

Grundsätzlich ist anzumerken, dass die Unterscheidung zwischen empirischen und fundamentalen Anforderungen an Asphalte in den Europäischen Rahmennormen nur bei Asphaltbetonen (AC) getroffen wurde, nicht jedoch z.B. bei Splittmastixasphalten (SMA) oder offenporigen Asphalten (PA). Dieser Mangel sollte bei der nächsten Generation der EN Normen im Zuge der routinemäßigen Überarbeitung beseitigt werden.

2 Empirische Anforderungen

In der EN 131081 werden sowohl Anforderungen an Deckschichten (AC deck), als auch an Tragschichten (AC trag) und an Binderschichten (AC binder) aus Asphaltbeton gestellt. Verpflichtend für die CE - Kennzeichnung ist die neue Bezeichnung der Asphaltbetone mit AC (Asphalt Concrete) + D (Größtkorn) + Einsatzbereich + Bindemitteltype nach EN 12591 „Spezifikation für Straßenbaubitumen“ bzw. nach EN 14023 „Spezifikation von polymermodifiziertem Bitumen“. Je nach Einsatzbereich wird unterschieden zwischen

- deck - Asphaltbeton für bituminöse Deckschichten,
- binder - Asphaltbeton für Binderschichten (in Österreich: hochstandfeste bituminöse Tragschichten),
- trag - Asphaltbeton für bituminöse Tragschichten.

Für all diese Asphalttypen (Deck, Trag- und Binderschichten) gelten grundsätzlich sogenannte „allgemeine Anforderungen“. Dazu zählen die Zusammensetzung und Korngrößenverteilung des Asphaltes, der Hohlraumgehalt, Umhüllung und Homogenität, Wasserempfindlichkeit und Widerstand gegen Abrieb durch Spikereifen, Brandverhalten und die Temperatur des Mischgutes. Für im Straßenbau eingesetzte Asphalte können allerdings keine Anforderungen mehr an die Marshall Trag- und Fließwerte gestellt werden. Zusätzlich beinhaltet der empirische Ansatz in der österreichischen Umsetzungsnorm ÖNORM B 3580-1 bei manchen Asphalttypen auch Mindestanforderungen an das Verformungsverhalten ermittelt im Spurbildungsgerät mit kleinem Rad (siehe dazu Kap. 4.2).

3 Fundamentale Anforderungen

Auch beim fundamentalen Ansatz gelten für alle Asphalttypen (Deck, Trag- und Binderschichten) grundsätzlich die „allgemeinen Anforderungen“ (siehe Kap. 2). Neben diesen allgemeinen Anforderungen werden beim fundamentalen Ansatz

ÖNORM B 3580-2 auch folgende gebrauchsvorhaltensorientierte Eigenschaften gefordert (siehe dazu auch Kap. 4.2):

- Verformungsbeständigkeit im triaxialen Druckschwellversuch,
- oberer und unterer Grenzwert für die Mischgutsteifigkeit,
- Mindestwert für die Ermüdungsbeständigkeit im 2 Punkt oder 4-Punkt Biegeversuch, und
- Widerstand gegen thermische Rissbildung bei tiefen Temperaturen.

Da es derzeit keine europäische Prüfnorm zur Ermittlung des Widerstands gegen thermische Rissbildung gibt, werden die entsprechenden Anforderungen in der Österreichischen Umsetzungsnorm auf Grundlage einer national erarbeiteten Prüfnorm B 3590:2007 geregelt.

Die Abbildung 1 ein gibt einen Überblick über die Zusammenhänge zwischen den fundamentalen Mischguttypen und deren wesentlichen Gebrauchseigenschaft, die der Nomenklatur der ÖNORM B 3580-2 zugrunde gelegt wurden.

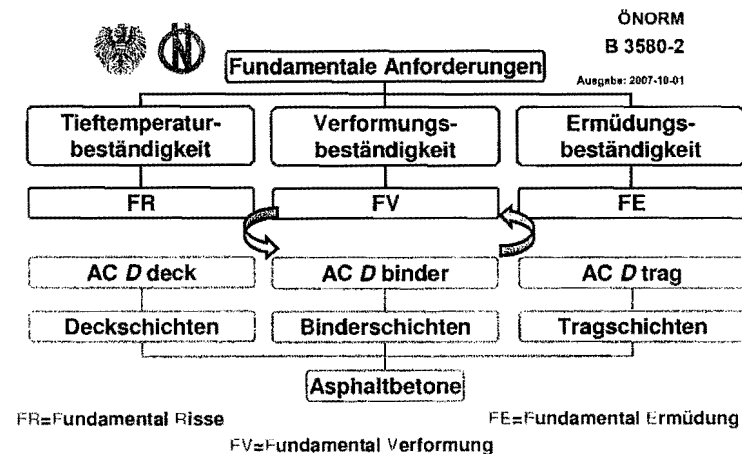


Abbildung 1. Mischguttypen und deren wesentliche Gebrauchseigenschaften.

Beim den fundamentalen Mischguttypen wird in Österreich bei den Deckschichten (AC deck) zwischen sieben Asphalttypen FR1 bis FR7 unterschieden. In der Abkürzung „FR“ steht „F“ jeweils für „fundamental“ und „Risse“ als die wichtigste Gebrauchseigenschaft von Deckschichten, nämlich deren Beständigkeit gegen thermische Rissbildung. Daneben werden an Deckschichten auch Anforderungen an die Verformungsbeständigkeit des Mischguts gestellt.

Nach dem Schulnotensystem bedeutet die Kategorie FR1 besonders hohe und FR7 geringe Anforderungen an den Widerstand des Mischguts gegen thermische Rissbildung und an seine Verformungsbeständigkeit.

Gefordert werden gemäß Tabelle 2 maximal zulässige Bruchtemperaturen (T_c) beim Abkühlversuch und maximal zulässige Kriechraten bzw. Kriechgeschwindigkeiten (f_c) beim Triaxialversuch. Der jeweilige Mischguttyp wird einfach mit dem entsprechenden Anhang an die Mischgutbezeichnung, z.B. „AC 11 deck pmB 45-80/65, FR1“ gekennzeichnet.

Tabelle 2: Fundamentale Anforderungen an Asphaltbetone für Deckschichten AC deck nach ÖNORM B 3580-2

Anforderung/ Beständigkeit gegen	FR1	FR2	FR3	FR4	FR5	FR6	FR7
Verformungen	$f_{cmax0,2}$		$f_{cmax0,4}$			$f_{cmax0,6}$	
Ermüdungsrisse	ϵ_{6-NR}						
Tieftemperaturrisse	T_{c-30}	T_{c-25}	T_{c-30}	T_{c-25}	T_{c-20}	T_{c-25}	T_{c-20}
Steifigkeitsverhalten	nächstkleineren S_{min} -Wert angeben nächstgrößeren S_{max} -Wert angeben						

Während bei Asphaltbetonen für Deckschichten die Rissbeständigkeit im Vordergrund steht, stellt bei Mischguttypen für Binderschichten die Verformungsbeständigkeit „FV“ das primäre Gebrauchsverhalten dar. Daneben sind aber auch (Mindest-)Anforderungen an den Widerstand gegen Tieftemperaturrisse und Ermüdungsbeständigkeit an dieses Mischgut zu stellen. Unterschieden werden dabei wieder nach dem Schulnotensystem vier Mischguttypen FV1 bis FV4 (Tabelle 3), der als entsprechender Zusatz zur Kennzeichnung des Mischguts für Binderschichten fungiert, z.B. „AC 22 binder pmB 25-55/65, FV1“.

Bituminöse Tragschichten werden an der Unterseite des Asphaltpakets in Abhängigkeit von der Verkehrsbelastung vorrangig auf Ermüdung durch wiederkehrende Biegezugspannungen bzw. -dehnungen beansprucht. Deshalb ist bei Asphaltbetonen für Tragschichten die Ermüdungsfestigkeit „FE“ eine primäre fundamentale Anforderung. Entsprechend werden nach dem Schulnotensystem sechs Mischguttypen FE1 bis FE6 mit abgestuft hoher Ermüdungsbeständigkeit unterschieden (Tabelle 4). Spezifiziert wird die Ermüdungsfestigkeit durch die Kenngröße ϵ_6 , das ist die maximal zulässige Dehnungsstufe ϵ , welche bei 10^6 Lastwechseln zur Materialermüdung führt (siehe dazu auch Kap. 4.2). Zusätzlich können unterschiedliche Anforderungen an den Widerstand gegen Verformungen und eine Mindestanforderung an die Bruchtemperatur bei tiefen Temperaturen an Tragschichtmischgüter gestellt werden. Gekennzeichnet und ausgeschrieben werden Mischguttypen für Tragschichten durch die entsprechenden Zusätze, z.B. „AC 32 trag pmB 25-55/65, FE1“.

Tabelle 3: Fundamentale Anforderungen an Asphaltbetone für Binderschichten AC binder nach ÖNORM B 3580-2

Anforderung/ Beständigkeit gegen	FV1	FV2	FV3	FV4
Verformungen	$f_{cmax0,2}$		$f_{cmax0,4}$	
Ermüdungsrisse	ϵ_{6-130}			
Tieftemperaturrisse	T_{c-25}	T_{c-20}	T_{c-25}	T_{c-20}
Steifigkeitsverhalten	nächstkleinerer S_{min} -Wert nächstgrößerer S_{max} -Wert			

Tabelle 4: Fundamentale Anforderungen an Asphaltbetone für Tragschichten AC trag nach ÖNORM B 3580-2

Anforderung/ Beständigkeit gegen	FE1	FE2	FE3	FE4	FE5	FE6
Verformungen	$f_{cmax0,4}$		$f_{cmax0,6}$			f_{cmaxNR}
Ermüdungsrisse	ϵ_{6-190}	ϵ_{6-130}	ϵ_{6-190}	ϵ_{6-130}	ϵ_{6-100}	
Tieftemperaturrisse	T_{c-20}					T_{c-NR}
Steifigkeitsverhalten	nächstkleinerer S_{min} -Wert nächstgrößerer S_{max} -Wert					

4 Prüfmethode und Kenngrößen

Die Prüfmethode, die bei den beiden Anforderungen empirisch oder fundamental zur Anwendung kommen dürfen, werden in den Normen der Serie EN 12697 ff geregelt, die Prüfbedingungen für die einzelnen Prüfmethode werden in der EN 13108-20 („Asphalt - Anforderungen - Teil 20: Erstprüfung“) vorgeschrieben.

4.1 Empirische Prüfungen

Als allgemeine Anforderung an Asphaltbeton kann beim empirischen Ansatz die Beständigkeit gegen permanente Verformung auf Grundlage von Prüfungen im Spurbildungsgerät mit kleinem Rad an der Luft (Methode B) nach EN 12697-22 (wheel tracking test - small size; WTT-SS) gestellt werden. Zu verwenden ist ein 5 cm breites Gummirad mit einem Raddurchmesser von 20 cm und einer Radlast von 0,7 kN. Maßgebliche Kenngröße ist eine proportionale Spurrinnentiefe PRD [%] nach 10.000 Lastwechseln.

Eine weitere Änderung ergibt sich im Hinblick auf die national in den meisten Ländern vorgeschriebenen Grenzwerte für Marshall Trag- und Fließwerte. Diese entfallen nach den neuen Bestimmungen der EN 13108-1 für Mischgüter, die zum Einsatz im Straßenbau vorgesehen sind, vollständig und können nur noch bei Asphalt für Flugbetriebsflächen vorgeschrieben werden. National sind die Trag- und Fließwerte allerdings in der Regel noch informativ zur Herstellererklärung vom Mischguthersteller vorzulegen, haben aber keinen bindenden Charakter.

4.2 Fundamentale Prüfungen

Der fundamentale Ansatz baut auf allgemeinen und volumetrischen Anforderungen auf, beinhaltet aber zusätzlich noch gebrauchsverhaltensorientierte Prüfmethoden, die einen direkten Bezug auf das Gebrauchsverhalten des Asphalts im eingebauten Zustand aufweisen (Abbildung 2).

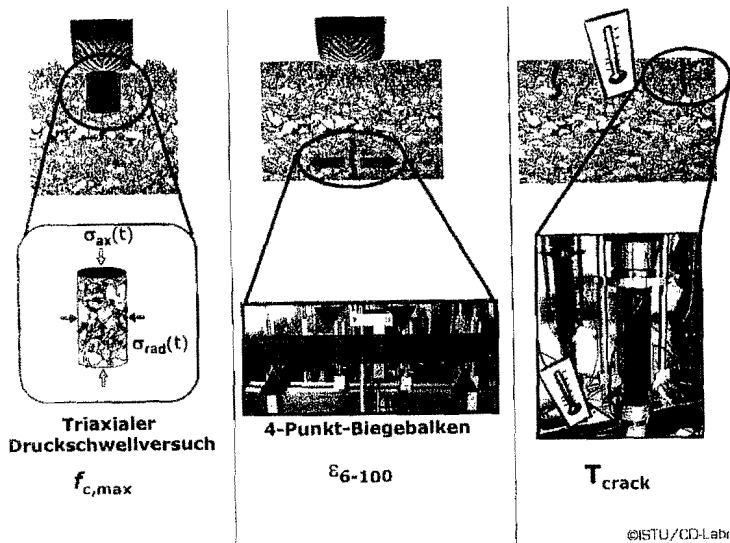


Abbildung 2. Funktionale Anforderungen auf Grundlage fundamentaler Materialprüfungen (Blab et al., 2005).

4.2.1 Widerstand gegen plastische Verformungen

Während bei den empirischen Mischgutanforderungen zur Bewertung des Verformungsverhaltens Spurbildungsprüfungen mit dem Spurbildungstester mit kleinem Rad zur Ansprache des Verformungsverhaltens durchzuführen sind, erfolgen bei funktionalen Anforderungen die Prüfungen mittels triaxialer, zyklischer Druck-

schwellprüfung (triaxial cyclic compression test - TCCT) an Asphaltprobekörpern.

Im Zuge einer triaxialen, zyklischen Druckschwellprüfung TCCT werden die Kriech- und Materialeigenschaften und daraus der Widerstand gegen bleibende Verformungen von Asphaltmischgut ermittelt. Dabei werden zylinderförmige Probekörper verwendet, welche entweder durch direkte Bohrkernentnahme aus Straßen gewonnen oder im Labor mit Hilfe von Walzsegmentverdichtern hergestellt werden können. Diese Asphaltprobekörper werden, nachdem sie auf Prüftemperatur gebracht worden sind, zwischen zwei planparallele Lastplatten einer Triaxialzelle gespannt und anschließend einem statischen Zeldruck σ_c ausgesetzt, bevor zyklische (sinusförmige) Axiallasten $\sigma_A(t)$ aufgebracht werden.

In Abbildung 3 sind die unterschiedlichen Arten von Belastungen in Triaxialprüfungen schematisch dargestellt. Der seitlich wirkende Stützdruck σ_c wird gemäß ÖNORM EN 12697-25 konstant gehalten (siehe mittlere Darstellung in Abbildung 3). Zur verbesserten Simulation der tatsächlichen Spannungsverhältnisse in bituminösen Befestigungen werden in der Grundlagenforschung Triaxialprüfungen mit oszillierenden, phasenverschobenen Zeldrücken durchgeführt (Abbildung 3, rechte Darstellung).

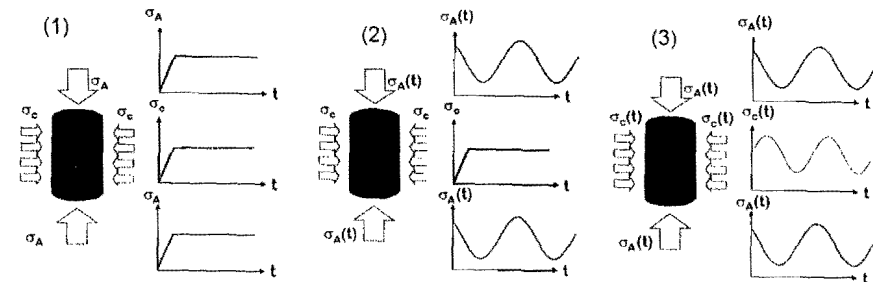


Abbildung 3. Darstellung der Unterschiede zwischen Triaxialprüfungen mit konstanter Axialbelastung und konstantem Stützdruck (links) gemäß DIN 18137, TCCT Versuchen mit zyklischer Axialbelastung $\sigma_A(t)$ und konstantem Stützdruck σ_c (Mitte) gemäß EN 12697-25 und TCCT Versuchen mit zyklischer Axialbelastung $\sigma_A(t)$ und zyklischem Stützdruck $\sigma_c(t)$ (rechts) (Kappl, 2007).

Die Größe der zyklischen Axialbelastungen und des konstanten, seitlich wirkenden Stützdruckes sind in der ÖNORM EN 13108-20 für die unterschiedlichen Asphaltsschichten wie folgt festgelegt:

- Deckschichtmaterialien (AC D deck) sind mit einer Axiallastamplitude von 300 kPa (0,3 N/mm²; für sinusförmige Belastung und rechteckförmigen Blockimpuls gleich) und einem konstanten Stützdruck von 150 kPa

(0,15 N/mm²) bei einer Prüffrequenz von 3 Hz (im Falle der sinusförmigen Belastung) und 50 °C zu testen;

Binder- und Tragschichtmaterialien (AC D binder und AC D trag) hingegen sind mit einer Axiallastamplitude von 200 kPa und einem konstanten Stützdruck von 50 kPa (0,05 N/mm²) bei einer Prüffrequenz von 3 Hz (im Falle der sinusförmigen Belastung) und 40 °C zu testen.

Während der Triaxialprüfungen TCCT sind die Messdaten der axialen Belastungen, des Stützdruckes und die axialen Verformungen des Probekörpers über Verformungswegaufnehmer, welche die Änderungen der Probekörperhöhe messen, aufzuzeichnen. Abschließend werden die Prüfergebnisse in einem Lastwechsel-Dehnungs-Diagramm („Kriechkurven“) aufgetragen. In Abbildung 4 ist ein typisches Prüfergebnis eines Steifigkeitsversuches an einem Deckschichtmaterial AC 11 deck 70/100 exemplarisch dargestellt.

Die Kriechkurve wird zur Ermittlung der Kriechrate f_c in einem linear skalierten Diagramm dargestellt. Wenn eine ausreichend lange sekundäre Kriechphase vorhanden ist, so ist der Anstieg B mit Hilfe der Methode der kleinsten Quadrate aus der linearen Anpassung des (quasi-)linearen Teils der Kriechkurve zu bestimmen, woraus sich die Kriechrate $f_c = B \cdot 1000$ [$\mu\text{m}/\text{m}/\text{n}$] ableitet.

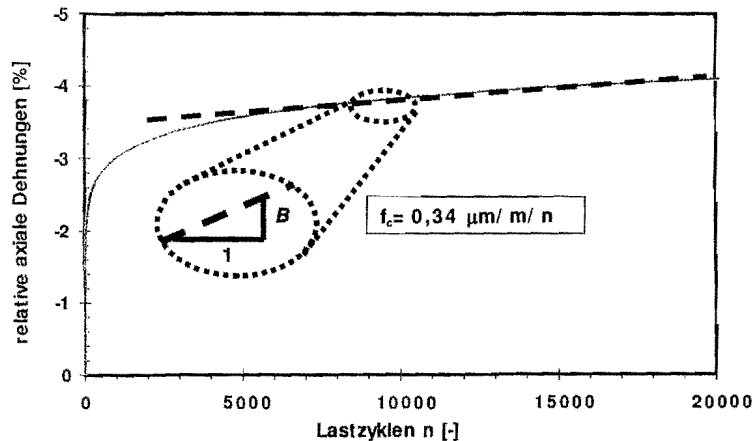


Abbildung 4. Ergebnis eines triaxialen Druckschwellversuchs an einem AC deck 70/100 bei 3 Hz und 50°C zur Ableitung der Kriechrate (Kappl, 2007).

4.2.2 Steifigkeit und Ermüdungsfestigkeit

Die versuchstechnische Ermittlung des Steifigkeitsmoduls von Asphaltbeton im Zuge der fundamentalen Anforderungen erfolgt entweder mit Hilfe der 4-Punkt-Biegeprüfung (4PBB-PR) nach EN 12697-26, Anhang B oder andererseits mit

der direkten Zug- und Druckprüfung an zylindrischen Probekörpern (DTC-CY) nach EN 12697-26, Anhang D (siehe Abbildungen 5 und 6).

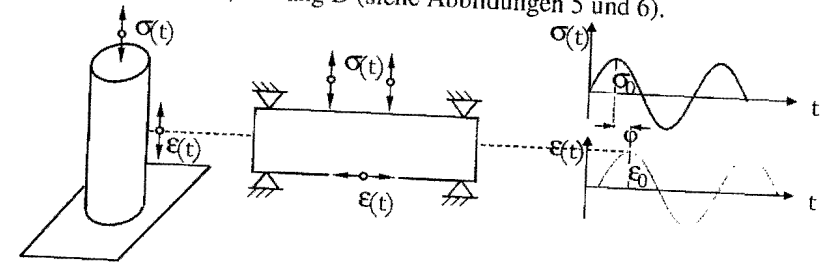


Abbildung 5. Einaxialer Druck-Zug-Versuch bzw. 4-Punkt-Biegebalken-Versuch an einem Asphaltprobekörper, Prinzipskizze (Blab et al., 2005).

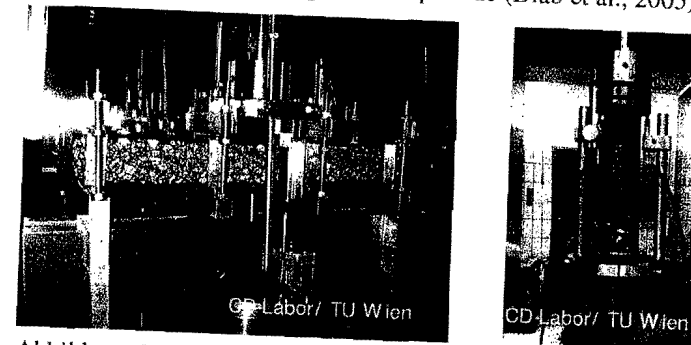


Abbildung 6. Beispiele für einen 4-Punkt-Biegebalken (links) und eine direkte Zug-/Druck Versuchseinrichtung (rechts) Prinzipskizze (Blab et al., 2005).

Beim 4PBB wird ein prismatischer Probekörper (Deckschicht: 50x50x450mm bzw. Tragschicht: 60x60x500mm) einer sinusförmigen Biegeprüfung unterzogen. Die Biegung wird durch die Bewegung der mittigen Lastpunkte in vertikaler Richtung senkrecht zur Längsachse des Prüfkörpers erreicht. Der Versuch erfolgt weggesteuert mit konstanter Durchbiegung, die über den Weg des Lastkolbens auf den Prüfkörper aufgebracht wird. Beim DTC wird ebenfalls eine sinusförmige Dehnung auf einen zylindrischen Probekörper ausgeübt, der zwischen zwei Stahladaptoren geklebt und mit der Belastungsvorrichtung verschraubt ist. Während der Versuchsdurchführung werden einerseits das Kraftsignal $\sigma(t)$, das erforderlich ist, um eine konstante Verschiebungsamplitude zu erhalten und andererseits die an der mittigen Unterseite des Prüfkörpers erhaltenen Durchbiegungen $\epsilon(t)$ beim 4PBB bzw. die vertikalen Verschiebungsamplituden beim DTC gemessen und aufgezeichnet.

Aus dem Verhältnis der Spannungs- und Dehnungsamplituden lassen sich unter Berücksichtigung eines versuchsspezifischen Masse- und Formfaktors der dynamisch komplexen Steifigkeitsmodul E^* und die Phasenwinkel ϕ berechnen. Die Prüfbedingungen und Verfahren zur Bestimmung der Steifigkeit sind in der EN 13108-20 geregelt und in der nachfolgenden Tabelle 5 dargestellt.

Tabelle 5: Prüfbedingungen und Verfahren für die Bestimmung der Steifigkeit nach EN 13108-20.

Versuchstyp	4-PBB-PR	DTC-CY
Frequenz [Hz]	8	10
Temperatur [°C]	20	15
Kenngröße	E^* [MPa]	

Abbildung 7 zeigt ein typisches Prüfergebn eines Steifigkeitsversuches an einem Deckschichtmaterial AC 11 deck 70/100. Dabei sind der Verlauf des dynamischen komplexen E^* -Moduls sowie dessen elastischer und viskoser Komponente E_1 und E_2 als auch des Phasenwinkels ϕ in Abhängigkeit von der Prüffrequenz aufgetragen.

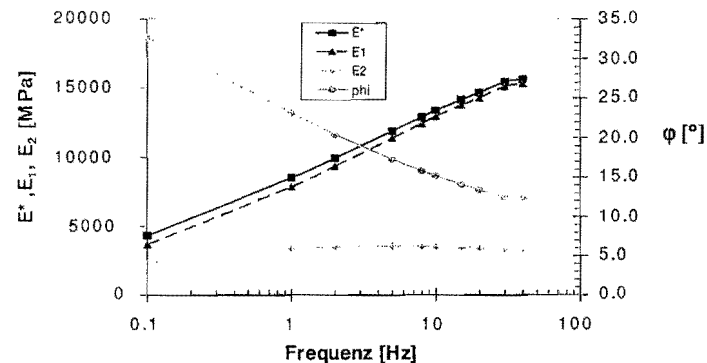


Abbildung 7. Ergebnisse aus dem Steifigkeitsversuch am 4PBB bei 20 °C: Verlauf des Steifigkeitsmoduls (E^* -Modul) sowie dessen elastischer (E_1) und viskoser (E_2) Komponente und des Phasenverschiebungswinkels (Hauser, 2006).

Abbildung 8 (a) zeigt ein typisches Prüfergebn eines Ermüdungsversuches an einem Tragschichtmaterial AC 22 trag 70/100 bei einer Prüftemperatur von 20°C, einer Prüffrequenz von 30 Hz und einer bestimmten Dehnungsamplitude beim 100. Zyklus ϵ_{100} [$\mu\text{m}/\text{m}$]. Dabei nimmt mit zunehmender Lastwechselzahl der Steifigkeitsmodul infolge Materialermüdung ab. Ein Absinken der Steifigkeit auf

die Hälfte ihres Ausgangswertes wird als Ermüdungskriterium definiert (Bruchastwechselzahl N_{Br}). Die Ermüdungskurve oder Wöhlerkurve wird durch eine Regression zwischen den Logarithmen von N_{Br} und den Logarithmen von ϵ_{100} (Dehnungsamplitude) ermittelt. In Abbildung 8(d) ist die Wöhlerkurve dargestellt, aus der schließlich die maßgebliche Dehnung ϵ_6 nach 10^6 Lastwechseln ermittelt werden kann. Die Prüfbedingungen für die Bestimmung der Ermüdung von Asphaltbeton am 4PBB sind in der EN 13108-20 derzeit mit einer Frequenz von 30 Hz bei einer Prüftemperatur von 20°C festgelegt.

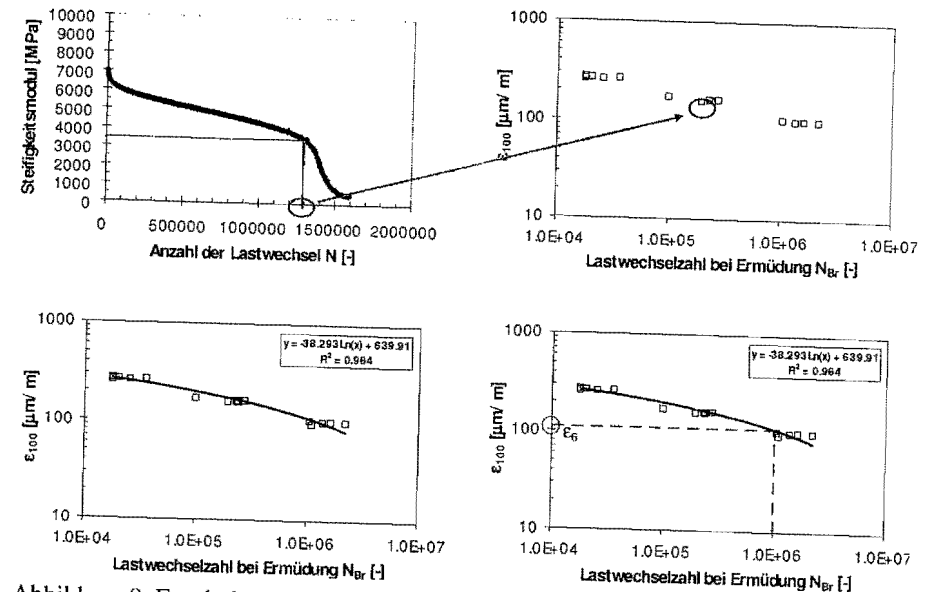


Abbildung 8. Ergebnisse aus dem Ermüdungsversuch am 4PBB bei 20 °C und 30 Hz: (a) Verlauf des Steifigkeitsmodul; (b) bis (d) Bestimmung der Wöhlerkurve aus den einzelnen Ermüdungsversuchen (Hauser, 2006).

4.2.3 Widerstand gegen thermische Rissbildung bei tiefen Temperaturen

Bei den Prüfungen auf Widerstand gegen thermische Rissbildung bei tiefen Temperaturen und den resultierenden Ergebnissen gemäß ÖNORM B 3590 handelt es sich um zusätzliche in Österreich erforderliche Angaben, die zurzeit in keiner Europäischen Norm festgelegt sind. Die Prüfeinrichtung zur Bestimmung des Tieftemperaturverhaltens besteht aus einem biegesteifen Lastrahmen und einem Spindeltrieb, der über eine digitale Kontrolleinheit die aufbrachte Kraft oder Verschiebung steuert. Beim Probeneinbau werden die beiden an Adaptoren geklebten Enden des Prüfkörpers durch

Kupplungsmuttern mit der Prüfmaschine verbunden. Dabei ist eine momentenfreie, einaxiale Kraftübertragung zu gewährleisten. Die gesamte Prüfeinrichtung befindet sich in einer Klimakammer, um die Versuchstemperatur steuern zu können (Spiegl, 2007).

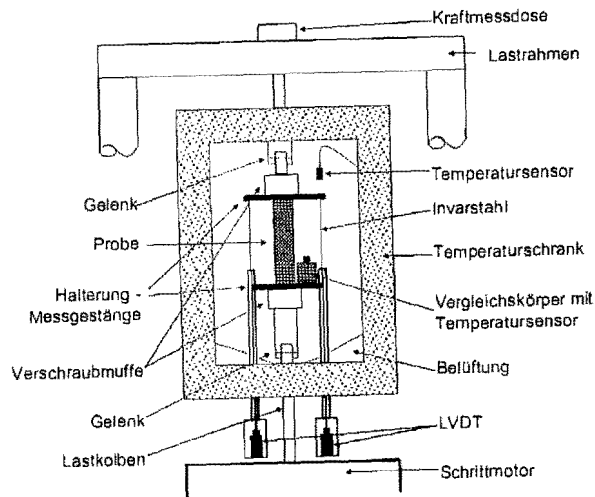


Abbildung 9. Versuchseinrichtung zur Prüfung des Tieftemperaturverhaltens, Schemaskizze (Spiegl, 2007).

Um das Tieftemperaturverhalten von Asphalt zu bestimmen, kommen gemäß ÖNORM B 3590 folgende Versuche zur Anwendung:

- Abkühlversuch (TSRST – Tensile Stress Restrained Specimen Test) zur Ermittlung von kryogenen Spannungen,
- Einaxialer Kältezugsversuch (UTST – Uniaxial Tensile Strength Test), zur Ableitung der Zugfestigkeit bei verschiedenen Temperaturen.

Das Schema beider Versuchsabläufe wird in Abbildung 10 dargestellt.

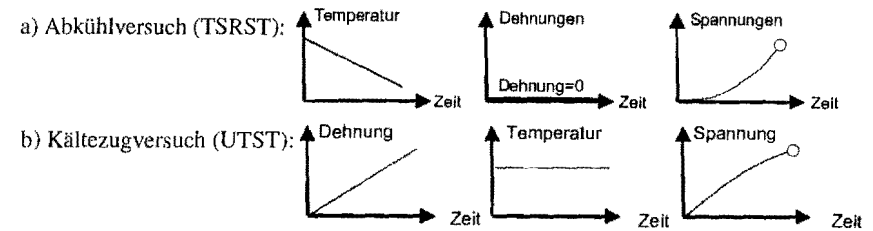


Abbildung 10. Versuchsschema (a) Abkühlversuch (TSRST); (b) Kältezugsversuch UTST (Spiegl, 2007).

Der TSRST simuliert ein wetterbedingtes Abkühlen von Asphalt im Labor. Die kryogenen Zugspannungen, die daraus resultieren, sollen nachgebildet werden. Ausgehend von einer Temperatur von 10 °C wird der eingespannte Probekörper bei behinderter Verformung mit einer Rate von -10 K/h abgekühlt. Je geringer die Abkühlrate, desto stärker kommt der Effekt der Relaxation zum Tragen und desto tiefer liegt die Bruchtemperatur. Mit der gewählten Rate wird ein der Realität nahe kommender Abkühlverlauf simuliert.

Die Zugfestigkeit von Asphalt ist der kritische Faktor beim Widerstand gegen Kälterisse. Dieser Widerstand bei tiefen Temperaturen wird im Labor durch einaxiale Kältezugsversuche UTST getestet. Dabei wird ein Probekörper durch Zugspannungen belastet, bis Versagen durch Bruch eintritt. Asphaltprobekörper werden zwischen +20 und -45 °C in Intervallen von 5 oder 10 K getestet. Die Verformungsrate beträgt 1 mm/min. Mindestens drei Versuche sind notwendig. Als Ergebnis erhält man die Zugfestigkeit in Abhängigkeit der Versuchstemperatur.

In Abbildung 11 (a) werden für einen Asphaltbeton AC 11 deck 70/100 die Versuchsergebnisse beispielhaft dargestellt. Die Kennwerte, die sich aus dem Abkühlversuch ergeben, sind die Bruchspannung σ_{Bruch} [MPa] und die Bruchtemperatur T_{Bruch} [°C]. Beim Kältezugsversuch ergibt sich die Zugfestigkeitskurve als Funktion der Temperatur, die als Regressionskurve zweiten Grades beschrieben wird (Abbildung 11 und Abbildung 12).

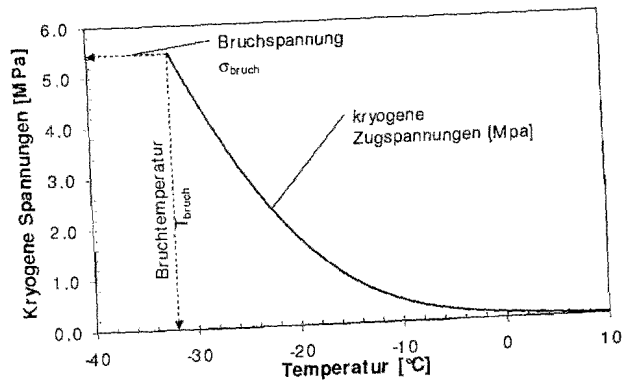


Abbildung 11. Ergebnis und Auswertung eines Abkühlversuchs [ÖNORM B3590:2007].

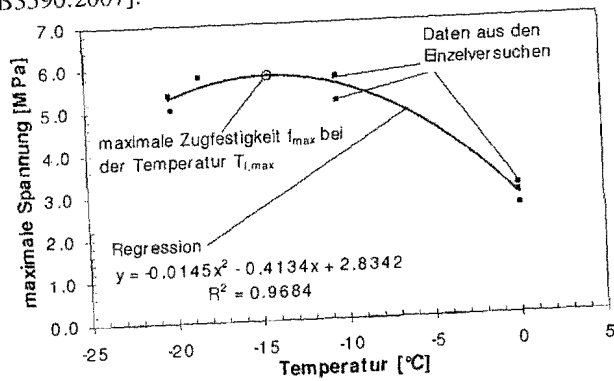


Abbildung 12. Ergebnis und Auswertung eines Kältezugsversuchs [ÖNORM B3590:2007].

Kombiniert man die Ergebnisse aus dem Abkühlversuch und dem Kältezugsversuch, so ergibt sich die Zugfestigkeitsreserve $\Delta\beta$ (Abbildung 13). Auch dieser Parameter kann verwendet werden, um die Beständigkeit von Asphalten gegen Kälterisse zu beschreiben. Die Zugfestigkeitsreserve ist ein Maß dafür, wie viel Verkehrslastspannungen der Asphalt zusätzlich zu den kryogenen Spannungen aufnehmen kann, ohne dass sich Risse bilden. Sie ergibt sich aus der Differenz zwischen kryogenen Spannungen und der Zugfestigkeit bei einer bestimmten Temperatur.

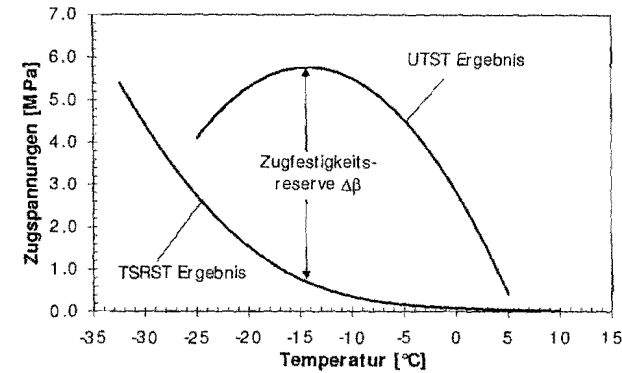


Abbildung 13. Superposition des Abkühl- und Kältezugsversuchs zur Ableitung der Zugfestigkeitsreserve [ÖNORM B3590:2007]

5 Zusammenfassung

Mit Einführung der neuen harmonisierten europäischen Normen für Asphaltmischgut, besteht ab 2008 die Wahlmöglichkeit Asphaltbetone wie bisher nach einem empirischen Ansatz oder aber nach funktionalen Anforderungen gebrauchsvhaltensorientiert zur konzipieren.

Durch die Festlegung fundamentaler Eigenschaften (Ermüdungsresistenz, Steifigkeit, Verformungsstabilität und Tieftemperaturverhalten) lassen sich Anforderungen an Asphaltmischgut nun erstmals „funktional“ ausschreiben. Der fundamentale Ansatz baut auf den allgemeinen und volumetrischen Anforderungen auf, beinhaltet aber zusätzlich noch gebrauchsvhaltensorientierte Prüfmethode. Entsprechende Anforderungen und Grenzwerte konnten auf Grundlage von wissenschaftlichen Untersuchungen und mehrjährigen Versuchsreihen im Christian Doppler Labor des Instituts für Straßenbau und Straßenerhaltung der TU Wien abgeleitet werden. Funktionale Anforderungen zielen auf ein verbessertes Gebrauchsverhalten des Asphaltmischgutes ab, sind aber auch mit einem höheren Prüfaufwand und zusätzlichen Prüfkosten verbunden.

Literatur

- EN 13108-1:2006. Asphaltmischgut - Mischgutanforderungen - Teil 1: Asphaltbeton.
- EN 13108-20:2006. Asphaltmischgut - Mischgutanforderungen - Teil 20: Erstprüfung.
- ÖNORM B 3580-1:2007. Asphaltmischgut - Mischgutanforderungen – Asphaltbeton – Empirischer Ansatz – Regeln zur Umsetzung der ÖNORM EN 13108-1.

ÖNORM B 3580-2:2007. Asphaltmischgut - Mischgutanforderungen - Asphaltbeton - Fundamentaler Ansatz - Regeln zur Umsetzung der ÖNORM EN 13108-1.

ÖNORM 3590:2007. Asphalt - Prüfverfahren für Heißasphalt - Tieftemperaturverhalten.

Blab R. und J. Eberhardsteiner (Hrsg.): Gebrauchsverhaltensorientierte Optimierung flexibler Straßenbefestigungen, Tätigkeitsbericht des Christian Doppler Labors 2002 bis 2005. Mitteilungen des Instituts für Straßenerhaltung der Technischen Universität Wien, Heft 17, Wien, 2005.

Kappl K.: Bewertung und Modellierung des Verformungsverhaltens von Asphalten auf Grundlage von zyklisch dynamischen Triaxialprüfungen. Dissertation am Institut für Straßenbau und Straßenerhaltung der Fakultät für Bauingenieurwesen, Technische Universität Wien, 2007.

Hauser, E.: Stiffness and fatigue behavior of asphalt mixtures used for flexible road pavements. Diplomarbeit am Institut für Straßenbau und Straßenerhaltung der Technischen Universität Wien, 2006.

Spiegel, M.: Tieftemperaturverhalten von Asphalt - Prüftechnische Ansprache und numerische Simulation. Dissertation am Institut für Straßenbau- und Straßenerhaltung der Technischen Universität Wien, 2007.

Asphaltmischgutspezifikation in Deutschland

Peter Renken

*ISBS - Institut für Straßenwesen, Braunschweig Pavement Engineering Centre
p.renken@tu-braunschweig.de*

1 Vergangenheit

Die bisher in Deutschland geltenden Technischen Regelwerke für den Bau von Asphaltstraßen beruhen letztlich auf Erfahrungswerten. Aufbauend auf einen intakten Straßenunterbau wurden die Technischen Regelwerke für den Straßenoberbau über Jahrzehnte dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik angepasst. Für den Straßenunterbau galten die ZTV E-StB (Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau) und für den Straßenoberbau in Asphaltbauweise als wichtigste Regelwerke von vertragsrechtlicher Relevanz die ZTV T-StB 95 (Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Tragschichten im Straßenbau) mit einer letzten Anpassung im Jahre 2002 und die ZTV Asphalt-StB 01 (Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen aus Asphalt) aus dem Jahre 2001. Ausgehend von den RStO 01 (Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen), in welchen in Abhängigkeit von der Bauweise, der Verkehrsbelastung und den klimatischen Gegebenheiten in einer Art „Schubladensystem“ die Dicken der einzelnen Schichten festgelegt sind, regelten die oben genannten ZTV T-StB und ZTV Asphalt-StB den Einbau und formulierten Vorgaben für Grenzen der Asphaltzusammensetzung, für die Arten und Sorten der einzusetzenden Bindemittel, die Hohlraumgehalte eines im Laboratorium hergestellten Asphalt-Probekörpers und nannten Mindestwerte für den Verdichtungsgrad und gegebenenfalls auch Höchstwerte für den Hohlraumgehalt der eingebauten Asphaltschicht.

Die Asphaltmischgutkonzeption für die Asphalttrag-, Asphaltbinder- und Asphaltdeckschichten wurden im Rahmen einer Eignungsprüfung festgelegt, innerhalb welcher - ausgehend von einer bewährten Korngrößenverteilung - der Bindemittelgehalt in drei Stufen variiert wurde und dann meist nur der Hohlraumgehalt am Marshall-Probekörper für eine Optimierung betrachtet wurde. In besonderen Fällen wurden auch im Rahmen sogenannter erweiterter Eignungsprüfungen Untersuchungen zur Verdichtbarkeit und/oder Verformbarkeit und/oder zum Kälteverhalten angestellt. Dazu war das anzuwendende experimentelle Instrumentarium nicht vorgegeben, sondern die Beurteilung der Verdichtungseigenschaften erfolgte meist nach dem Verfahren der Zunahme der Raumdichten der mit unter-