

# TL/TP-ING 6-7 / TP BEL-FÜ

Technische Lieferbedingungen und  
Technische Prüfvorschriften für Ingenieurbauten

## TL/TP-ING

Teil 6: Bauwerksausstattung

## Abschnitt 7: Technische Prüfvorschriften für Fahrbahnübergänge aus Asphalt

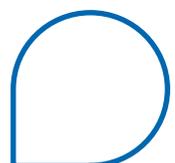
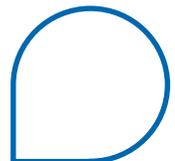
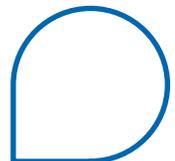
## TP BEL-FÜ

Ausgabe 2022

Stand Januar 2022

Alle Bezeichnungen der Teile und Abschnitte der ZTV-ING  
und der TL/TP-ING wurden entsprechend der  
Neugliederung vom Januar 2022 redaktionell umgestellt.

R 1



Notifiziert gemäß der Richtlinie (EU) 2015/1535 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. September 2015 über ein Informationsverfahren auf dem Gebiet der technischen Vorschriften und der Vorschriften für die Dienste der Informationsgesellschaft (ABl. 241 vom 17. 9. 2015, S. 1).

**© 2022/2023 Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V., Köln**

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die des Nachdruckes, der Übersetzung, des Vortrages, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen sowie Verbreitung im Internet bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten.

ISBN 978-3-86446-343-3

# TL/TP-ING 6-7 / TP BEL-FÜ

Technische Lieferbedingungen und  
Technische Prüfvorschriften für Ingenieurbauten

## TL/TP-ING

Teil 6: Bauwerksausstattung

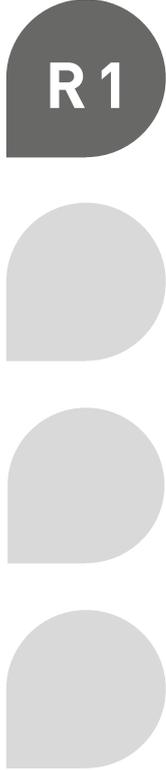
## **Abschnitt 7: Technische Prüfvorschriften für Fahrbahnübergänge aus Asphalt**

### **TP BEL-FÜ**

Ausgabe 2022

Stand Januar 2022

Alle Bezeichnungen der Teile und Abschnitte der ZTV-ING  
und der TL/TP-ING wurden entsprechend der  
Neugliederung vom Januar 2022 redaktionell umgestellt.



R 1

**Arbeitsgruppe Asphaltbauweisen**  
**Arbeitsausschuss: Brückenbeläge**  
**Arbeitskreis: Fahrbahnübergänge aus Asphalt**

Leitung des Arbeitsausschusses:

Dipl.-Ing. Manfred Eilers, Bergisch Gladbach

Leitung des Arbeitskreises:

Dipl.-Ing. Ralf Alte-Teigeler, Bietigheim

Mitarbeitende des Arbeitskreises und des Arbeitsausschusses:

Herr Robert Borchers, Göttingen  
Dipl.-Ing. Michael Curdt, Oberroßbach  
Dr. Gerhard Faßbender, Bonn  
Herr Gustav Gallai, Wels (AT)  
Dipl.-Ing. Michael Goldschmidt, Bottrop  
Dipl.-Ing. (FH) Helmut Xaver Habermann, Dülmen  
Dipl.-Ing. (FH) Dietmar Habiger, Langnau (CH)  
Dipl.-Chem. Sivotha Hean, Dübendorf (CH)  
Dr. Andreas Hörnig, Bamberg  
Dipl.-Ing. (FH) Boris Karczewski, Willich  
Dipl.-Oec. Rolf-Jürgen Koll, Pinneberg  
Dipl.-Ing. (FH) Erich Loher, Nürnberg  
Dipl.-Ing. (FH) Sebastian Lorenz, Bardowick  
Herr Jürgen Magner, Flörsheim am Main  
Dipl.-Ing. (FH) Hendrik Marossow, Neubrandenburg  
Dipl.-Ing. Marlitt Michel, Halle (Saale)  
Dipl.-Ing. (FH) Martin Oelerich, Bottrop  
Dipl.-Ing. Christoph Recknagel, Berlin  
Dipl.-Ing. Peter Rode, Bonn  
Dipl.-Ing. (FH) Thorsten Schäfer, Neuss  
Dipl.-Ing. Volker Schäfer, Oldenburg  
Dipl.-Ing. (FH) Thomas Schneider, Bottrop  
Dipl.-Ing. (FH) Jens Seiffart, Maisach  
Dipl.-Ing. (FH) Thomas Sikinger, Bardowick  
Herr Siegfried Stark, Dietingen  
Dipl.-Ing. Ansgar Tölle, Stuttgart  
Dipl.-Ing. (FH) Hubert Wehner, Würzburg  
Herr Dennis Weitz, B.A., Petershagen  
Dipl.-Ing. Ernst Willand, Stuttgart  
Dipl.-Ing. Oliver Zscherpe, Göppingen

**Vorbemerkung**

Die „Technischen Prüfvorschriften für Fahrbahnübergänge aus Asphalt“, Ausgabe 2022 (TP BEL-FÜ) wurden von der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen in einer Bearbeitergruppe „Prüfverfahren“ (Leitung: Dipl.-Ing. Christoph Recknagel) erarbeitet und im Arbeitskreis „Fahrbahnübergänge aus Asphalt“ (Leitung: Dipl.-Ing. Ralf Alte-Teigeler, Bietigheim) des Arbeitsausschusses „Brückenbeläge“ (Leitung: Dipl.-Ing. Manfred Eilers, Bergisch Gladbach) fertiggestellt. Sie ersetzen die Ausgabe 2003, die von der Arbeitsgruppe „Fahrbahnübergänge aus Asphalt“ im Bund/Länder-Hauptausschuss „Brücken- und Ingenieurbau“ erstellt worden ist.

Die Neuauflage wurde erforderlich, weil hinsichtlich der Prüfung der Baustoffe die bisherigen Praxiserfahrungen, die Ergebnisse von Stoff- und Funktionsprüfungen im Rahmen der Gütesicherungs- und Zertifizierungstätigkeiten, die Erkenntnisse aus zwischenzeitlich durchgeführten Forschungsarbeiten sowie die Regelungen der ETAG 032 berücksichtigt werden mussten.

<b>Inhaltsübersicht</b>		Seite
<b>1</b>	<b>Allgemeines</b> .....	4
1.1	Vorbemerkung .....	4
1.2	Proben .....	4
1.3	Probenahme; Probenaufbereitung .....	4
1.4	Grundsätzliches zu den Prüfungen .....	4
<b>2</b>	<b>Prüfungen an den Baustoffen, Baustoffgemischen und Bauteilen</b> .....	4
2.1	Prüfungen an den Ausgangsstoffen .....	4
2.1.1	Allgemeines .....	4
2.1.2	Prüfungen am Voranstrich .....	4
2.1.2.1	Proben .....	4
2.1.2.2	Homogenität .....	4
2.1.2.3	Dichte .....	4
2.1.2.4	Viskosität .....	5
2.1.2.5	Alkalibeständigkeit .....	5
2.1.2.6	Verdunstungsverhalten der flüchtigen Anteile .....	5
2.1.2.7	Feststoffanteil .....	5
2.1.2.8	IR-Analyse (Analytischer Fingerprint) .....	5
2.1.2.9	Flammpunkt .....	5
2.1.3	Prüfungen an der Tränkmasse .....	5
2.1.3.1	Proben .....	5
2.1.3.2	Art und äußere Beschaffenheit .....	6
2.1.3.3	Zusammensetzung .....	6
2.1.3.3.1	Anteil an löslichem Bindemittel in der Tränkmasse .....	6
2.1.3.3.2	Anteil an anorganischen Füllstoffen in der Tränkmasse .....	6
2.1.3.3.3	Anteil an unlöslichen organischen Füllstoffen in der Tränkmasse .....	6
2.1.3.4	Dichte .....	7
2.1.3.5	Erweichungspunkt .....	7
2.1.3.6	Elastische Rückstellung bei 25 °C .....	7
2.1.3.7	Kraft-Duktilität bei 0 °C .....	7
2.1.3.8	Verteilung der Polymere in der Tränkmasse .....	7
2.1.3.9	Beständigkeit gegen Hitzeeinwirkung .....	7
2.1.3.10	Dynamische Viskosität; Viskositäts-Temperatur-Verlauf .....	7
2.1.3.11	Dynamisch-elastische Kennwerte und mechanische Zustandsänderungen in Abhängigkeit von der Temperatur .....	8
2.1.3.12	Molekulare Strukturanalyse/ Molekularer Fingerprint .....	9
2.1.3.13	Thermogravimetrie (Thermogravimetrische Analyse) .....	10
2.1.4	Prüfungen an den Gesteins- körnungen .....	10
2.1.4.1	Probenahme .....	10
2.1.4.2	Art der Gesteinskörnungen .....	11
2.1.4.3	Reinheit .....	11
2.1.4.4	Korngrößenverteilung .....	11
2.1.4.5	Rohdichte .....	11
2.1.4.6	Schüttdichte; Hohlraumgehalt der losen Schüttung .....	11
2.1.4.7	Kornform .....	11
2.1.4.8	Widerstand gegen Zertrümmerung .....	11
2.1.4.9	Widerstand gegen Hitzebeanspruchung .....	11
2.1.4.10	Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel .....	11
2.1.5	Prüfungen am Abdeckstreifen .....	11
2.1.5.1	Art, Bezeichnung und Werkstoffnummer .....	11
2.1.5.2	Geometrische Gestaltung .....	11
2.1.6	Untersuchung von sonstigen Stoffen .....	11
2.2	Prüfungen am Asphalt der Muldenfüllung .....	11
2.2.1	Probenherstellung .....	11
2.2.2	Gesteinskörnungen/Tränkmasse- Verhältnis .....	12
2.2.3	Rohdichte, Raumdichte und Hohlraumgehalt .....	12
2.2.4	Spaltzugfestigkeit bei -20 °C .....	12
2.2.5	Standfestigkeit der Muldenfüllung .....	13
<b>3</b>	<b>Prüfung des Fahrbahn- übergangssystems</b> .....	13
3.1	Allgemeines .....	13
3.2	Herstellung der Probekörper .....	14
3.3	Versuchsapparatur .....	15
3.4	Dehn-Stauch-Versuch bei periodisch veränderlicher Temperatur .....	15
3.4.1	Versuchsdurchführung .....	15
3.4.2	Auswertung .....	16
3.5	Schwingversuch .....	16
3.5.1	Versuchsdurchführung .....	16
3.5.2	Auswertung .....	17
3.6	Standfestigkeit des Fahrbahn- übergangssystems .....	17
Anhang A: Probenherstellung für die Prüfungen am Asphalt der Muldenfüllung .....		19
Anhang B: Versuchseinrichtung für die Prüfung des Fahrbahnübergangssys- tems .....		20
Anhang C: Regelwerke .....		25

# 1 Allgemeines

## 1.1 Vorbemerkung

Die „Technischen Prüfvorschriften für Fahrbahnübergänge aus Asphalt“ (TP BEL-FÜ) enthalten Regelungen zur Durchführung und Bewertung von Baustoff- und Funktionsprüfungen, die nach den „Technischen Lieferbedingungen für die Baustoffe zur Herstellung von Fahrbahnübergängen aus Asphalt“ (TL BEL-FÜ) zur Beurteilung von Funktionsfähigkeit und Dauerhaftigkeit im Rahmen von Grundprüfungen sowie zur identifizierenden Kennzeichnung zur Sicherstellung gleichbleibender Güte gefordert sind. Art und Umfang der Prüfungen sowie die Anforderungskriterien zur Bewertung sind den TL BEL-FÜ zu entnehmen.

Die Grundprüfung umfasst

- Prüfungen an den Baustoffen, Baustoffgemischen und Bauteilen,
- Prüfungen des Fahrbahnübergangssystems.

Die Prüfungen zur Sicherstellung gleichbleibender Güte dienen der Umsetzung der Regelungen der DIN 18200 für das Bauprodukt „Fahrbahnübergang aus Asphalt“ mit dem Ziel der Sicherstellung anforderungsgerechter Produktion und Eigenüberwachung. Sie umfassen in erster Linie Untersuchungen an den Baustoffen, gegebenenfalls auch an den Baustoffgemischen und Bauteilen. Bei Auffälligkeiten oder Abweichungen im Vergleich zu den Ergebnissen der Grundprüfung können in Absprache zwischen der Prüfstelle und der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) ergänzende Systemuntersuchungen erforderlich werden.

## 1.2 Proben

Art und Umfang der erforderlichen Proben sowie weitere erforderliche Informationen werden von der Prüfstelle vorab festgelegt. Für die Grundprüfung sind Baustoffproben in ausreichender, mit der Prüfstelle abgestimmter Menge, einschließlich Rückstellmuster, zur Verfügung zu stellen. Es sind ergänzende, systemkennzeichnende Angaben beizufügen, soweit sie für die produktbezogene Applikation und Prüfung bzw. zur Bewertung von Prüfungsergebnissen von Bedeutung sind.

## 1.3 Probenahme; Probenaufbereitung

Für die Probenahme und Vorbereitung von Proben gelten die Regelungen der DIN EN 58, der DIN EN 12594 (Tränkmasse) sowie die entsprechenden Regelungen der „Technischen Prüfvorschriften für Gesteinskörnungen im Straßenbau“ (TP Gestein-StB) (Gesteinskörnungen).

## 1.4 Grundsätzliches zu den Prüfungen

Soweit nichts anderes angegeben ist, erfolgen Probenahme, Lagerung, Probenvorbereitung und Prüfung bei Raumtemperatur. Proben und Prüfgeräte sind durch ausreichend lange Temperierung an die jeweilige Prüftemperatur anzupassen.

Die Herstellung von Probekörpern des Asphalts der Muldenfüllung sowie der Systemprobekörper erfolgt nach der Ausführungsanweisung des Herstellers durch den Antragsteller der Untersuchungen unter Aufsicht der Prüfstelle. Nicht benötigte Baustoffe sind durch den Antragsteller zu entsorgen.

# 2 Prüfungen an den Baustoffen, Baustoffgemischen und Bauteilen

## 2.1 Prüfungen an den Ausgangsstoffen

### 2.1.1 Allgemeines

Zu den Ausgangsstoffen, die im Rahmen einer Grundprüfung untersucht werden, zählen der Voranstrich (soweit verwendet), die Tränkmasse, die Gesteinskörnungen, der Abdeckstreifen sowie gegebenenfalls zum System gehörende Fixiereinrichtungen, Gewebeeinlage und weitere Hilfsstoffe. Die Untersuchungen an den Ausgangsstoffen dienen einerseits einer struktur-analytischen Kennzeichnung und Identifizierung sowie andererseits einer physikalisch-technologischen Kennzeichnung der Gebrauchseigenschaften.

### 2.1.2 Prüfungen am Voranstrich

#### 2.1.2.1 Proben

Für die erforderlichen Untersuchungen ist der Prüfstelle vorzugsweise ein ungeöffnetes Originalgebinde, mindestens jedoch 1000 ml Probematerial, welches den Anforderungskriterien einer repräsentativen Stichprobe entsprechen muss, durch den Antragsteller in einem luftdicht verschlossenen, lagerfähigen und ausgezeichneten Behältnis zur Verfügung zu stellen. Vor der Entnahme von Messproben ist die Probe mindestens 15 Minuten zu homogenisieren. Das Verfahren ist anzugeben.

#### 2.1.2.2 Homogenität

Die Homogenität ist nach DIN EN 15466-1 zu bestimmen.

#### 2.1.2.3 Dichte

Die Dichte ist nach DIN EN ISO 2811-2 (Tauchkörperverfahren) oder nach DIN EN ISO 2811-1 (Pyknometerverfahren) zu bestimmen. Das verwendete Verfahren ist im Prüfbericht anzugeben.

#### 2.1.2.4 Viskosität

Die Viskosität ist nach DIN EN ISO 2431 (Auslaufbecher) zu bestimmen. Falls dieses Verfahren nicht anwendbar ist, ist das Verfahren nach 2.1.3.10 dieser TP bei einer Prüftemperatur von 23 °C anzuwenden. Das verwendete Verfahren ist im Prüfbericht anzugeben.

#### 2.1.2.5 Alkalibeständigkeit

Die Alkalibeständigkeit ist nach DIN EN 15466-2 zu bestimmen.

#### 2.1.2.6 Verdunstungsverhalten der flüchtigen Anteile

Das Verdunstungsverhalten der flüchtigen Anteile ist nach DIN EN 15466-3 zu bestimmen.

#### 2.1.2.7 Feststoffanteil

Der Feststoffanteil ist nach DIN EN 15466-3 zu bestimmen.

#### 2.1.2.8 IR-Analyse (Analytischer Fingerprint)

Als analytischer Fingerprint wird ein IR-Spektrum mit Hilfe eines FTIR-Gerätes im Wellenlängenbereich 4000 cm<sup>-1</sup> bis 650 cm<sup>-1</sup> aufgenommen. Dies kann am Voranstrich in flüssiger Phase oder am getrockneten Voranstrich erfolgen. Als Messtechnik können sowohl Transmission als auch Reflexion angewendet werden.

Besonders zu empfehlen ist die ATR-Technik mit Mehrfachreflexion. Die Messung erfolgt nach Auftragen einer flüssigen Probe auf den ATR-Kristall und anschließender Verdampfung der flüssigen Phase (z. B. im Vakuumtrockenschrank).

Im Falle einer Transmissionsmessung entscheidet die Prüfstelle, nach Rücksprache mit dem Hersteller, die Verfahrensweisen zur Lösung/Verdünnung der Probe. Die Verfahrensweise ist im Prüfbericht anzugeben.

Untersucht werden jeweils zwei Messproben. Als Ergebnis wird ein Mittelwert-Spektrum aus den Einzelmessungen erstellt und ausgewertet. Neben der Angabe des Mittelwertspektrums wird die Lage der Banden im Wellenlängenbereich 4000 cm<sup>-1</sup> bis 650 cm<sup>-1</sup> angegeben.

Die Probenvorbereitung einschl. Konditionierung und Verdünnung, das angewendete Messverfahren, das verwendete Messgerät und die Prüfkonditionierung einschl. der Geräteeinstellungen, die Messdurchführung, sowie die Auswertemethodik sind anzugeben.

#### 2.1.2.9 Flammpunkt

Der Flammpunkt ist nach DIN EN ISO 2719 (closed cup-Verfahren nach Pensky-Martens) zu bestimmen.

### 2.1.3 Prüfungen an der Tränkmasse

#### 2.1.3.1 Proben

Für die erforderlichen Untersuchungen ist der Prüfstelle mindestens ein ungeöffnetes Originalgebilde von mindestens 10 kg zur Verfügung zu stellen.

Zum Ausschluss von Randeinflüssen bei der Produktherstellung und zur Erhöhung der Repräsentativität ist eine Laboratoriumsprobe der Tränkmasse aus dem zentralen Bereich des Originalgebildes über die gesamte Gebindehöhe in Befüllrichtung zu gewinnen (siehe Bild 1).

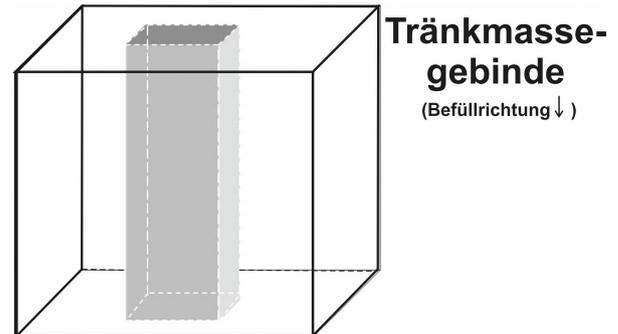


Bild 1: Schematische Darstellung der Gewinnung einer Laboratoriumsprobe aus einem Tränkmassengebinde

Alternativ können im Zuge von direkten Probenahmen (z. B. aus Rührwerkskochern) gewonnene Sammelproben oder repräsentative Einzelproben als Laboratoriumsprobe dienen. Die Probenahme, die vorherige Verweilzeit im Rührwerkskocher sowie die Höhe der maximalen Temperaturbeanspruchung sind zu dokumentieren. Beide Parameter müssen innerhalb der erlaubten Verarbeitungsbedingungen des Herstellers liegen. Über die Probenahme ist ein Probenahmeprotokoll anzufertigen. Darin müssen – neben den o. a. Protokollierungen – mindestens weitere folgende Angaben aufgeführt sein:

- Produktname; Chargennummer; Produktionsdatum,
- Ort und Datum der Probenahme,
- Beteiligte der Probenahme.

Aus der Laboratoriumsprobe sind die verschiedenen Messproben für die Einzeluntersuchungen (Untersuchungsproben) nach DIN EN 12594 unter Verwendung eines indirekt beheizbaren Schmelztopfes mit Rührmöglichkeit vorzubereiten. Bei der Aufbereitung zur Gewinnung von Messproben ist auf eine minimierte thermische und mechanische Beanspruchung des Prüfgutes zu achten. Die Temperierung erfolgt bei der durch den Hersteller angegebenen maximalen Verarbeitungstemperatur. Die Proben für die Einzeluntersuchungen (Messproben) sind möglichst in einem Arbeitsgang herzustellen. Die Gewinnung der Messproben sowie der Verlauf der Probentemperatur während der Temperierung sind zu dokumentieren.

### 2.1.3.2 Art und äußere Beschaffenheit

Die Bestimmung der äußeren Beschaffenheit an einer festen und einer aufgeschmolzenen Probe erfolgt nach DIN EN 1425.

### 2.1.3.3 Zusammensetzung

#### 2.1.3.3.1 Anteil an löslichem Bindemittel in der Tränkmasse

Die Ermittlung des Anteils an löslichem Bindemittel erfolgt nach dem Verfahren Anhang B 1.3 (Soxhlet-Extraktion) der DIN EN 12697-1 unter Berücksichtigung entsprechender Bestimmungen des Anhangs D bezüglich der Extraktionsgeschwindigkeit, -dauer und -temperatur. Die Einwaagemenge beträgt 25 bis 30 g.

Als Lösemittel ist Toluol zu verwenden.

Vor der Extraktion sind die zu verwendenden Extraktionshülsen über 15 Stunden an der Luft unter einem Laborabzug und anschließend bei  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$  bis zur Massekonstanz zu trocknen. Die Massen der leeren Extraktionshülsen sind zu dokumentieren.

Nach Abschluss der Extraktion werden die Extraktionshülsen mit den darin befindlichen Rückständen über 15 Stunden an der Luft unter einem Laborabzug und anschließend bei  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$  bis zur Massekonstanz getrocknet. Die Massen der Extraktionshülsen mit den Rückständen sind zu dokumentieren.

Aus der Gewichts Differenz der getrockneten Extraktionshülse mit den Rückständen nach der Extraktion zur Extraktionshülse vor der Extraktion wird die Masse an unlöslichen Bestandteilen  $m_{A,unl.}$  (Summe der Füllstoffe) berechnet.

Durch Anwendung des Differenzenverfahrens ergibt sich der Anteil an löslichem Bindemittel in der Tränkmasse nach der folgenden Zahlenwertgleichung zu

$$B_{\text{lösl}} = \frac{m_{E,0} - m_{A,unl.}}{m_{E,0}} \cdot 100 \quad [\text{M.-%}]$$

mit

$m_{A,unl.}$  = Masse an rückgewonnenen unlöslichen Bestandteilen in der Tränkmasse in [g]

$m_{E,0}$  = Einwaage der Messprobe in [g]

$B_{\text{lösl}}$  = Anteil an löslichem Bindemittel in der Tränkmasse [M.-%]

Der Masseanteil an löslichem Bindemittel  $B_{\text{lösl}}$  wird auf 0,1 M.-% als Mittelwert aus zwei Extraktionen angegeben.

#### 2.1.3.3.2 Anteil an anorganischen Füllstoffen in der Tränkmasse

Die nach dem Extrahieren und Trocknen verbliebenen Füllstoffe  $m_{A,unl.}$  werden im Anschluss an ihre gravimetrische Bestimmung in Anlehnung an DIN

EN ISO 3451-1, Verfahren a), bei einer Glühtemperatur von  $T = 550^\circ\text{C}$  über eine Veraschungszeit von 16 h verascht. Zur Berechnung des Gesamtanteils an anorganischen Füllstoffen wird der nach der Veraschung verbliebene gravimetrisch bestimmte Glührückstand  $m_{A,M}$  herangezogen.

Der Gesamtgehalt an anorganischen Füllstoffen in [M.-%] in der Tränkmasse ergibt sich entsprechend der nachfolgenden Zahlenwertgleichung zu

$$M_{\text{anorg. Füllstoffe}} = \frac{m_{A,M}}{m_{E,0}} \cdot 100 \quad [\text{M.-%}]$$

mit

$m_{A,M}$  = Masse des Glührückstandes in [g]

$m_{E,0}$  = Einwaage der Messprobe für die Bestimmung des Bindemittelgehaltes in [g]

$M_{\text{anorg. Füllstoffe}}$  = Gesamtanteil aller anorganischer Füllstoffe (z. B. Gesteinskörnungen) in der Tränkmasse in [M.-%]

und wird als Mittelwert aus zwei Untersuchungen auf 0,1 M.-% angegeben. Sollte zwischen der Masse  $m_{A,unl.}$  an rückgewonnenen unlöslichen Bestandteilen der Tränkmasse (= 100 % rückgewonnene unlösliche Bestandteile) und der Masse der Einwaage der Rückstände für die Veraschung eine Differenz bestehen (z. B. aufgrund nicht aus der Extraktionshülse entfernbaren Rückständen), so ist der Gesamtgehalt an anorganischen Füllstoffen  $M_{\text{anorg. Füllstoffe}}$  rechnerisch auf  $m_{A,unl.} = 100\%$  anzupassen.

#### 2.1.3.3.3 Anteil an unlöslichen organischen Füllstoffen in der Tränkmasse

Dabei wird zunächst die Massendifferenz aus dem nach der Extraktion gewonnenen Unlöslichen  $m_{A,unl.}$  und dem nach Veraschung bei  $T = 550^\circ\text{C}$  verbliebenen Glührückstand  $m_{A,M}$  gebildet. Der Anteil der gesamten unlöslichen organischen Bestandteile (unlösliches Bindemittel und unlösliche organische Füllstoffe) wird nach der Zahlenwertgleichung

$$M_{\text{org. Füllstoffe}} = \frac{m_{A,unl.} - m_{A,M}}{m_{E,0}} \cdot 100 \quad [\text{M.-%}]$$

mit

$m_{A,unl.}$  = Masse an rückgewonnenen unlöslichen Bestandteilen in der Tränkmasse in [g]

$m_{A,M}$  = Masse des Glührückstandes in [g]

$m_{E,0}$  = Einwaage der Messprobe für die Bestimmung des Bindemittelgehaltes in [g]

$M_{\text{org. Füllstoffe}}$  = Gesamtanteil an unlöslichen organischen Bestandteilen in der Tränkmasse in [M.-%]

ermittelt und als Mittelwert aus zwei Untersuchungen auf 0,1 M.-% angegeben.

#### 2.1.3.4 Dichte

Die Dichte kann im Tauchwägevorgang nach DIN EN 13880-1 bzw. auch an luftporenfrei vergossenen Quadern z. B. 15 × 25 × 50 mm oder im Pyknometerverfahren nach DIN EN 15326 bestimmt werden. Das gewählte Verfahren ist im Prüfbericht anzugeben.

#### 2.1.3.5 Erweichungspunkt

Die Bestimmung des Erweichungspunktes Ring und Kugel erfolgt nach DIN EN 1427.

#### 2.1.3.6 Elastische Rückstellung bei 25 °C

Die elastische Rückstellung bei 25 °C wird nach DIN EN 13880-3 bestimmt. Zur Eigenkontrolle und Sicherstellung ausreichender Präzision ist der Untersuchungsablauf, insbesondere die Beanspruchungsabschnitte, vorzugsweise zu automatisieren oder reproduzierbar zu erfassen. Der Prüfverlauf ist z. B. in Form eines Weg-Zeit-Diagrammes aufzuzeichnen.

#### 2.1.3.7 Kraft-Duktilität bei 0 °C

Die Untersuchung erfolgt in Anlehnung an DIN EN 13589, jedoch bei einer Prüftemperatur von  $T = 0\text{ °C}$ . Im Ergebnis der Untersuchung an mindestens drei Probekörpern sind anzugeben:

- der Kraft-Deformations-Verlauf während des Streckvorganges,
- die maximale Zugkraft,
- die Formänderungsarbeit bei Dehnungen um 200 mm, 300 mm, 400 mm und bei Bruchdehnung.

#### 2.1.3.8 Verteilung der Polymere in der Tränkmasse

Die Untersuchung wird in Anlehnung an DIN EN 13632 durchgeführt. Dazu wird Probematerial auf einer Metallplatte 20 × 40 mm zu einem Film aufgeschmolzen. Die auf -20 °C abgekühlte Probe erhält mittels Mikrotom-Schnitt eine ebene Oberfläche, welche dann im Mikroskop unter Fluoreszenz-Auflicht bei 40-facher und 250-facher Vergrößerung optisch analysiert und photographisch im Prüfbericht dokumentiert wird. Zur Beurteilung werden die Vergleichsdarstellungen der „Technischen Prüfvorschriften für die Prüfung der Dichtungssysteme für Brückenbeläge auf Stahl“ (TP BEL-ST) herangezogen.

#### 2.1.3.9 Beständigkeit gegen Hitzeeinwirkung

Die Alterung von bitumenhaltigen Baustoffen erfolgt in zwei Phasen: eine Kurzzeitalterung während des Aufheizens und Verweilens im Rührwerkskessel sowie während des Vergießens auf der Baustelle und eine Langzeitalterung im Gebrauchszustand. Wesentlich für die Alterung des Asphalts der Mul-

denfüllung ist die Hitzeeinwirkung bei der Aufbereitung und Verarbeitung der Tränkmasse.

Die Prüfung der Beständigkeit gegen kurzzeitige Hitzeeinwirkung erfolgt in Anlehnung an DIN EN 12607-3 bei der vom Hersteller angegebenen maximalen Verarbeitungstemperatur unter Luftatmosphäre nach einer Beanspruchungsdauer von 8 Stunden. Durchgeführt wird die Prüfung entsprechend Punkt 6.1 dieser Norm. Ermittelt wird die relative Masseänderung in [M.-%] auf 0,01 [M.-%].

Weiterhin wird an der auf diese Art beanspruchten Tränkmasse die elastische Rückstellung nach dem Verfahren in Absatz 2.1.3.6 ermittelt. Aus den Werten für die elastische Rückstellung vor und nach Hitzeeinwirkung ist die Differenz der elastischen Rückstellung zu bilden.

Des Weiteren werden an der auf diese Art beanspruchten Tränkmasse eine molekulare Strukturanalyse mittels GPC-Analyse und IR-Spektroskopie nach Verfahren 2.1.3.12 durchgeführt und die jeweiligen Peaklagen aus den IR-Spektrogrammen und GPC-Chromatogrammen sowie das Verhältnis nieder- zu hochmolekularen Bestandteilen relativ mit den entsprechenden Ergebnissen aus der Untersuchung des Materials im unbeanspruchten Ausgangszustand verglichen.

#### 2.1.3.10 Dynamische Viskosität; Viskositäts-Temperatur-Verlauf

Die dynamische Viskosität wird in einem Rotations-Viskosimeter nach DIN 53019 bestimmt. Unter Berücksichtigung der spezifischen Eigenschaften der Tränkmasse (Zusammensetzung, Temperaturverhalten u.a.) kann die Untersuchung in einer Zylindermesseinrichtung in Anlehnung an DIN EN 13302 bzw. Platte-Platte-Messeinrichtung in Anlehnung an DIN EN 13702 in der nachfolgend beschriebenen Verfahrensweise erfolgen. Das Verfahren ist anzugeben.

##### Platte-Platte-Messeinrichtung

Die Messeinrichtung besteht aus einem Platte-Platte-Messsystem mit einem Durchmesser der oberen Platte von 25 mm und einem Plattendurchmesser der Auflage von 55 mm. In Abhängigkeit von den Eigenschaften der Tränkmasse und dem Einsatzbereich des Viskosimeters kann sich die Anwendung von Messgeometrien anderen Durchmessers als notwendig erweisen. Nach dem Einstellen der jeweiligen Messtemperatur mit einer Genauigkeit von  $\pm 0,1\text{ K}$  wird zuerst der Nullpunkt des verfahrenbaren Messaufsatzes und anschließend der für die Untersuchung gewählte Plattenabstand ohne Probenmaterial eingestellt. Für die hier beschriebenen Versuche hat sich im Regelfall ein Abstand von 1 mm bewährt, welcher jedoch in Abhängigkeit von der Partikelgröße der Füllstoffe der Tränkmasse und des Messbereiches des Viskosimeters zu überprüfen und gegebenenfalls je nach Tränkmasse neu festzulegen ist. Dabei gilt als Kriterium, dass zur Si-

herstellung ordnungsgemäßer Versuchsbedingungen (Vermeidung turbulenter Strömungen u. a.) der Plattenabstand 5 bis 10 mal größer als der größte Partikeldurchmesser in der Tränkmassse sein muss. Das Volumen der Messprobe beträgt in Abhängigkeit von der Messgeometrie ca.  $0,5 - 1 \text{ cm}^3$ .

Die Messprobe der Tränkmassse wird mittig unterhalb der oberen Messplatte auf die Unterlage aufgegeben und anschließend behutsam durch Temperierung auf die Verarbeitungstemperatur aufgeschmolzen. Anschließend wird die obere Messplatte auf den vorher eingestellten Plattenabstand abgesenkt. Eine Über- oder Unterfüllung des Messspaltes mit dem Messgut ist auszuschließen, die Messtemperatur wird angefahren. Nach Erreichen des Temperaturngleichgewichts erfolgt eine 20 minütige Temperaturanpassung und daran anschließend die Messung.

### Zylinder-Messeinrichtung

Die Messeinrichtung besteht aus einem Zylinder-Messsystem (Searle-Prinzip) mit einem Radienverhältnis von Außen- zu Innenzylinder nach DIN EN 13302 bzw. DIN 53019. Die Größe des entstehenden Spaltes ist auf die Eigenschaften der Tränkmassse und die Beanspruchungsgrößen abzustellen. Dieser sollte mindestens 1 mm betragen. Das auf Verarbeitungstemperatur vorbereitete Probematerial wird in den Zylinder eingefüllt. Anschließend wird der rotierende Zylinder bis zur Messposition in die Probe langsam drehend eingefahren. Die Prüfkongfiguration wird dann auf Prüftemperatur über eine Zeit von 30 Minuten konditioniert. Anschließend erfolgt die Untersuchung in der nachstehend aufgeführten Weise.

Die Messungen werden an jeweils neuen Proben der Tränkmassse bei der vom Hersteller angegebenen maximalen und minimalen Verarbeitungstemperatur durchgeführt. Die Untersuchungen erfolgen schubspannungsgeregelt. Zur Aufnahme der Fließkurven wird die Schergeschwindigkeit in Abhängigkeit von der aufgebrachten Schubspannung im sogenannten schubspannungsgesteuerten Messmodus im Bereich 0 bis 2500 Pa mit einem konstanten Schubspannungsanstieg von  $12,5 \text{ Pa/s}$  bei beiden Temperaturen kontinuierlich gesteigert. Die Aufzeichnungsdichte wird mindestens zu 1 Messwert/Sekunde gewählt. Die realisierten Prüfbedingungen (Versuchstechnik, Verfahrensweise etc.) sind zu beschreiben und den Ergebnissen beizufügen.

Die dynamische Viskosität in  $[\text{Pa s}]$  wird nach der folgenden Gleichung bestimmt:

$$\eta = \frac{\tau}{D} [\text{Pa s}]$$

mit

$\tau$  = Scherspannung in Pa

D = Schergefälle in  $\text{s}^{-1}$

$\eta$  = dynamische Viskosität in Pa s

Als Ergebnis werden der Verlauf der Viskositätskurve sowie der zeitliche Verlauf der Beanspruchungsvorgabe aufgezeichnet und angegeben. Angegeben werden die Viskositäten bei 1000, 1500, 2000 und 2500 Pa sowie bei einer Schergeschwindigkeit von  $100 \text{ s}^{-1}$ .

### 2.1.3.11 Dynamisch-elastische Kennwerte und mechanische Zustandsänderungen in Abhängigkeit von der Temperatur

Das thermomechanische Verhalten der Tränkmassen und die materialspezifische Plastizitätsspanne werden mit Hilfe eines Dynamischen Scherrheometers nach DIN EN 14770 unter Zugrundelegung der DIN EN ISO 6721-1 erfasst. Zur Ermittlung der temperaturbezogenen dynamisch-mechanischen Kennwerte werden sogenannte Temperatur-Sweeps mit konstanter Frequenz und konstanter oszillierender Amplitude unter Temperaturvariation im Bereich  $-60 \text{ °C}$  bis  $+200 \text{ °C}$  herangezogen. Der anzuwendende Temperaturbereich ist in Abhängigkeit von der zu prüfenden Tränkmassse festzulegen. Gemessen wird die im jeweiligen Temperaturzustand zur Verformung notwendige Schubspannung. Unter Berücksichtigung der spezifischen Eigenschaften der Tränkmassse (Zusammensetzung) kann die Untersuchung in einer Platte-Platte-Messeinrichtung in Anlehnung an DIN EN 13702 oder mit Hilfe einer Festkörper-Messeinrichtung FEV in Anlehnung an DIN EN ISO 6721-2 in der nachfolgend beschriebenen Verfahrensweise erfolgen. Zur Erfassung materialspezifischer Hystereseeffekte werden die Untersuchungen bei fallenden und steigenden Temperaturen durchgeführt (bewährter Temperaturgradient;  $1 \text{ K/min}$  linear). Eine Festlegung des zu untersuchenden Temperaturbereiches und der Messkongfiguration sowie der zu praktizierenden Messdurchführung erfolgt in Absprache zwischen Prüfstelle und Hersteller. Der im Versuchsverlauf zu realisierende Temperaturbereich muss die Änderung des thermomechanischen Materialverhaltens von der Spröd-Elastizität bis zum viskosen Verhalten erfassen. Die vorgegebene Deformationsamplitude ist im Ergebnis von Vorversuchen (Amplitudensweep) festzulegen. Es ist sicherzustellen, dass der linear-viskoelastische Bereich des Produktes eingehalten wird.

#### Platte-Platte-Messeinrichtung

Als Messgeometrie für Versuchstemperaturen oberhalb  $-10 \text{ °C}$  wird eine Platte-Platte-Einrichtung verwendet. Die Vorbereitung des Versuches und der Einbau der Probe erfolgen entsprechend der Vorgehensweise im Abschnitt 2.1.3.9.

#### Festkörper-Messeinrichtung

Insbesondere zur Erfassung des Tieftemperaturbereiches (z. B. bei Überschreitung der Leistungsgrenzen im Platte-Platte-Messmodus) ist im Temperaturbereich unterhalb etwa  $0 \text{ °C}$  die Anwendung der dynamisch-mechanischen Analyse an stabför-

migen Festkörpern der Tränkmass nach DIN EN ISO 6721-2 möglich. Derartige Proben werden je nach Messsystem in entsprechende Formen durch Verguss bei Verarbeitungstemperatur hergestellt (hierfür haben sich Formen aus Silikon bewährt).

Die Messfrequenz beträgt 1 Hz. Ungeachtet der gewählten Messgeometrie wird zuerst in einem Vorversuch der Deformationsbereich, innerhalb dessen die Struktur der zu untersuchenden Tränkmass erhalten bleibt (linear-viskoelastischer Bereich), im sogenannten Amplituden-Sweep ermittelt. Dazu sind mindestens bei den Grenztemperaturen des zu kennzeichnenden Temperaturbereiches Untersuchungen durchzuführen:

- Deformationsgesteuert von 0,005 bis 100 % (z. B. unter logarithmischem Anstieg),
- Datenerfassung mit mindestens 5 Messwerten je Dekade,
- Frequenz 1 Hz.

Die dann im Temperatursweep geregelte Deformation muss für jeden Temperaturzustand linear-viskoelastisches Verhalten absichern.

Unter Beachtung der dabei festgestellten Grenzen für die Deformation werden im anschließenden Temperatursweep an neuem Probematerial unter Variation der Temperaturen in einem vorher festgelegten Bereich Speicher-, Verlustmodul sowie der Verlustwinkel ermittelt. (Für die hier relevanten Produkte kann eine geeignete Deformationsamplitude im Bereich von 0,01 bis 1 % bei 1 Hz Lastwechsel-frequenz erwartet werden.)

Zur Aufrechterhaltung konstanter Versuchsbedingungen unter Temperaturvariation (z. B. konstantes Spaltmaß) sind geeignete Maßnahmen (z. B. zusätzliche Normalkraftregelung) zu installieren.

Die dynamisch-elastischen Kennwerte werden je Temperaturzustand nach den folgenden Gleichungen berechnet:

$$G' = [\tau_0/\gamma_0] \cdot \cos \delta \quad [\text{Pa}]$$

$$G'' = [\tau_0/\gamma_0] \cdot \sin \delta \quad [\text{Pa}]$$

$$\delta = \arctan G''/G' \quad [^\circ]$$

mit

$\tau_0$  = Schubspannungsamplitude in [Pa]

$\gamma_0$  = Deformationsamplitude

$G'$  = Speichermodul [Pa]

$G''$  = Verlustmodul [Pa]

$\delta$  = Verlustwinkel

Die Aufzeichnung der dynamisch-elastischen Kennwerte erfolgt über den vorher festgelegten Temperaturbereich (z. B. im Temperaturbereich von  $-60^\circ\text{C}$  bis  $200^\circ\text{C}$ ) und dient als rheologischer Fingerprint für die jeweilige Tränkmass. Der grafische Verlauf von  $G'$ ,  $G''$  und  $\tan \delta$  über den untersuchten Temperaturbereich ist anzugeben.

Aus dem Verlauf von Speichermodul  $G'$ , Verlustmodul  $G''$  und Verlustwinkel  $\delta$  über der Temperatur kann man Dispersionsbereiche erkennen, das heißt Bereiche, in denen signifikante Änderungen der dynamisch-elastischen Kenngrößen auftreten (lokale Maxima, Wendepunkte etc.).

Ausgewertet werden:

- Temperaturgrenze zum spröde-elastischen Verhalten ( $T_g$ ),
- Temperaturgrenze zum Fließen ( $T_m$ ),
- sonstige markante Temperaturen im Verlauf der Graphen. Die verwendeten Klassifizierungskriterien sind anzugeben.

### 2.1.3.12 Molekulare Strukturanalyse/ Molekularer Fingerprint

Eine Kennzeichnung der Struktur der Tränkmass erfolgt mittels GPC-Analytik und Aufnahme eines IR-Fingerprints.

#### GPC-Analyse

Dabei liefert eine Aufklärung der Molekulargrößenverteilung mittels Gelpermeationschromatographie (GPC-Analyse) neben einem typischen strukturanalytischen Fingerprint auch Informationen über die Molekülgrößen und deren Verteilung in der gelösten Bitumenphase der Tränkmass. Die Tränkmass wird zur Untersuchung wie folgt vorbereitet:

- Tränkmass in Tetrahydrofuran (THF) lösen,
- vorhandene Füllstoffe in der gelösten Tränkmass über Mikrofilter  $0,45 \mu\text{m}$  herausfiltern,
- gelöste Tränkmass ohne Füllstoffe in Vials abfüllen,
- die Lösung in den Vials mit ca.  $2 \mu\text{l}$  internen Standard (Toluol) versetzen,
- Vials luftdicht verschließen.

Die Untersuchung erfolgt nach DIN EN ISO 13885-1 unter Einsatz nachfolgend aufgeführter Untersuchungskonfiguration und Testalgorithmus:

Trennsäulen in Serie angeordnet

(Styrol-Divinylbenzol Copolymer Netzwerk)

Porendurchmesser  $10^6 \text{ \AA}$ ,  
Korngröße  $5 \mu\text{m}$ ,  $8 \times 300 \text{ mm}$

Porendurchmesser  $10^5 \text{ \AA}$ ,  
Korngröße  $5 \mu\text{m}$ ,  $8 \times 300 \text{ mm}$

Porendurchmesser  $10^3 \text{ \AA}$ ,  
Korngröße  $5 \mu\text{m}$ ,  $8 \times 300 \text{ mm}$ ,

Detektor: Brechungsindexdetektor (RI-Detektor),

Prüflösungen:  $0,5 \text{ g}$  Polymerbitumen-Tränkmass in  $25 \text{ ml}$  Tetrahydrofuran (THF),

Laufmittel: Tetrahydrofuran (THF),

Flussrate:  $1 \text{ ml/min}$ ,

Druck im System: 40 – 45 bar,  
 Injektionsvolumen: 27,7 µl,  
 Temperatur: Injektionsblock: 35 °C,  
 Chromatographiezeit: ca. 45 min.

Zur Bestimmung der Molekulargrößen der Polymere werden folgende Kalibrierstandards benutzt:

interner Standard: Toluol,

mittlere Molekularmasse der Polystyrol-Standards: 1,62×10<sup>3</sup>, 1,04×10<sup>4</sup>, 1,81×10<sup>4</sup>, 6,75×10<sup>4</sup>, 1,28×10<sup>5</sup>, 2,46×10<sup>5</sup>, 6,59×10<sup>5</sup>, 1,04×10<sup>6</sup> [g/mol].

Abweichende technische Lösungen und Vorgehensweisen sind zu beschreiben.

### Auswertung und Interpretation

Für die Kennzeichnung von bitumenhaltigen polymermodifizierten Stoffen können aus der GPC-Analyse mehrere Aussagen gewonnen werden. Zum einen ist dies – auf der Basis einer Kalibrierung mit Standard-Substanzen bekannter Molekularmassen – die qualitative Darstellung der relativen Molekulargewichtsverteilung der untersuchten Tränkmasse, ohne dass die genaue chemische Zusammensetzung bekannt ist. Im Ergebnis der Untersuchungen wird das GPC-Chromatogramm jeder Tränkmasse aufgenommen. Mit der Darstellung der Durchflussmenge der gelösten Probe über der Zeit liegt ein Fingerprint über die aktuelle qualitative Molekülgrößenverteilung vor und die molekulare Struktur der Tränkmasse ist charakterisiert. Die Lage der Peaks wird ausgewertet und dokumentiert. Darüber hinaus wird die relative Verteilung der Molekularmassen unter Ausnutzung der Kalibrierung mit oben genannten Polystyrol-Standards und unter der Verwendung von Toluol als internem Standard rechnerisch bestimmt. Dazu werden die Flächen unter den Peaks berechnet.

Die Flächenanteile in Flächen-% sind auf die Gesamtfläche unter dem Bitumenpeak und den Polymerpeaks bezogen. Eine Berechnung des anteiligen Beitrages der Peakflächen in Flächen-% erfolgt nach dem Verfahren der Auswertung mit einzelnen Basislinien demnach zu:

$$F_n [\text{Flächen \%}] = F_n \times 100 / (P + B)$$

mit

$F_n$  = Fläche des einzelnen Peaks

$P$  = Peakfläche Polymer (gegebenenfalls Summe mehrerer Polymer-Peakflächen)

$B$  = Peakfläche Bitumen

Aus Voruntersuchungen ist bekannt, dass die Hauptbestandteile der zur Polymermodifizierung häufig verwendeten Polymergruppen eine mittlere Molekülmasse von in der Regel  $> 1 \times 10^4$  [g/mol] aufweisen, und im Vergleich dazu die mittlere Molekülmasse einer Bitumenmatrix deutlich geringer ist (z. B. bei Bitumen B 160/220 oder B 50/70 liegen die Molekülmassen etwa bei  $2 \times 10^3$  [g/mol]).

### IR-Analyse

Der IR-Fingerprint ergänzt die Strukturanalyse der Tränkmasse um Aussagen zur Bindungs- und Molekülstruktur. Als analytischer Fingerprint wird ein IR-Spektrum mit Hilfe eines FTIR-Gerätes im Wellenlängenbereich 4000 cm<sup>-1</sup> bis 650 cm<sup>-1</sup> aufgenommen. Als Messtechnik können sowohl Transmission als auch Reflexion angewendet werden, wobei die Methode der ATR-FTIR – vorzugsweise mit Mehrfachreflexion – aufgrund der Materialzusammensetzung zu bevorzugen ist. Die Untersuchungen werden an der kompletten Tränkmasse durchgeführt.

Untersucht werden jeweils zwei separate Messproben. Als Ergebnis wird ein Mittelwert-Spektrum aus den Einzelmessungen erstellt und ausgewertet. Neben der Dokumentation des Mittelwertspektrums wird die Lage der Banden im Wellenzahlenbereich 4000 cm<sup>-1</sup> bis 650 cm<sup>-1</sup> angegeben.

Die Probenvorbereitung einschl. Konditionierung und Verdünnung, das angewendete Messverfahren, das verwendete Messgerät und die Prüfkonditionierung einschl. Geräteeinstellungen, die Messdurchführung, sowie die Auswertemethodik sind zu beschreiben.

#### 2.1.3.13 Thermogravimetrie (Thermogravimetrische Analyse)

Die Untersuchung an der Tränkmasse erfolgt nach DIN EN ISO 11358 nach den folgenden zwei Messverfahren:

Messverfahren 1 unter N<sub>2</sub>-Atmosphäre:

Einwaage: ca. 30 mg,  
 Versuchsablauf: Start bei 35 °C (Haltezeit 1 min),  
 Aufheizen auf 1000 °C  
 mit 10 K/min.

Messverfahren 2 unter N<sub>2</sub>-Atmosphäre mit Umschaltung auf synthetische Luftatmosphäre:

Einwaage: ca. 30 mg  
 Versuchsablauf: Start bei 35 °C (Haltezeit 1 min),  
 Aufheizen auf 850 °C  
 mit 10 K/min,  
 Umschaltung auf synth. Luft,  
 Aufheizen auf 1000 °C  
 mit 10 K/min.

Ausgewertet werden die On-set-Temperatur ( $T_{\text{ON-Set}}$ ) sowie weitere signifikante Umwandlungstemperaturen aus dem Masse-Temperatur-Verlauf und dessen erster Ableitung (Verlustrate). Weiterhin ausgewertet werden der quantitative Masseverlust bei 550 °C und 950 °C im Vergleich zur Einwaage, sowie bei signifikanten Umwandlungstemperaturen.

### 2.1.4 Prüfungen an den Gesteinskörnungen

#### 2.1.4.1 Probenahme

Die Probenahme erfolgt nach DIN 52101.

Zur Gewinnung der Messproben im Verfahren der wiederholten ½-Teilung ist die Laboratoriumsprobe für die nachfolgend aufgeführten Untersuchungen mit dem Riffelteiler nach DIN EN 932-2 zu homogenisieren und auf die Summe der erforderlichen Messproben einzuengen. Sofern die nachfolgend benannten Eigenschaften nicht durch ein gültiges Prüfzeugnis (z. B. nach TL Gestein-StB) nachgewiesen sind, sind die Gesteinskörnungen entsprechend der nachfolgend aufgeführten Prüfmethode zu untersuchen.

#### 2.1.4.2 Art der Gesteinskörnungen

Die Art des Gesteinvorkommens (z. B. Diabas, Granit), aus dem die Gesteinskörnungen gewonnen wurde, wird nach DIN 52100 Teil 2 im Zusammenhang mit DIN EN 12407, festgestellt.

#### 2.1.4.3 Reinheit

Die Reinheit, das heißt Verstaubung und bindige Umhüllung oder das Vorhandensein von tonigen, mergeligen, organischen und verrotteten Bestandteilen oder sonstigen Fremdstoffen, wird nach DIN 52099 überprüft.

#### 2.1.4.4 Korngrößenverteilung

Die Korngrößenverteilung wird nach TP Gestein-StB ermittelt.

#### 2.1.4.5 Rohdichte

Die Bestimmung der Trockenrohichte der Gesteinskörnungen erfolgt nach DIN EN 1936. Dabei wird die Trockenrohichte nach dem Auftriebverfahren bestimmt.

#### 2.1.4.6 Schüttdichte; Hohlraumgehalt der losen Schüttung

Zur Bestimmung des sich bei loser Schüttung einstellenden Hohlraumgehaltes zwischen den Gesteinskörnern wird die Untersuchung der Schüttdichte nach DIN EN 1097-3 durchgeführt. Daraus wird der Hohlraumgehalt nach der Zahlenwertgleichung

$$H_{SM} = [1 - \rho_s/\rho] \cdot 100 \quad [\text{Vol.-%}]$$

mit

$\rho_s$  = Schüttdichte [g/cm<sup>3</sup>]

$\rho$  = Dichte [g/cm<sup>3</sup>]

$H_{SM}$  = Hohlraumgehalt zwischen den Splittkörnern [Vol.-%]

bestimmt.

#### 2.1.4.7 Kornform

Die Überprüfung erfolgt durch die Aufnahme des Verhältnisses von Länge  $l$  der Gesteinskörner zu deren Dicke  $d$  nach DIN EN 933-4 mit der Kornformschieblehre. Angegeben wird der Masse-Anteil an Körnern der Probe mit  $l : d > 2 : 1$ .

#### 2.1.4.8 Widerstand gegen Zertrümmerung

Der Widerstand gegen Zertrümmerung wird nach DIN EN 1097-2 ermittelt.

#### 2.1.4.9 Widerstand gegen Hitzebeanspruchung

Der Widerstand der Gesteinskörnungen gegen Hitzebeanspruchung wird nach DIN EN 1367-5 bestimmt.

#### 2.1.4.10 Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel

Der Widerstand gegen Frost-Tau-Wechselbeanspruchung wird nach DIN EN 1367-1 bestimmt.

### 2.1.5 Prüfungen am Abdeckstreifen

#### 2.1.5.1 Art, Bezeichnung und Werkstoffnummer

Der Abdeckstreifen wird hinsichtlich seiner Materialart, Oberflächenausbildung und Aufbau beschrieben. Die Werkstoffnummer ist anzugeben. Die Art der Oberfläche (z. B. beschichtet, profiliert) wird ermittelt.

#### 2.1.5.2 Geometrische Gestaltung

Breiten-, Dickenabmessungen und geometrische Form (z. B. Ausbildung des Randes des Abdeckstreifens) des Abdeckstreifens sind zu bestimmen

#### 2.1.6 Untersuchung von sonstigen Stoffen

Je nach Ausführung können zusätzlich Stoffe zur Anwendung kommen, z. B. eine dehnungsverteilernde Einlage, ein Oberflächenabschluss mit einem industriell vorgefertigten Belag und dazugehöriger Bitumenklebemasse oder eine Muldenauskleidung mit einer speziellen Verbindungsschicht etc. Über Art und Umfang der Untersuchung dieser Stoffe wird von der Prüfstelle in Abstimmung mit dem Antragsteller von Fall zu Fall entschieden.

## 2.2 Prüfungen am Asphalt der Muldenfüllung

### 2.2.1 Probenherstellung

Für die im Abschnitt 2.2 vorgesehenen Untersuchungen werden Probenplatten im jeweils baustellentypischen Herstellverfahren für den Asphalt der Muldenfüllung gegebenenfalls unter Berücksichtigung zusätzlicher Bewehrungseinlagen etc. hergestellt. Eine halbe Probenplatte hat die Maße  $L \times B \times H = 500 \times 350 \times 150$  [mm]. Aus dem zentralen Bereich einer Probenplatte werden Plattenstreifen z. B. im Nass-Sägeverfahren herausgeschnitten. Es hat sich bewährt, die Asphaltplatte vor dem Schneidvorgang auf  $-20^\circ\text{C}$  zu kühlen und während des Schneidens den Asphaltkörper z. B. mittels Trockeneis ständig zu kühlen. Aus den derart vorbereiteten Plattenstreifen werden zylindrische Probekörper für die Untersuchungen nach 2.2.4 gewonnen. Dies soll unter weitestgehender Vermeidung von Materialstörungen erfolgen (z. B. Schneiden mittels Höchstdruck-Wasserstrahl).

Das Schneiden der Plattenstreifen bzw. die Gewinnung der Probekörper erfolgt unter Berücksichtigung des Schnittplanes in Anhang A. Den Abbildungen des Anhangs A ist auch eine Zuordnung und Ausrichtung der gewonnenen Probekörper und Ausbaustücke zu den Prüfungen am Asphalt der Muldenfüllung zu entnehmen.

Werden die erforderlichen Proben für die Kennzeichnung der Standfestigkeit nach Abschnitt 2.2.5 nicht direkt in den zugehörigen Formen hergestellt, sind zwei zusätzliche Probenplatten B und C mit den Abmessungen  $L \times B \times H = 500 \times 350 \times 100$  [mm] herzustellen. Diese dienen dann zur Gewinnung von plattenförmigem Probematerial zur Untersuchung nach Abschnitt 2.2.5 in den Abmessungen  $L \times B = 320 \times 260$  mm. Die beiden Probekörper werden im Nass-Sägeverfahren aus dem zentralen Bereich der Probenplatten B und C unter Ausschluss von Randbereichen gewonnen.

### 2.2.2 Gesteinskörnungen/Tränkmasserverhältnis

Zur Ermittlung des Gesteinskörnungen/Tränkmasserverhältnisses können zwei Verfahren zur Anwendung kommen.

Verfahren a) Durch Bestimmung der Einwaage an eingebauter Tränkmassse und Gesteinskörnungen bei der Herstellung der Asphaltplatten nach Abschnitt 2.2.1.

Verfahren b) Durch Extraktionsanalyse: Als Probe dient ein nach Anhang A aus einer Asphaltplatte gewonnener Probekörper. Das Masseverhältnis von Splitt und Tränkmassse wird nach DIN EN 12697-1 durch Extraktion mit Toluol als Lösemittel ermittelt. Es kann entweder ein Verfahren in Anlehnung an B 1.6 der DIN EN 12697-1 „Kaltextraktion durch Schüttelbewegung“ oder in Anlehnung an B 1.2 der DIN EN 12697-1 „Heißextraktion (Drahtsiebfilter)“ angewendet werden. Die Verwendung automatisierter Verfahren ist bei Vorliegen der Voraussetzungen nach DIN EN 12697-1 möglich. Das Verfahren ist im Prüfbericht zu dokumentieren.

Als Schutzsieb für die Abtrennung der groben Gesteinskörnungen von den unlöslichen Rückständen dient ein Drahtsiebboden mit einer Maschenweite von 2 mm nach DIN ISO 3310-1. Das Masseverhältnis von Gesteinskörnungen und Tränkmassse ergibt sich nach der Differenzenmethode aus der Gleichung

$$n = \frac{m_{A,Sp}}{m_{E,0} - m_{A,Sp}}$$

mit

$n$  = Gesteinskörnungen-Tränkmassse-Masseverhältnis

$m_{A,Sp}$  = Masse der rückgewonnenen Gesteinskörnungen in [g]

$m_{E,0}$  = Einwaage der Messprobe in [g]

Die angewendete Verfahrensweise ist anzugeben.

### 2.2.3 Rohdichte, Raumdichte und Hohlraumgehalt

Zur Berechnung des Hohlraumgehaltes  $V$  werden die Roh- und die Raumdichte nach DIN EN 12697-5 sowie DIN EN 12697-6 an den nach Anhang A gewonnenen Proben ermittelt.

Die Raumdichte  $\rho_b$  wird nach dem Auftriebsverfahren mit Hilfe einer hydrostatischen Waage ermittelt (Verfahren A nach DIN EN 12697-6) oder durch Ausmessen an einem kreiszylindrischen Probekörper (Verfahren D nach DIN EN 12697-6). Das Verfahren ist zwischen Antragsteller und Prüfstelle festzulegen.

Bei der Bestimmung der Rohdichte wird nach dem Pyknometerverfahren (Verfahren A nach DIN EN 12697-5) vorgegangen.

Aus der Raumdichte und der Rohdichte wird der Hohlraumgehalt nach DIN EN 12697-8 berechnet und auf 0,1 [Vol.-%] gerundet angegeben zu:

$$V = \frac{\rho_m - \rho_b}{\rho_m} \cdot 100 \quad [\text{Vol.-%}]$$

mit

$V$  = Hohlraumgehalt des Asphalts in [Vol.-%]

$\rho_m$  = Rohdichte des Asphaltes in [g/cm<sup>3</sup>]

$\rho_b$  = Raumdichte des Asphaltes in [g/cm<sup>3</sup>]

### 2.2.4 Spaltzugfestigkeit bei -20 °C

Die Ermittlung der Spaltzugfestigkeit erfolgt in Anlehnung an DIN EN 12697-23. Dabei wird auf die zu prüfenden kreiszylindrischen Probekörper eine vertikale Druckkraft als Linienlast diametral durch Lasteinleitungsstreifen über die Mantelfläche mit konstanter Lastanstiegsgeschwindigkeit bis zum Versagen der Probe eingetragen.

#### Herstellung der Probekörper

Zur Prüfung der Spaltzugfestigkeit werden drei kreiszylindrische Probekörper mit den Abmessungen  $\varnothing (101 \pm 2)$  mm und Höhe =  $(63,5 \pm 2,5)$  mm aus den aufbereiteten Asphaltstreifen entnommen (s. Anhang A). Bei der Entnahme der Probekörper muss gewährleistet sein, dass die Proben eine glatte Mantelfläche aufweisen und keine Tränkmassse verschmiert wird. An den Schnittflächen müssen die Gesteinskörner sichtbar sein. Zur Gewährleistung paralleler und ebener Grund- und Deckflächen sind diese gegebenenfalls zusätzlich noch zu schleifen.

#### Versuchsapparatur

Es ist eine Versuchsapparatur entsprechend DIN EN 12697-23 zu verwenden.

#### Versuchsdurchführung

Die Prüfung der Spaltzugfestigkeit wird bei  $T = (-20 \pm 1)$  °C durchgeführt. Die Probekörper werden bei der vorgesehenen Temperatur 24 h lang gela-

gert. Ebenso wird die Temperierkammer mit der sich darin befindlichen Prüfeinrichtung über mindestens 3 h konditioniert. Nach dem Einbau und Ausrichten der Probekörper auf dem unteren Lasteinleitungsstreifen der Einspannvorrichtung wird der Kolben so weit verfahren, dass mechanischer Kontakt des Probekörpers mit dem oberen Lasteinleitungsstreifen angezeigt wird.

Dabei ist zu beachten, dass die Asphaltlagen des Probekörpers horizontal entsprechend ihrer Lage bei der Herstellung ausgerichtet sind. Der Spaltzugversuch wird gestartet. Er erfolgt weggesteuert mit einer Vorschubgeschwindigkeit von 50 mm/min. Der Versuch wird beendet, wenn die Kraft auf 80 % ihres Höchstwertes abgesunken ist.

### Auswertung

Nach DIN EN 12697-23 wird die Spaltzugfestigkeit ermittelt zu

$$S_t = \frac{2 \cdot P_{\max}}{\pi \cdot t \cdot D} \quad [\text{MPa}]$$

mit

$S_t$  = Spaltzugfestigkeit [MPa]

$P_{\max}$  = Höchstlast [N]

$t$  = Probekörperhöhe [mm]

$D$  = Probekörperdurchmesser [mm]

Als Ergebnis der Prüfung werden der Mittelwert der Spaltzugfestigkeit aus drei Einzelwerten sowie die Standardabweichung angegeben.

### 2.2.5 Standfestigkeit der Muldenfüllung

Die Kennzeichnung der Standfestigkeit der Muldenfüllung erfolgt in Anlehnung an TP Asphalt-StB, Teil 22. Die aus den Probenplatten B und C gewonnenen Probekörper der Abmessungen 320 × 260 mm werden dazu in das Spurbildungsprüfgerät nach TP Asphalt-StB, Teil 22 eingebaut. Die Untersuchungen erfolgen nach TP Asphalt-StB, Teil 22, jedoch bei einer Prüftemperatur von +45 °C im Wasserbad sowie über eine Lastwechselanzahl von 20 000 Überrollungen.

Ausgewertet wird die Spurrinnentiefe auf 0,1 mm als Mittelwert aus zwei Proben.

## 3 Prüfung des Fahrbahnübergangssystems

### 3.1 Allgemeines

Das kinematische Verhalten eines Fahrbahnübergangssystems aus Asphalt unter langsam ablaufenden quasi-statischen Formänderungen wird mit Hilfe eines Dehn-Stauch-Versuches bei periodisch veränderlicher Temperatur (Temperaturwechselversuch) untersucht. Die kinematische Funktionsfähigkeit und Dauerhaftigkeit unter wiederholten dynamisch-schwellenden horizontalen Fugenbewegungen, wie sie aus dem überrollenden Verkehr erzeugt werden, werden mittels Deformations-, Verbundverhalten und Dichtigkeit gegenüber wiederholten schnell ablaufenden Formänderungen (Schwingversuch) untersucht. In beiden Versuchen werden horizontale Verschiebungen in unterschiedlichen Deformationsgeschwindigkeiten und -amplituden simuliert. Neben den Beanspruchungen eines Fahrbahnüberganges aus Asphalt durch langsam ablaufende Bewegungen des Bauwerks infolge Temperatureinwirkungen sowie Kriech- und Schwindvorgängen, welche im Temperaturwechselversuch simuliert werden, werden bei dem Schwingversuch dynamische Deformationen des Fahrbahnüberganges aus Asphalt, wie sie aus schnell ablaufenden Bewegungen des Überbaus infolge Verkehrsbeanspruchung induziert werden, aufgebracht. Dies erfolgt mit dem Ziel, die Funktionsfähigkeit und Leistungsfähigkeit sowohl bei den maximalen Deformationsbeanspruchungen (Temperaturwechselversuch) als auch bei relativ kleinen, aber schnellen und oftmals wiederholten Horizontalbewegungen und die dazu erforderliche Ermüdungsbeständigkeit (Schwingversuch) derartiger Fahrbahnübergänge in getrennten Lastfällen zu ermitteln. Bei beiden Versuchen werden die Bewegungen sowohl über die Unterlage (Konstruktionsbeton) als auch über die Fugenflanken (Verbundebene zum angrenzenden Fahrbahnbelag) in den Fahrbahnübergang aus Asphalt eingebracht. Parallel dazu wird mit Hilfe einer Temperiereinrichtung die dem Bewegungszustand adäquate Umgebungs- bzw. Bauteiltemperatur eingestellt (deformationsäquivalente Steifigkeit im Temperaturwechselversuch) bzw. der thermo-mechanisch ungünstigste Zustand simuliert (Schwingversuch).

Die maßgebenden Bewertungskriterien leiten sich aus den erforderlichen Gebrauchseigenschaften von Fahrbahnübergängen aus Asphalt ab. Grundlegende Aufgabe des Fahrbahnübergangs aus Asphalt ist es, die Tragwerksfuge unter allen Beanspruchungszuständen so zu verschließen, dass die Formänderungen des Fugenspaltes in jedem Zustand verkehrssicher überbrückt werden, dass darüber hinaus dabei in jedem Formänderungszustand die Dichtigkeit gewährleistet ist, dass der kohäsive und adhäsive Haftverbund nicht beeinträchtigt ist, keine Unterbrechungen in der Oberfläche

der Fahrbahnebene z. B. durch Ablösungen, Spalten oder Risse auftreten und die aus den Formänderungen des Tragwerks folgenden Verformungen des Fahrbahnüberganges (z. B. Durchbiegungen oder Aufwölbungen der Oberfläche, seitliche Einschnürungen) begrenzt sind.

### 3.2 Herstellung der Probekörper

Die Untersuchung der kinematischen Gebrauchseigenschaften erfolgt an Systemprobekörpern, die einen originalgetreuen Ausschnitt (Segment) des zu kennzeichnenden Produktes/Systems darstellen.

In einem Vorgespräch zwischen Prüfstelle und Hersteller sind die Details der Probekörperherstellung (technologischer Ablauf, Aufbau etc.) entsprechend der Ausführungsanweisung abzustimmen. Die Herstellung der Systemprobekörper erfolgt unter Aufsicht der Prüfstelle durch den Antragsteller nach dessen Verarbeitungsrichtlinien und Ausführungsanweisungen und mit Fachpersonal (Einbaukolonne), welches auch vor Ort mit der Ausführung betraut wird. Der Aufbau muss Ausführungsvarianten mit relevanten Einbauten berücksichtigen. Eine in die Fugenmulde hineinragende Dichtungsschicht wird bei den Systemprobekörpern nicht berücksichtigt. Die für die Prüfung benötigten Probekörper werden unter Laborbedingungen entsprechend den geometrischen Abmessungen der Versuchseinrichtung als maßstabsgetreuer Ausschnitt des Fahrbahnüberganges hergestellt.

- 1 PK für den Temperaturwechselversuch
- 1 PK für den Schwingversuch
- 1 PK Reserve.

Als Muldenboden für das Fahrbahnübergangssystem aus Asphalt dienen für jeden Systemprobekörper zwei plattenförmige Betonkörper mit den Abmessungen, die nach Herstellerangabe auf die systemspezifische nominelle Fugenspaltbreite bei Einbau abgestellt werden. Für eine nominelle Ausgangsfugenspaltbreite von 20 mm betragen die Abmessungen der Betongrundplatten  $L \times B \times H = 235 \times 238 \times 50$  [mm]. Die Grundplatten werden aus einem ingenieurhochbau-typischen Beton gefertigt. Die Unterseite der Platten sowie deren Seitenflächen sind durch Schleifen planeben und zueinander rechtwinklig zu bearbeiten. Die Oberseite der Platten, welche als Unterlage für den Aufbau des Fahrbahnübergangssystems dient, wird durch Strahlen mit einem festen Strahlmittel nach den Anforderungen der ZTV-ING 6-1 vorbereitet. Eine weitere Vorbehandlung der Betonoberfläche kann nach den Angaben des Herstellers erfolgen und wird im Prüfbericht beschrieben.

Die derartig vorbereiteten Betongrundkörper werden von der Prüfstelle zur Verfügung gestellt. Die Ausführung ist im Prüfbericht zu beschreiben. Die vorbereiteten Betonkörper werden in eine Probenform (spezielle Schalungsform siehe Anhang B,

Bild 1), derart eingebaut, dass mittels eines Abstandhalters zwischen den beiden Betonplatten die herstellende deklarierte Ausgangsfugenspaltweite (in der Regel  $w_0 = 20$  mm) abgestellt wird. Die spezielle Schalungsform besteht aus einer Grundplatte aus Aluminium mit zwei verstellbaren Anschlagsschienen an den Schmalseiten, zwei der Versuchseinrichtung angepassten speziellen Stirnschalungsteilen (deren Haftverbundflächen zum Asphalt der Muldenfüllung in Absprache mit dem Systemhersteller speziell vorbereitet werden können) sowie den seitlichen Schalungsteilen (seitliche Schalung, Abstellerschaltung). Die Anschlagsschienen dienen zur Ausrichtung und Fixierung der Probe beim Einbau. Beim Einbau der vorbereiteten Betonplatten ist auf eine rechtwinklige, mittige und symmetrische Ausrichtung der Probe zwischen den Stirnschalungen und auf der Grundplatte zu achten. Im Weiteren erfolgt der Einbau der Fugenunterfüllung. Anschließend wird die Schalung durch Anbau der seitlichen Schalungsteile komplettiert. Für spezielle Untersuchungen können die Längsseiten des Probekörpers jeweils auf einer Breite von 15 mm zusätzlich abgestellt werden.

Die speziellen Stirnschalungen des Probekörpers dienen als „begrenzende Schalung“ für die Nachstellung der Breite des Fahrbahnüberganges. Diese durch Sandstrahlen vorbereiteten Teile übernehmen die Funktion der Muldenflanke für das Fahrbahnübergangssystem. Sie dienen auch der Einleitung von mechanischen Beanspruchungen in den Systemprobekörper und verbleiben damit auch während der Prüfung am Probekörper (siehe Anhang B, Bild 2). Zu diesem Zweck werden die Kontaktflächen der Stirnschalungen mit dem einzubauenden Asphalt der Muldenfüllung in Absprache mit dem Systemhersteller speziell vorbereitet, um möglichst realitätsnahe Haftverbundverhältnisse nachzustellen. Zur Sicherstellung ausreichend praxisnaher Verbundoberflächen hat sich die Ausbildung einer dünnen Oberflächenbeschichtung durch in Reaktionsharz eingebettete Gesteinskörner z. B. der Körnung 1/3 bzw. 2/5 mm bewährt. Unmittelbar vor der Herstellung der Systemprobekörper wird jede Schalungsform mit den einliegenden Betongrundplatten, Fugenspaltabstandshaltern sowie den Stirnschalungen montiert. Dann erfolgt der Aufbau des Fahrbahnübergangssystems nach der entsprechenden Ausführungsanweisung. Der Einbau ist zu beschreiben und fotodokumentarisch zu dokumentieren. Ebenso sind die Aufbereitungszustände der Ausgangsmaterialien zu beschreiben.

Nach Herstellung und Abkühlung des Probekörpers wird der Probekörper in die Versuchseinrichtung eingebaut. Dazu werden die seitlichen Schalungsteile einschließlich der abstellenden Teile entfernt und die Probe auf dem Schlittensystem der Versuchseinrichtung (siehe Anhang B, Bild 5) positioniert. Die Stirnschalungen werden an den Querhäuptern der Versuchseinrichtung mittels Schrauben befestigt. An die Längsseiten der Betonplatten werden

je zwei Stahllaschen  $L \times B \times H = 210 \times 45 \times 19$  [mm] mit einem geeigneten Reaktionskleber (z. B. Araldite 2010) geklebt und bis zum Aushärten mittels Schraubzwingen angepresst. Es ist darauf zu achten, dass die Klebebereiche fettfrei und frei von Verunreinigungen sind. Die Aufliegerplatten der Versuchseinrichtung dienen als unterer Anschlag, so dass die Laschen mit der Unterseite auf der Platte aufliegen. Die Stirnschalung als vertikaler Anschlag. Zwischen den Enden der aufgeklebten Laschen ist ein Abstand von ca. 70 mm zu gewährleisten, der der Anordnung von Wegaufnehmern dient. Durch die Verwendung der Anschläge wird erreicht, dass die Probe möglichst rechtwinklig, mittig und symmetrisch zwischen den Stirnschalungen ausgerichtet ist und damit passgerecht in die Prüfeinrichtung eingebaut ist. Dies ist Voraussetzung zur Gewährleistung eines einaxialen Zug- bzw. Druckspannungszustandes unter Ausschluss von Querkräften und Momenten.

Nach dem Erhärten des Klebers wird der Probekörper mit Wegaufnehmern und gegebenenfalls sonstigen Messpunkten (z. B. zur Ermittlung von Durchbiegungen, Einschnürungen sowie des Oberflächenprofils etc.) bestückt. Der Probekörper wird in der Versuchseinrichtung fixiert und mechanisch angekoppelt. Die mechanische Anbindung zur Prüfeinrichtung erfolgt, indem der Probekörper mit den Laschen und der Stirnschalung über Schrauben mit dem Querhaupt am festen bzw. beweglichen Teil der Probenhalterung verbunden wird. Die Wegaufnehmer und sonstige Sensorik werden elektrisch angeschlossen. Z. B. werden Messfühler zur kontinuierlichen Aufzeichnung der Temperatur (am Probekörper sowie im Prüfraum) und der Luftfeuchte angeschlossen. Anschließend wird der Abstandhalter aus der Fuge entfernt. Eine Darstellung des eingebauten Probekörpers im prüfbereiten Zustand ist den Bildern 3 und 4 des Anhangs B zu entnehmen. Die Verschraubung erfolgt wechselseitig über Kreuz, so dass keine Verspannungen im Probekörper entstehen.

### 3.3 Versuchsausrüstung

Die Prüfeinrichtung besteht aus einer zweiteiligen Probenhalterung, wobei eine Hälfte – auf Wellen geführt – gegenüber einem festen Halterungsteil verschiebbar gelagert ist (siehe Anhang B, Bild 5). Die im Bild linke Hälfte der Probenhalterung ist mit der Grundplatte fest verbunden, während die rechte Hälfte über Gleitlager auf zwei Wellen verschiebbar ist. Zwischen Zylinder und Probenhalterung ist eine Kraftmessdose (Regelausführung mit 50-kN Messbereich) angeordnet. Die Belastung der Probekörper wird in einer servo-hydraulischen Universalprüfmaschine, welche in einer begehbaren Wärme-Kälte-Klimakammer aufgestellt ist, durchgeführt. Dabei ist das Prüfgerät auf einer Grundplatte aufgebaut, welche fest auf dem T-Nuten-Arbeitstisch der Prüfmaschine montiert

ist. Die Belastungsfunktionen der beiden kinematischen Versuche sind in Anhang B, Bilder 6 und 8, dargestellt. Die kinematischen Versuche (Temperaturwechselversuch, Schwingversuch) erfolgen in Deformationsregelung mit korrespondierender Temperatursteuerung.

Zur Steuerung des Verschiebungszustandes werden jeweils geeignete Wegaufnehmer an den Längsseiten der Probe unmittelbar im Fugenbereich angeordnet. Die auftretenden Kräfte sowie die Deformationen des Fugenspaltes werden kontinuierlich mittels einer digitalen Messdatenerfassungseinrichtung protokolliert. Zusätzlich erfolgt eine optische Dokumentation z. B. mittels Videotechnik. In maßgebenden Beanspruchungszuständen erfolgt eine Dichtigkeitsprüfung z. B. mittels Unterdrucksaugglocke. Änderungen des Oberflächenprofils werden mit Hilfe von Setzdehnungs-Messsensoren punktuell erfasst. Der Temperaturzustand des Probekörpers bzw. des Prüfraumes wird über einen Datenlogger erfasst und im Anschluss an den jeweiligen Versuch ausgelesen und ausgewertet.

## 3.4 Dehn-Stauch-Versuch bei periodisch veränderlicher Temperatur

### 3.4.1 Versuchsdurchführung

Der Dehn-Stauch-Versuch erfolgt in Wegregelung, zusätzlich wird die dem jeweiligen Verschiebungszustand entsprechende Temperatur im Bereich zwischen  $-20\text{ °C} \pm 2\text{ K}$  und  $+50\text{ °C} \pm 2\text{ K}$  fortlaufend eingeregelt.

Nach dem Einbau wird der Probekörper auf die mittlere Einbautemperatur von  $+15\text{ °C} \pm 2\text{ K}$  temperiert. Anschließend erfolgt der Abgleich der Messwertgeber (Kraft- und Wegkompensation (Weg = 0 bei Ausgangsfugenspalbreite)). Nach Erreichen eines stabilen Ausgangszustandes (Temperaturgleichgewicht, Regelwertoptimierung) wird die Beanspruchungsfunktion gestartet und der Probekörper mit einer konstanten Verschiebungsgeschwindigkeit von 0,2 mm/h (quasi-statisch) bis zu einer Aufweitung des Fugenspaltes um + 25 mm gedehnt und anschließend mit dem gleichen Verformungsgradienten bis zu einer Fugenspaltverengung von -12,5 mm, bezogen auf eine Anfangsfugenspalbreite  $w_0 = 20\text{ mm}$ , gestaucht. Anschließend ist noch einmal die maximale Dehnung anzufahren. Synchron zur Deformationsgeschwindigkeit erfolgt kontinuierlich die dem Verformungszustand adäquate Temperaturänderung zwischen  $T_{\min} = -20\text{ °C}$  und  $T_{\max} = +50\text{ °C}$  wobei bei einer Fugenaufweitung um 25 mm die Temperatur von  $T_{\min} = -20\text{ °C}$  und bei der Fugenstauchung von -12,5 mm die Temperatur  $T_{\max} = +50\text{ °C}$  erreicht ist.

Als Versagen wird bewertet, wenn der Fahrübergang die unter 3.1 aufgeführten Gebrauchseigenschaften und insbesondere seine Dichtfunk-

tion verliert. Eine Untersuchung und der Nachweis erfolgen durch

- laufende visuelle Begutachtung insbesondere auf Risse und gegebenenfalls Ablösungen,
- Dichtigkeitsprüfung mittels Unterdruck-Saugglocke (bei gegebenen Hinweisen sowie bei den maximalen Beanspruchungszuständen).

Als Versagen werden weiterhin die Aufhebung des kohäsiven und/oder adhäsiven Haftverbundes im Asphalt der Muldenfüllung (Risse, Ablösungen etc.) sowie großflächige Ablösungen der Muldenfüllung von der Unterlage gewertet.

Während des Versuches werden der Deformationsweg  $w$  und die Federkraft  $P$  (Verformungswiderstand des Probekörpers) sowie die aktuelle Temperatur gemessen. Weiterhin werden lokale Verformungszustände, wie z. B. Aufwölbungen oder Einschnürungen der Oberfläche bzw. Seitenflächen des Probekörpers, gegenüber dem Ausgangszustand erfasst. Dazu werden entsprechende Verformungen z. B. bezogen auf einen seitlichen Anschlag und einen Höhenanschlag mindestens im Ausgangszustand und bei jeweils maximaler Deformation gemessen.

Nach jedem Be- und Entlastungsvorgang wird der Probekörper auf möglicherweise auftretende Veränderungen, wie z. B. Risse, Ablösungen von der Unterlage oder den Flanken, Lageveränderungen von Bauteilen u. a., optisch mit Hilfe einer Lupe und einer Risslehre untersucht.

Nach dem Ende der Beanspruchung wird der Probekörper auf Raumtemperatur  $+23\text{ °C}$  temperiert und erneut mit  $1\text{ mm/h}$  auf die maximale Fugenaufweitung von  $+25\text{ mm}$  aufgedehnt. Anschließend erfolgt eine Dichtigkeitsprüfung nach ETAG 032 über 8 Stunden.

### 3.4.2 Auswertung

Es wird das Kraft-Deformationsweg-Diagramm (Federkennlinie) erstellt.

Der Prüfbericht muss folgende Punkte umfassen:

- Angaben über Probekörper und Versuchseinrichtung,
- Zusammensetzung und Herstellung des Fahrbahnübergangsystems,
- Durchführungsbedingungen der Prüfung mit Ausgangsfugenspaltweite, Deformations- und Temperiergeschwindigkeit,
- Dokumentation des Systemverhaltens mit Darstellung der visuellen Begutachtungen und Dichtigkeitsprüfungen.

Anzugebende Untersuchungsergebnisse:

- a) Kraft-Deformationsweg-Diagramm einschließlich Prüftemperatur und Verschiebungsgeschwindigkeit,
- b) Anzahl der Be- und Entlastungswechsel,

- c) Dokumentation des Versuchsablaufes einschließlich Beobachtungen am Probekörper (z. B. Risse, Ablösungen etc.),
- d) Angabe der maximalen Kräfte,
- e) Angabe der Profilverformungen des Asphalts der Muldenfüllung des Systemprobekörpers (Änderungen des Oberflächenprofils; seitliche Deformationen (Einschnürungen; Ausbeulungen),
- f) Dichtigkeitsnachweis,
- g) Fotodokumentation,
- h) Beurteilung.

## 3.5 Schwingversuch

### 3.5.1 Versuchsdurchführung

Durch den Schwingversuch wird das Verhalten eines Fahrbahnübergangssystems aus Asphalt unter schnell ablaufenden dynamischen Einwirkungen überprüft. Der Schwingversuch wird bei einer Temperatur von  $-20\text{ °C} \pm 2\text{ K}$  durchgeführt. Die Beanspruchung erfolgt mit dem in sechs Verschiebungsklassen abgestuften Lastkollektiv nach Anhang B. Jede Verschiebungsklasse wird mit einer konstanten Amplitude  $w_{\text{oben}}$  simuliert, deren Größe sich aus dem jeweiligen Mittelwert der Spannweite der Verschiebungsklasse ergibt (siehe Anhang B, Bild 7). Die Beanspruchungsfunktion entspricht einer Sinusfunktion, die in jeder Verschiebungsklasse mit konstanter Wegamplitude schwellend zwischen den jeweiligen Scheitelwerten  $w_{\text{unten}}$  (Deformation gleich 0) und  $w_{\text{oben}}$  (Amplitudenwerte der jeweiligen Verschiebungsklasse) schwingt.

In allen Verschiebungsklassen ist der untere Scheitelwert der Wegamplitude  $w_{\text{unten}}$  konstant gleich Null. Die Frequenz der Belastungsfunktion beträgt  $f = 1\text{ Hz}$ .

Nach dem Einbau und mechanischem Anschluss des Systemprobekörpers wird die mechanische Beanspruchungsfunktion bei Raumtemperatur gestartet. Gleichzeitig erfolgt die Temperierung auf Versuchstemperatur von  $-20\text{ °C}$  innerhalb von sechs Stunden (die Messung erfolgt  $20\text{ mm}$  innerhalb des Asphaltes der Muldenfüllung). Das Erreichen des Temperatúrausgleichs wird durch das Maximum der deformationsinduzierten Rückstellkräfte angezeigt (max. Systemsteifigkeit).

Die dynamische Beanspruchungsfunktion mit insgesamt  $1,3\text{ Mio.}$  Lastwechseln ist entsprechend des in Anhang B, Bild 8, dargestellten Beanspruchungskollektivs zu je  $10\,000$  Lastwechseln unterteilt. Dabei werden in jedem Beanspruchungsabschnitt die Verschiebungen nacheinander abgestuft entsprechend ihrer Verschiebungsklasse und deren Anteil aufgebracht. Insgesamt werden  $130$  Beanspruchungsabschnitte von jeweils  $10\,000$  Lastwechseln aufgebracht. Zur Vermeidung von Beanspruchungssprüngen, wie sie im Verlauf der Beanspruchungsabschnitte, z. B. beim Übergang

von einer Verschiebungsklasse in die nächste erfolgen können, wird die Sinusfunktion von einer Verschiebungsklasse in die nachfolgende Verschiebungsklasse stetig in einer Übergangssequenz überführt (siehe Anhang B, Bild 9).

Nach 130 Beanspruchungsabschnitten mit insgesamt 1,3 Mio. Lastwechseln bei Prüftemperatur von  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  bzw. bei Versagen des Probekörpers entsprechend den Kriterien in Abschnitt 3.4.1 wird der Versuch beendet. Während des Versuchs werden die Scheitelwerte des Verschiebungsweges und der Federkraft (Verformungswiderstand des Probekörpers) gemessen. Weiterhin wird das Kraft-Deformations-Diagramm für jede Verschiebungsklasse in Abständen von 250 000 Lastwechseln aufgenommen. Die Fahrbahnübergänge aus Asphalt werden außerdem optisch mit einer Lupe und einer Risslehre nach jeweils 250 000 Lastwechseln auf Risse, Ablösungen oder sonstige Schäden hin untersucht. Weiterhin wird die Lagestabilität des Abdeckstreifens sowie möglicher Armierungsgewebe überprüft. Nach Versuchsende erfolgt eine Dichtigkeitsprüfung nach ETAG 032 über 8 Stunden.

### 3.5.2 Auswertung

Aus dem Kraft-Deformations-Diagramm jeder Verschiebungsklasse zu Beginn der Beanspruchungen, bei Erreichen der Prüftemperatur und dann je weiterer 250 000 Lastwechsel werden Verlauf und Form der Graphen beurteilt sowie der Anstieg (Gerade durch die Kraftwerte an den Wendepunkten der Deformationsamplitude  $w_{\text{oben}}$  und  $w_{\text{unten}}$ ) als Maß für die Federkraft (Systemsteifigkeit) im Relativvergleich ausgewertet. Aus der Differenz der Scheitelwerte für die Federkraft  $\Delta P$  und dem Verschiebungsweg  $\Delta w$  lässt sich die Federsteifigkeit des Probekörpers in jeder Deformationsklasse ermitteln zu

$$K_i \text{ nach } x\text{-Lastwechseln} = \frac{\Delta P}{\Delta w}$$

mit

$K_i$  nach  $x$ -Lastwechseln = Federsteifigkeit des Probekörpers in der Deformationsklasse  $n$  nach  $x$ -Lastwechseln

$\Delta P$  = Differenz der Kraft infolge schwellender Verschiebung der Fugenränder in [kN]

$\Delta w$  = Differenz der Scheitelwerte des Verschiebungsweges der Fugenränder [mm]

Die Federsteifigkeit ist für je 250 000 Lastwechsel für jede Deformationsklasse zu bestimmen. Aus den 6 Einzelwerten ist die mittlere Federsteifigkeit für je 250 000 Lastwechsel zu errechnen.

Der Verlauf der mittleren Federsteifigkeit ist über der Anzahl der Lastwechsel aufzutragen. Aus diesem Diagramm ist der relative Abfall der Federstei-

figkeit nach 1,3 Mio. Lastwechseln nach nachfolgend aufgeführter Beziehung zu ermitteln:

$$E_n = \frac{k_1 - k_n}{k_n} \cdot 100 \%$$

mit

$E_n$  = Abfall der Federsteifigkeit

$k_1$  = mittl. Federsteifigkeit beim ersten Lastwechsel

$k_n$  = mittl. Federsteifigkeit nach  $n$ -Lastwechseln

Der Abfall der Federsteifigkeit wird als Maß für die Ermüdung des Fahrbahnüberganges aus Asphalt unter dynamischer Belastung herangezogen. Die Auswertung für den Schwingversuch muss folgende Punkte umfassen:

- Angaben über Probekörper und Versuchseinrichtung,
- Zusammensetzung und Herstellung des Fahrbahnübergangssystems,
- Durchführungsbedingungen der Prüfung einschließlich Starttemperatur, Prüftemperatur, Temperatur-Zeit-Verlauf, Deformationsamplituden, Frequenz,
- Kraft-Deformations-Diagramme zu Beginn und je 250 000 Lastwechsel für jede Verschiebungsklasse (Hysteresekurven),
- Angabe der maximalen Kräfte,
- Federsteifigkeit je 250 000 Lastwechsel, Darstellung des Verlaufes der Federsteifigkeit über der Lastwechselzahl sowie der relativen Änderung der Federsteifigkeit,
- Dokumentation des Systemverhaltens mit Darstellung der visuellen Begutachtungen (z.B. Risse, Ablösungen etc.) und Dichtigkeitsprüfungen,
- Fotodokumentation,
- Beurteilung.

### 3.6 Standfestigkeit des Fahrbahnübergangssystems

Der Nachweis der Standfestigkeit des kompletten Fahrbahnübergangssystems erfolgt unter überrollender Beanspruchung. Die Versuchsmethodik entspricht dem Verfahren Annex 3-M der ETAG 032, Part 3 „Expansion Joints for Road Bridges – Flexible Plug Expansion Joints“. Dabei wird ein originalgetreuer Abschnitt des Fahrbahnübergangssystems in seiner konstruktiven Ausbildung im Fahrbahnbereich (aus messtechnischen Gründen ohne Abstreuerung der Oberfläche) mit allen erlaubten bzw. vorgesehenen Einbauten unter Verwendung von Gussasphalt MA 11 S, mit dem Straßenbaubitumen 20/30 NV mit Hilfe eines Überrollversuches untersucht. Der Systemprobekörper wird mit einer Fugenöffnungsweite von 60 % der max. Dehnung hergestellt.

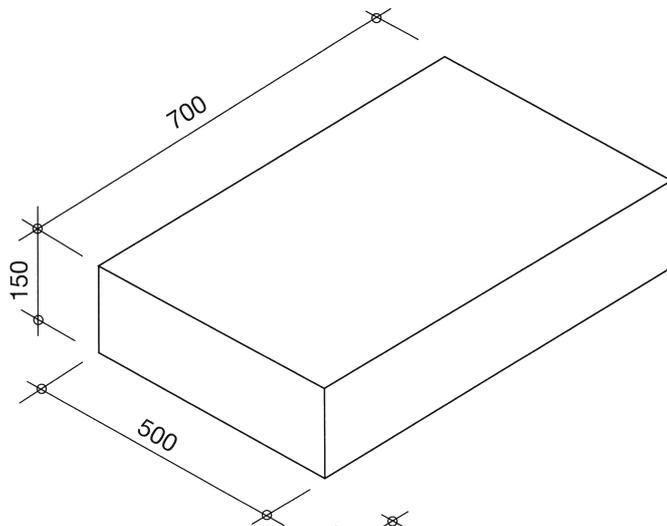
Während des Überrollversuches ist der Systemprobekörper durch einen Reifen mit einem Kontaktdruck von 0,46 MPa in einer Rollrichtung mit einer Überrollgeschwindigkeit von 0,2 m/s 2000 mal nacheinander zu überrollen. Die Temperatur im Fahrbahnübergang (Kerntemperatur mind. 20 mm innerhalb des Probekörpervolumens) muss während der Versuchsdurchführung +45 °C betragen. Erfasst und ausgewertet werden die Verformungen der Muldenfüllung über die Belastungsdauer im Vergleich zum Ausgangsprofil. Weiterhin erfolgt eine visuelle Kontrolle der Muldenfüllung auf Beein-

trächtigungen und Schäden wie z. B. Risse, Flankenablösungen.

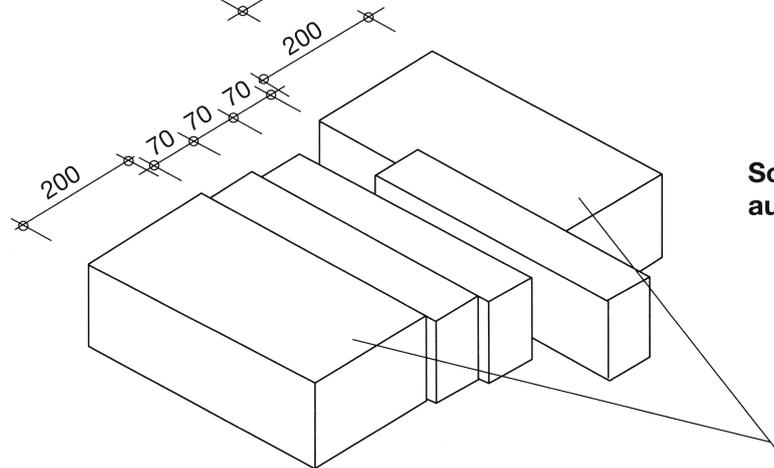
Im Prüfbericht sind darzustellen:

- Temperaturverlauf während des Versuches,
- Quantifiziertes Oberflächenprofil in Rollrichtung (4 Profile) und quer zur Rollrichtung,
- maximale Verformung (im Vergleich zum Nullprofil),
- Dokumentation der visuellen Begutachtung (z. B. Risse, Ablösungen etc.) inkl. Fotodokumentation.

Probenherstellung für die Prüfungen am Asphalt der Muldenfüllung

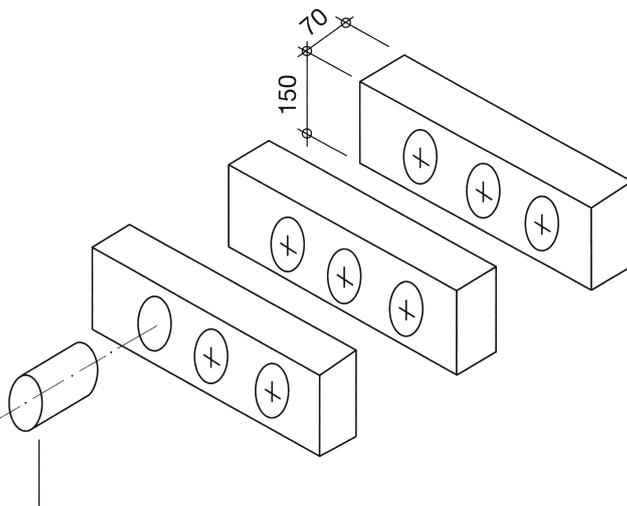


Asphaltplatte



Schneiden der Plattenstreifen aus der Asphaltplatte

Probenmaterial zur Bestimmung der Rohdichte und des Splitt/Tränkmass-Verhältnisses bzw. Rückstellproben



Bohren der Probekörper aus den Plattenstreifen

9 Probekörper  $\varnothing$  101 mm  
für die Prüfung der  
– Raumdichte  
– Spaltzugfestigkeit

Maße in mm

## Anhang B

### Versuchseinrichtung für die Prüfung des Fahrbahnübergangssystems

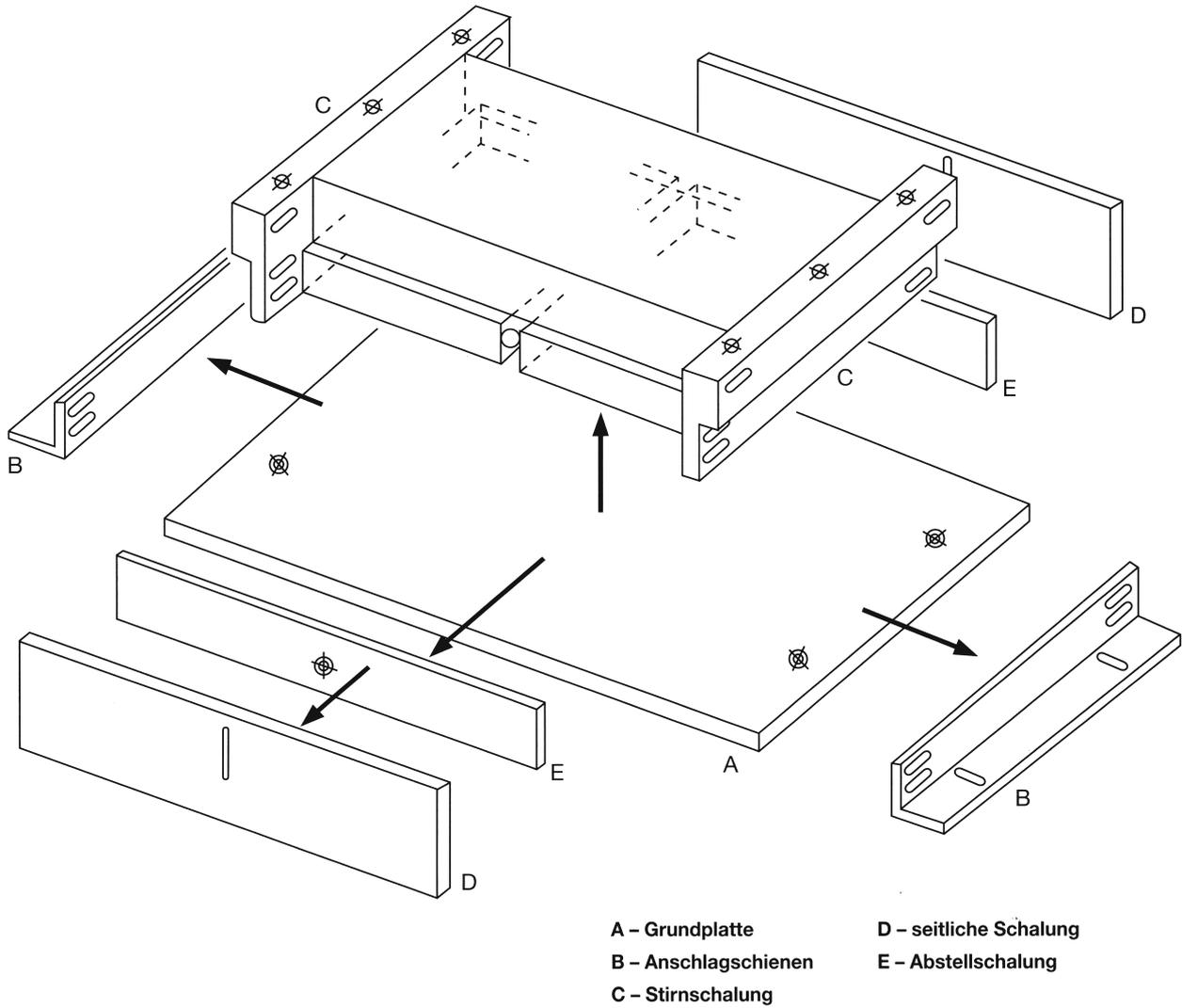


Bild 1: Darstellung der Probenform und Klebevorrichtung für die Probekörperherstellung

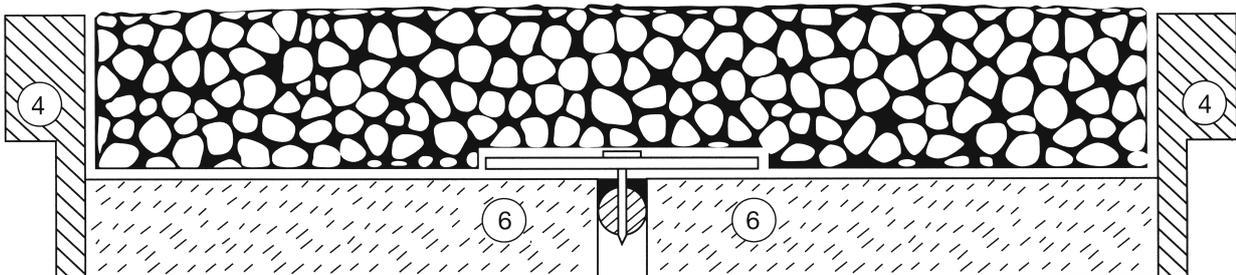


Bild 2: Schnittdarstellung eines Probekörpers nach der Herstellung

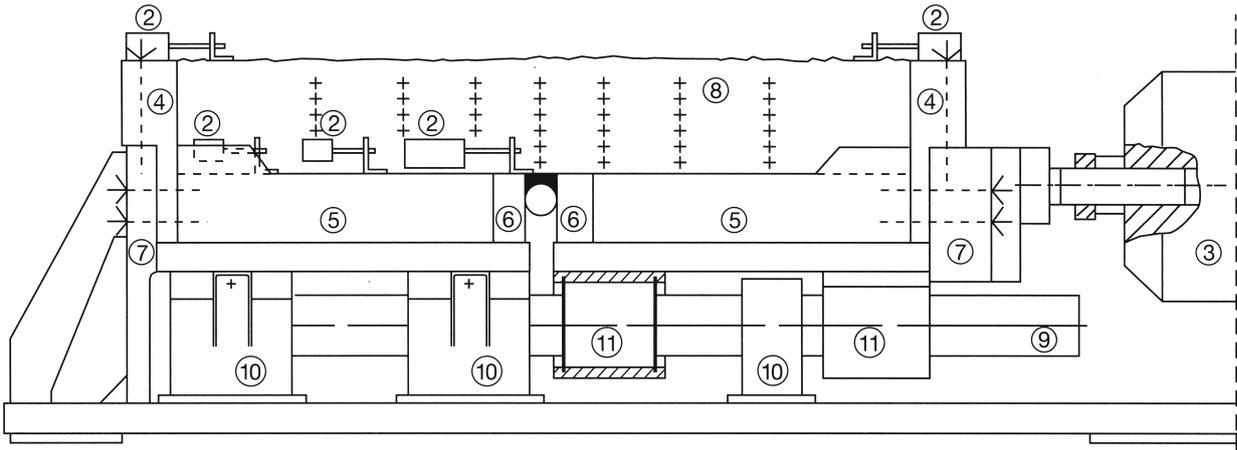


Bild 3: Seitenansicht eines eingebauten und prüfbereiten Probekörpers

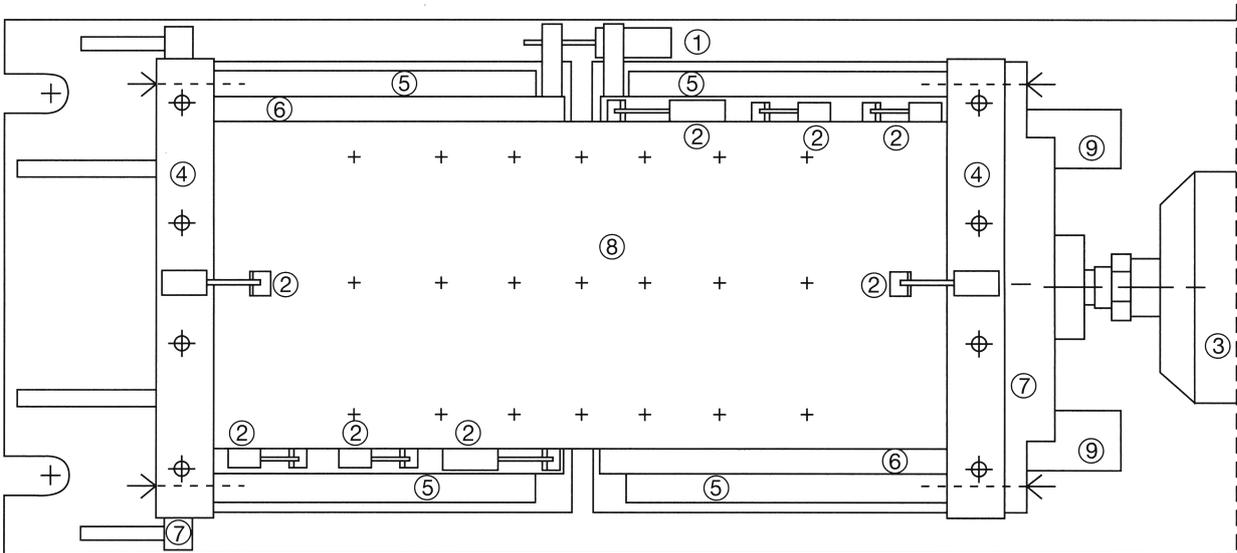
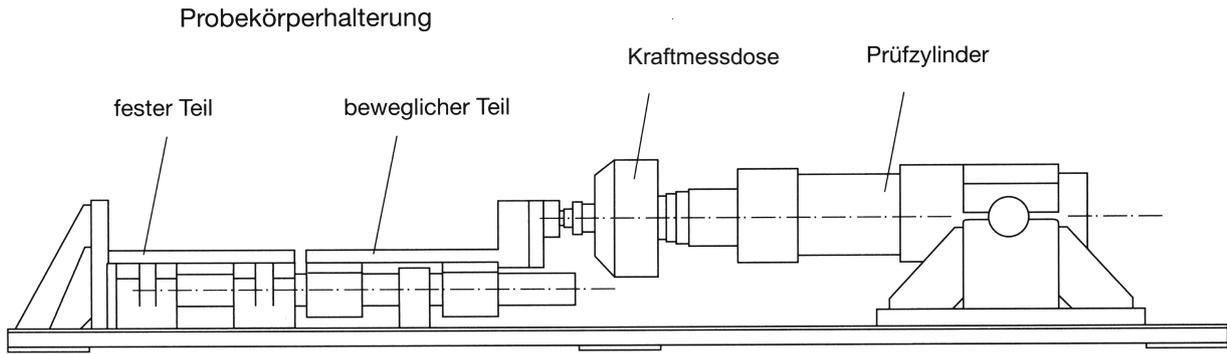
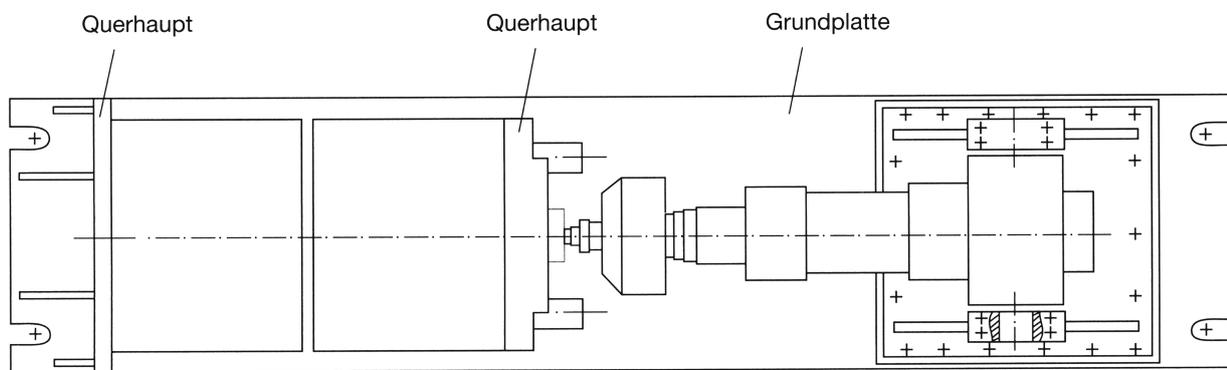


Bild 4: Draufsicht auf einen eingebauten und prüfbereiten Probekörper

- |                                                                                                        |                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| ① Steuer- und Regelwegaufnehmer<br>(induktiver Wegaufnehmer TRANS-TEK $\pm 50\text{mm}$ )              | ⑥ Betongrundplatten |
| ② induktiver Wegaufnehmer TRANS-TEK $\pm 6\text{ mm}$<br>induktiver Wegaufnehmer HBM $\pm 1\text{ mm}$ | ⑦ Querhaupt         |
| ③ 50-kN-Kraftmessdose                                                                                  | ⑧ Messpunkte        |
| ④ Stirnschalungen                                                                                      | ⑨ Führungswelle     |
| ⑤ Laschen zur Krafteinleitung                                                                          | ⑩ Lagerböcke        |
|                                                                                                        | ⑪ Gleitlager        |



Seitenansicht



Aufsicht

**Bild 5: Darstellung der Versuchseinrichtung**

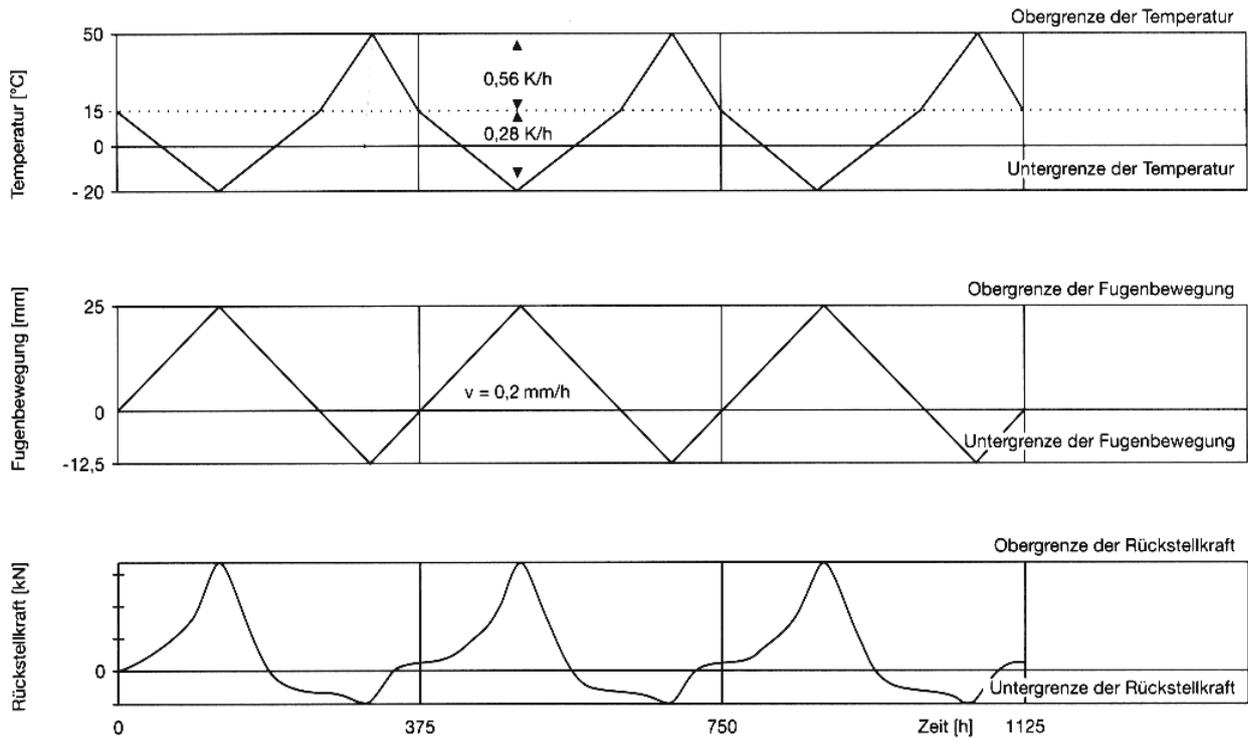


Bild 6: Darstellung der Beanspruchungsfunktion beim Temperaturwechselfersuch

Verschiebungsklasse	Spannweite in [mm]	Amplitude in [mm]	Anzahl pro Beanspruchungsabschnitt (Wiederholungen)
1 (maximale Verschiebung)	0,641 – 0,70	0,67	60
2	0,581 – 0,64	0,61	60
3	0,521 – 0,58	0,55	180
4	0,461 – 0,52	0,49	280
5	0,401 – 0,46	0,43	1220
6	0,341 – 0,42	0,37	8200

Bild 7: Definition der Beanspruchungsfunktion beim Schwingversuch

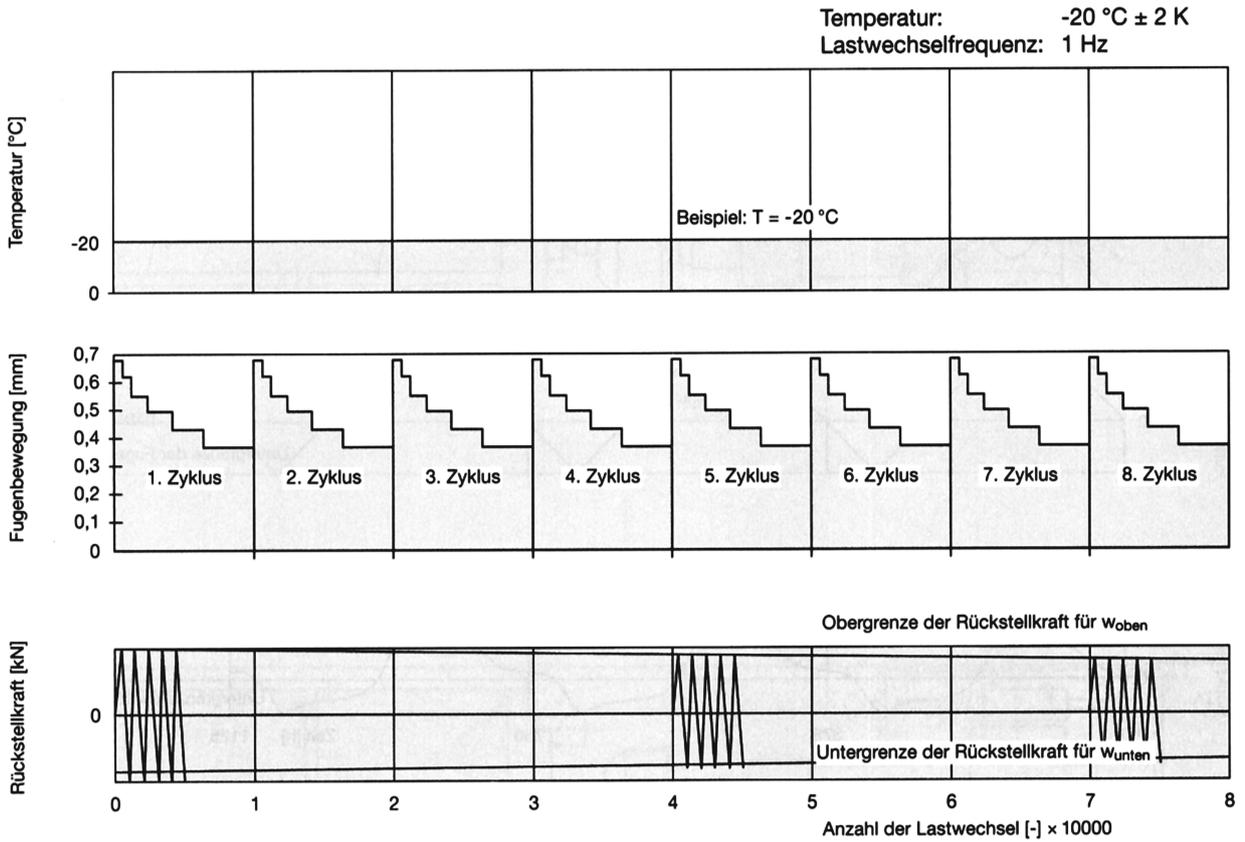


Bild 8: Verlauf der mehrstufigen Beanspruchungsfunktion beim Schwingversuch  
 hier: Darstellung der ersten acht von 130 Beanspruchungszyklen

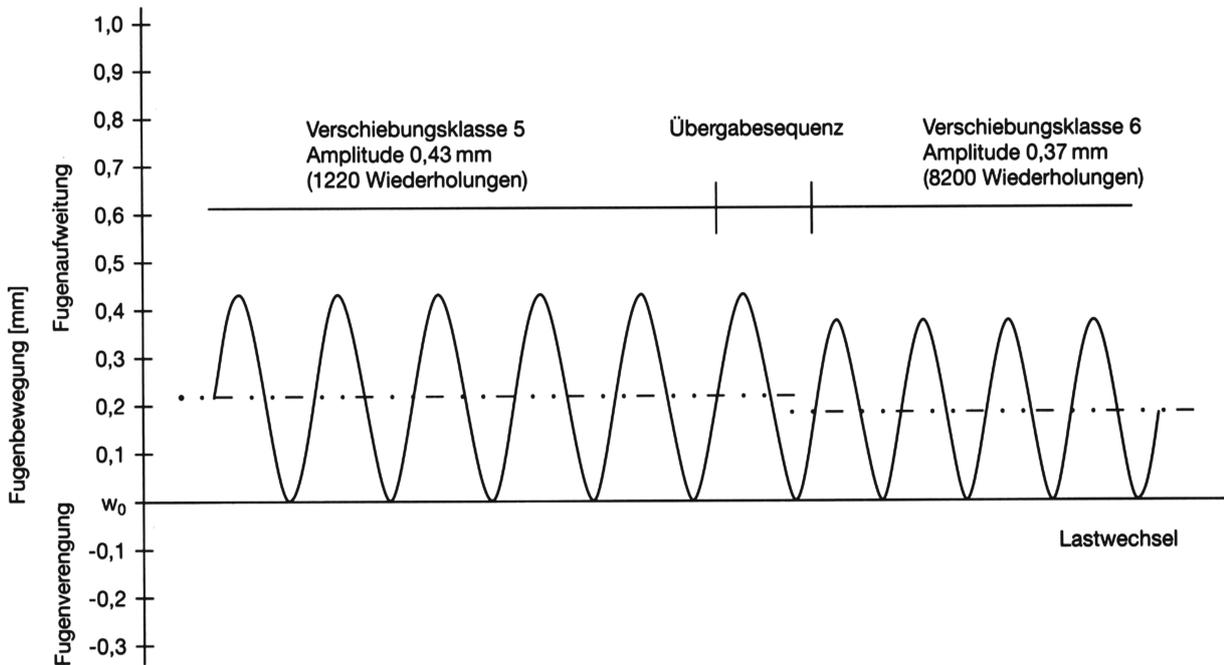


Bild 9: Übergang der Verschiebungsklassen beim Schwingversuch  
 hier: Detaildarstellung

## Regelwerke

DIN	DIN 18200	Übereinstimmungsnachweis für Bauprodukte – Werkseigene Produktionskontrolle, Fremdüberwachung und Zertifizierung	1)
	DIN 52099	Prüfverfahren für Gesteinskörnungen – Prüfung auf Reinheit	1)
	DIN 52100-2	Naturstein – Gesteinskundliche Untersuchungen – Allgemeines und Übersicht	1)
	DIN 52101	Prüfverfahren für Gesteinskörnungen – Probenahme	1)
	DIN 53019	Viskosimetrie – Messung von Viskositäten und Fließkurven mit Rotationsviskosimetern	1)
	DIN EN 58	Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Probenahme bitumenhaltiger Bindemittel	1)
	DIN EN 932-2	Prüfverfahren für allgemeine Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Teil 2: Verfahren zum Einengen von Laboratoriumsproben	1)
	DIN EN 933-4	Prüfverfahren für geometrische Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Teil 4: Bestimmung der Kornform-Kornformkennzahl	v
	DIN EN 1097-2	Prüfverfahren für mechanische und physikalische Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Teil 2: Verfahren zur Bestimmung des Widerstandes gegen Zertrümmerung	1)
	DIN EN 1097-3	– Teil 3: Bestimmung von Schüttdichte und Hohlraumgehalt	1)
	DIN EN 1367-1	Prüfverfahren für thermische Eigenschaften und Verwitterungsbeständigkeit von Gesteinskörnungen – Teil 1: Bestimmung des Widerstandes gegen Frost-Tau-Wechsel	1)
	DIN EN 1367-5	– Teil 5: Bestimmung des Widerstandes gegen Hitzebeanspruchung	1)
	DIN EN 1425	Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Feststellung der äußeren Beschaffenheit	1)
	DIN EN 1427	Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung des Erweichungspunktes – Ring- und Kugel-Verfahren	1)
	DIN EN 1936	Prüfverfahren für Naturstein – Bestimmung der Reindichte, der Rohdichte, der offenen Porosität und der Gesamtporosität	1)
	DIN EN 12407	Prüfverfahren für Naturstein – Petrographische Prüfung	1)
	DIN EN 12594	Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Vorbereitung von Untersuchungsproben	1)
	DIN EN 12607-3	Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung der Beständigkeit gegen Verhärtung unter Einfluss von Wärme und Luft – Teil 3: RFT-Verfahren	1)
	DIN EN 12697-1	Asphalt – Prüfverfahren für Heißasphalt – Teil 1: Löslicher Bindemittelgehalt	1)
	DIN EN 12697-5	– Teil 5: Bestimmung der Rohdichte	1)
	DIN EN 12697-6	– Teil 6: Bestimmung der Raumdichte von Asphalt-Probekörpern	1)
	DIN EN 12697-8	– Teil 8: Bestimmung von volumetrischen Charakteristiken von Asphalt-Probekörpern	1)
	DIN EN 12697-23	– Teil 23: Bestimmung der indirekten Zugfestigkeit von Asphalt-Probekörpern	1)
	DIN EN 13302	Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung der dynamischen Viskosität von bitumenhaltigem Bindemittel mit einem Viskosimeter mit rotierender Spindel	1)
	DIN EN 13589	Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung der Streckeeigenschaften von modifiziertem Bitumen mit dem Kraft-Duktilitäts-Verfahren	1)
	DIN EN 13632	Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Visualisierung der Polymerverteilung in polymermodifiziertem Bitumen	1)
	DIN EN 13702	Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung der dynamischen Viskosität von Bitumen und bitumenhaltigen Bindemitteln mit dem Platte-Kegel-Verfahren	1)
	DIN EN 13880-1	Heiß verarbeitbare Fugenmassen – Teil 1: Prüfverfahren zur Bestimmung der Dichte bei 25 °C	1)
	DIN EN 13880-3	Heiß verarbeitbare Fugenmassen – Teil 3: Prüfverfahren zur Bestimmung der Kugel-Penetration und des elastischen Rückstellvermögens	1)
	DIN EN 14770	Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung des komplexen Schermoduls und des Phasenwinkels – Dynamisches Scherrheometer (DSR)	1)
	DIN EN 15326	Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Messung der Dichte und der relativen Dichte – Pyknometerverfahren mit Kapillarstopfen	1)

Fortsetzung Regelwerke

DIN	DIN EN 15466-1	Voranstrich für kalt und heiß verarbeitbare Fugenmassen – Teil 1: Bestimmung der Homogenität	1)
	DIN EN 15466-2	– Teil 2: Bestimmung der Alkalibeständigkeit	1)
	DIN EN 15466-3	– Teil 3: Bestimmung des Feststoffanteils und des Verdunstungsverhaltens der flüchtigen Anteile	1)
	DIN EN ISO 2431	Beschichtungsstoffe – Bestimmung der Auslaufzeit mit Auslaufbechern	1)
	DIN EN ISO 2719	Bestimmung des Flammpunktes – Verfahren nach Pensky-Martens mit geschlossenem Tiegel	1)
	DIN EN ISO 2811-1	Beschichtungsstoffe – Bestimmung der Dichte – Teil 1: Pyknometer-Verfahren (ISO 2811-1:2016)	1)
	DIN EN ISO 2811-2	– Teil 2: Tauchkörper-Verfahren (ISO 2811-2:2011)	1)
	DIN ISO 3310-1	Analysensiebe – Technische Anforderungen und Prüfung – Teil 1: Analysensiebe mit Metalldrahtgewebe (ISO 3310-1:2016)	1)
	DIN EN ISO 3451-1	Kunststoffe – Bestimmung der Asche – Teil 1: Allgemeine Verfahren	1)
	DIN EN ISO 6721-1	Kunststoffe – Bestimmung dynamisch-mechanischer Eigenschaften – Teil 1: Allgemeine Grundlagen	1)
	DIN EN ISO 6721-2	– Teil 2: Torsionspendel-Verfahren	1)
	DIN EN ISO 11358	Kunststoffe – Thermogravimetrie (TG) von Polymeren – Teil 1: Allgemeine Grundsätze	1)
	DIN EN ISO 13885-1	Gelpermeationschromatographie (GPC) – Teil 1: Tetrahydrofuran (THF) als Elutionsmittel	1)
FGSV	ZTV-ING 6-1	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten, – Teil 6: Bauwerksausstattung, Abschnitt 1: Brückenbeläge auf Beton mit einer Dichtungsschicht aus einer Polymerbitumen-Schweißbahn (FGSV 782/2)	2)
	TL BEL-FÜ	Technische Lieferbedingungen und Technische Prüfvorschriften für Ingenieurbauten (TL/TP-ING), Teil 6: Bauwerksausstattung, Abschnitt 7: Technische Lieferbedingungen für die Baustoffe zur Herstellung von Fahrbahnübergängen aus Asphalt (FGSV 780/2)	2)
	TL Gestein-StB	Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau (FGSV 613)	2)
	TP Asphalt-StB	Technische Prüfvorschriften für Asphalt, Teil 22: Spurbildungsversuch (FGSV 756)	2)
	TP BEL-St	Technische Prüfvorschriften für die Prüfung der Dichtungssysteme für Brückenbeläge auf Stahl (FGSV 784/5)	2)
	TP Gestein-StB	Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau (FGSV 610)	2)
EOTA	ETAG 032	Guideline for European Technical Approval of „Expansion Joints for Road Bridges“, Part 1: General	3)
	ETAG 032-3	Guideline for European Technical Approval of „Expansion Joints for Road Bridges“, Part 3: Flexible Plug Expansion Joints	3)

**Bezugsquellen**

**1) Beuth Verlag GmbH**

Anschrift: Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin  
Tel.: 0 30 / 26 01-13 31, Fax: 0 30 / 26 01-12 60  
E-Mail: kundenservice@beuth.de, Internet: www.beuth.de

**2) FGSV Verlag GmbH**

Anschrift: Wesselinger Straße 15-17, 50999 Köln  
Tel.: 0 22 36 / 38 46 30, Fax: 0 22 36 / 38 46 40  
E-Mail: info@fgsv-verlag.de, Internet: www.fgsv-verlag.de

Alle aufgeführten FGSV-Veröffentlichungen sind auch digital für den FGSV Reader erhältlich und enthalten im umfassenden Abo-Service „FGSV – Technisches Regelwerk – Digital“

**3) EOTA – European Organisation for Technical Assessment**

Anschrift: Avenue des Arts 40 Kunstlaan, B-1040 Brussels  
Tel.: +32(0) 2 502 69 00  
E-Mail: info@eota.eu, Internet: www.eota.eu





## **Erläuterung zur Systematik von Technischen Veröffentlichungen der FGSV**

### **R steht für Regelwerke:**

Solche Veröffentlichungen regeln entweder, wie technische Sachverhalte geplant oder realisiert werden müssen bzw. sollen (R 1), oder empfehlen, wie diese geplant oder realisiert werden sollten (R 2).

### **W steht für Wissensdokumente:**

Solche Veröffentlichungen zeigen den aktuellen Stand des Wissens auf und erläutern, wie ein technischer Sachverhalt zweckmäßigerweise behandelt werden kann oder schon erfolgreich behandelt worden ist.

Die Kategorie **R 1** bezeichnet Regelwerke der 1. Kategorie:

R 1-Veröffentlichungen umfassen Vertragsgrundlagen (ZTV – Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien, TL – Technische Lieferbedingungen und TP – Technische Prüfvorschriften) sowie Richtlinien. Sie sind stets innerhalb der FGSV abgestimmt. Sie haben, insbesondere wenn sie als Vertragsbestandteil vereinbart werden sollen, eine hohe Verbindlichkeit.

Die Kategorie **R 2** bezeichnet Regelwerke der 2. Kategorie:

R 2-Veröffentlichungen umfassen Merkblätter und Empfehlungen. Sie sind stets innerhalb der FGSV abgestimmt. Die FGSV empfiehlt ihre Anwendung als Stand der Technik.

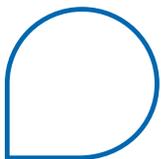
Die Kategorie **W 1** bezeichnet Wissensdokumente der 1. Kategorie:

W 1-Veröffentlichungen umfassen Hinweise. Sie sind stets innerhalb der FGSV, jedoch nicht mit Externen abgestimmt. Sie geben den aktuellen Stand des Wissens innerhalb der zuständigen FGSV-Gremien wieder.

Die Kategorie **W 2** bezeichnet Wissensdokumente der 2. Kategorie:

W 2-Veröffentlichungen umfassen Arbeitspapiere. Dabei kann es sich um Zwischenstände bei der Erarbeitung von weitergehenden Aktivitäten oder um Informations- und Arbeitshilfen handeln. Sie sind nicht innerhalb der FGSV abgestimmt; sie geben die Auffassung eines einzelnen FGSV-Gremiums wieder.

**FGSV 780/3**



**FGSV**  
DER VERLAG

Herstellung und Vertrieb:

**FGSV Verlag GmbH**

Wesselinger Str. 15-17 · 50999 Köln

Tel. 02236 3846-30

info@fgsv-verlag.de · www.fgsv-verlag.de

**An die Neugliederung der TL/TP-ING  
redaktionell angepasst, März 2023  
ISBN 978-3-86446-343-3**