



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK  
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC  
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC

**Bundesamt für Strassen**  
**Office fédéral des routes**  
**Ufficio federale delle Strade**

# **Optimierung der statischen Eindringtiefe zur Beurteilung von harten Gussasphaltsorten**

**Optimisation de l'indentation statique pour l'évaluation  
des asphaltes coulés dures.**

**Optimization of the static indentation for hard mastix as-  
phalts**

**Ch. Angst, Dr. sc. techn.; IMP Bautest AG; Oberbuchsitzen**

**Forschungsauftrag VSS 2001/504 auf Antrag des Schweizerischen  
Verbands der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)**

**Juni 2012**

**1382**

# Inhaltsverzeichnis

	<b>Impressum</b> .....	<b>4</b>
	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>7</b>
	<b>Résumé</b> .....	<b>8</b>
	<b>Summary</b> .....	<b>9</b>
<b>1</b>	<b>Zielsetzung</b> .....	<b>10</b>
1.1	Stand der Dinge .....	10
1.1.1	Normierte Prüfverfahren.....	10
1.1.2	Bedürfnisse der Praxis .....	11
1.1.3	Herstellung der Prüfkörper .....	11
1.2	Zielsetzungen des Forschungsauftrages .....	11
<b>2</b>	<b>Evaluation der Prüfparameter</b> .....	<b>12</b>
2.1	Grundsätzliche Betrachtung der Parameter.....	12
2.1.1	Temperatur .....	12
2.1.2	Auflast .....	13
2.1.3	Stempeldurchmesser .....	14
2.1.4	Belastungsdauer .....	14
2.1.5	Höhe des Prüfkörpers .....	14
2.1.6	Durchmesser der Prüfkörper .....	14
2.1.7	Auflage der Prüfkörper .....	15
2.2	Planung der Parameterstudie .....	15
<b>3</b>	<b>Parameterstudie</b> .....	<b>16</b>
3.1	Verwendete Gussasphaltsorten .....	16
3.2	Dauer der Prüfung.....	19
3.3	Variation der Temperatur und der Belastung.....	20
<b>4</b>	<b>Herstellung der Prüfkörper</b> .....	<b>23</b>
4.1	Formen der Prüfkörper .....	23
4.1.1	Würfel .....	23
4.1.2	Zylinder auf der Baustelle gegossen.....	24
4.1.3	Zylinder im Labor gegossen.....	24
4.2	Vergleich Würfel zu Zylinder (auf der Baustelle gegossen) .....	25
4.3	Erfahrungen mit Zylinder Ø 150 mm .....	27
<b>5</b>	<b>Validierung der vorgeschlagenen Parameter</b> .....	<b>29</b>
5.1	Selektivität der neuen Prüfparameter .....	29
5.2	Präzision der neuen Prüfparameter .....	31
<b>6</b>	<b>Schlussfolgerungen</b> .....	<b>33</b>
	<b>Anhänge</b> .....	<b>34</b>
	<b>Abkürzungen</b> .....	<b>39</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>41</b>
	<b>Projektabschluss</b> .....	<b>43</b>
	<b>Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen</b> .....	<b>46</b>

## Zusammenfassung

### Zielsetzung

Für die Optimierung von Rezepturen, für die Herstellung der Erstprüfungen sowie für stichprobenweise Kontrollen von Baustellen eignet sich die Prüfung der dynamischen Eindringtiefe hervorragend. Für die laufenden Qualitätskontrollen der Produktion (Steuergrößen) fehlt zur Zeit eine aussagekräftige, zuverlässige und rasche Prüfmethode mit praxisgerechter Präzision.

Es soll eine einfache Methode für die Prüfung der statischen Eindringtiefe festgelegt werden. Als Verbesserung gegenüber der bestehenden, normierten Methode soll eine bessere Spreizung der Ergebnisse bei verschiedenen harten Gussasphaltsorten erreicht werden. Auch soll untersucht werden, ob die Wiederholbarkeit der Prüfmethode gegenüber der bisherigen Methode verbessert werden kann.

### Parameterstudie

Das Potential der einzelnen Prüfparameter wie Temperatur, Belastungsdauer, Auflast etc wurde aufgrund der bekannten Literatur und der Erfahrungen der Prüfstelle abgeschätzt. Daraus erfolgte eine Auswahl an Parametern, mit denen die eigentliche Laborarbeit durchgeführt wurde.

Die Studie wurde mit 8 verschiedenen Gussasphaltsorten durchgeführt, welche sich in Bezug auf Grösstkorn, Bindemittelsorte und Eindringtiefe unterschieden

#### Prüfdauer

Es konnte nachgewiesen werden, dass eine Verkürzung der Prüfdauer ohne Einbusse der Aussagekraft möglich ist. Für die Auswertung der Prüfung „statische Eindringtiefe“ werden zwei Kennwerte erfasst: Die Eindringtiefe nach 30 Minuten, sowie die Zunahme der Eindringtiefe nach weiteren 30 Minuten. Die Prüfung dauert somit (ohne Berücksichtigung der Temperierungsphase und der Vorbelastung) 60 Minuten. Bei einer Auswertung nach 15 Minuten und weiteren 15 Minuten (gesamte Dauer 30 Minuten) werden erwartungsgemäss kleinere Werte gemessen. Nach 15 Minuten sind 85 % des Wertes nach 30 Minuten erreicht und zwar mit hoher Präzision; der Varianzkoeffizient beträgt lediglich 3 %!

#### Temperatur und Auflast

Es wurde sowohl die Prüftemperatur, als auch die Auflast variiert. Neben der normierten Temperatur von 40 °C wurden auch Versuche mit 55°C gefahren. Die normierte Auflast von 525 N wurde auf 650 und 775 N erhöht. Diese Lasten wurde deshalb gewählt, weil bei der normierten Prüfung die Auflast (525 N) mittels 4 Ringe à 125 N aufgebracht werden (plus Masse des Gestells 25 N). So konnte im Labor die Auflast erhöht werden, indem weitere Standard-Ringe aufgebracht wurden. Diese Variationen der Prüfbedingungen wurden an 8 Gussasphaltsorten durchgeführt.

Bei einer Prüftemperatur von 55 °C und einer Auflast von 650 N wurden die besten Ergebnisse erzielt.

### Validierung

Aufgrund der durchgeführten Parameterstudie wurden die Prüfparameter neu festgelegt (55°C / 650 N). An insgesamt 24 Gussasphaltsorten wurde die statische Eindringtiefe sowohl unter Standard-Bedingungen (40°C / 525 N) als auch mit den geänderten Prüfbedingungen untersucht. Es zeigte sich, dass die neuen Prüfbedingungen eine verbesserte Spreizung der Ergebnisse aufweist. Die Spanne zwischen dem tiefsten und dem höchsten Wert ist bei der modifizierten Prüfmethode um ca. 60 % grösser als bei der normierten Prüfmethode.

## Résumé

### Objectif

Que ce soit pour l'optimisation d'une formule, pour l'établissement d'une épreuve de formulation ou encore pour un contrôle d'échantillon prélevé sur chantier, la méthode de l'indentation dynamique convient parfaitement. En revanche, elle ne s'accorde pas bien avec le contrôle continu de la production en usine. Dans ce cas de figure précis, la méthode est trop lente, trop onéreuse, et pour ces raisons là, elle n'est pas compatible avec les besoins de la pratique.

Ce travail s'attache à définir une méthode d'indentation statique simple mais qui offre l'avantage d'être fiable, rapide et suffisamment sensible afin de pouvoir distinguer différentes qualités d'asphaltes coulés de grade dur. En outre, on cherchera à améliorer la répétabilité par rapport à celle de la méthode statique actuelle.

### Les paramètres étudiés

Les paramètres tels que la température, la durée de la sollicitation mécanique ou la charge ont fait l'objet d'une évaluation bibliographique de leur influence potentielle sur l'indentation. De cette étude préliminaire ont été retenus les paramètres qui ont finalement fait l'objet d'expérimentations en laboratoire. Ces dernières ont été menées sur un échantillon de huit asphaltes coulés qui se distinguent par la dimension des granulats, la qualité du liant et la profondeur d'indentation.

### Durée de l'essai

Il a été démontré qu'un raccourcissement de la durée de l'essai n'avait pas d'impact négatif sur la sensibilité de la méthode. L'essai fournit deux résultats distincts, à savoir la profondeur d'indentation après 30 minutes de charge et son augmentation résiduelle au cours des 30 minutes suivantes. Moyennant quoi, sans tenir compte du conditionnement et de la charge préliminaire, l'essai dure 60 minutes. Si les mesures sont faites au bout de deux fois 15 minutes (durée totale de 30 minutes), les valeurs de profondeur d'indentation prévues seront plus faibles. On obtient après 15 minutes une valeur qui correspond assez précisément à 85% de la profondeur mesurée après 30 minutes ; le coefficient de variation des résultats étant égal à 3%.

### Température et charge

Cette étude porte à la fois sur la température d'essai et sur la force appliquée. Les mesures ont été faites à 40 °C (conformément à la norme) et à 55 °C. La norme a fixé une force égale à 525 N. Des forces plus élevées de 650 N et 775 N ont également été appliquées. La force de 525 N correspond au poids de 4 anneaux de 125 N chacun (en plus de la masse du support). Les forces plus élevées sont obtenues en ajoutant un ou deux anneaux supplémentaires. Les résultats les plus probants sont obtenus avec une température d'essai de 55 °C et une charge de 650 N.

### Validation

L'étude a permis de fixer des nouveaux paramètres d'essai (55 °C et 650 N). Une comparaison des indentations a été faite en utilisant les paramètres normés (40 °C et 525 N) et les nouveaux paramètres sur un échantillon de 24 asphaltes coulés. Les résultats montrent que les nouveaux paramètres d'essai améliorent la sensibilité de la méthode. L'étendue des résultats augmente de 60% par rapport aux essais normés.

## Summary

### Objective target

For the optimization of formula, for defining meaningful test values for the initial testing as well as for spot checks on building sites, the suitability of the dynamic indentation test is excellent. Additionally the test can easily be applied for spot checks on building sites. On the basis of the determined figures the formula for mastic asphalt can be optimized. With regard to continuing factory production controls (control parameters), one has to say, that at the moment a convincing, reliable and quick test method with practice-oriented precision does not exist.

The aim is to determine a simple test method for testing the static indentation. As improvement towards the present standardized method, the results of the tested mastic asphalts, which differ in hardness, should get more differentiated and wider spread. It should be examined as well, whether it is possible to improve the repeatability of the new test method in contrast to the present method.

### Parameter study

The potential of every single test parameter, such as temperature, load duration, imposed load etc., was estimated on the basis of well-known literature and the experiences of the testing body. As a result of that a choice of certain parameters was made in order to use them for the actual laboratory work.

The study was carried out with eight different types of mastic asphalt, which differed in maximum grain size, kind of binder material and indentation depth.

### Test duration

It could be proved that it is possible to shorten the test duration without loss of meaningful results. For the evaluation of the "static indentation depth" two characteristic values are acquired: the indentation depth after 30 minutes, as well as the increase of the indentation depth after additionally 30 minutes. With that, the test duration is 60 minutes, regardless of the time which is needed for the heating process and the preload. The evaluation after 15 minutes and additionally 15 minutes (entire duration 30 minutes) shows, according to expectation, smaller values. After 15 minutes 85% of the standardized value (after 30 minutes) are reached, in fact with a high precision; the coefficient of variation is only 3% !

### Temperature and applied load

Both, the test temperature and the applied load were varied. Beside the standardized temperature of 40° C there had been tests with 55° C, too. The standardized applied load of 525 N was raised to 650 N, and 775 N. The reason for having chosen that weight was, because for the standardized test the load (525 N) is applied by four rings at 125 N ( plus weight of the frame, 25 N ). So, in the laboratory it was possible to increase the load by adding more standard-rings. This variation of the test requirements was carried out with eight types of mastic asphalt.

At a test temperature of 55° C and a load of 650 N the best results were achieved.

### Validation

On the basis of the carried out parameter study the test parameters were redefined (55°C/650N). In total 24 types of mastic asphalt were tested in view of the static indentation under standard conditions (40° C/525 N) as well as under changed test requirements (55°C/650N) . It turned out, that the new test requirements showed an improved spread of the results and therefore a better differentiation.

Regarding the modified test method, the span between the lowest and the highest value is 60 % greater than the span of the standardized test method.