



ISBS

Institut für Straßenwesen

Kerstin Schindler

Untersuchung des Verformungs- verhaltens von Asphalt zur Bestimmung von Materialkennwerten für die Dimensionierung

2008



Heft 22
Braunschweig 2008

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINFÜHRUNG UND PROBLEMSTELLUNG	1
2	BEHANDLUNG DER THEMATIK IN DER LITERATUR.....	4
3	UNTERSUCHUNGSMETHODIK	5
3.1	DIMENSIONIERUNGSRELEVANTE MATERIALEIGENSCHAFTEN UND VERFORMUNGSKENNWERTE.....	6
3.1.1	Definitionen	6
3.1.1.1	<i>Elastizität</i>	6
3.1.1.2	<i>Viskosität</i>	6
3.1.1.3	<i>Viskoelastizität</i>	6
3.1.1.4	<i>Plastizität</i>	7
3.1.1.5	<i>Dehnungen infolge sinusförmig schwellender Druckbeanspruchung</i>	7
3.1.1.6	<i>Steifemodul</i>	7
3.1.2	Absoluter Elastizitätsmodul	8
3.1.2.1	<i>Experimentelle Bestimmung</i>	8
3.1.2.2	<i>Rechnerische Bestimmung</i>	8
3.1.2.3	<i>Temperatur-Frequenz-Äquivalenz</i>	9
3.1.3	Phasenwinkel	10
3.1.4	Komplexer Elastizitätsmodul	12
3.1.5	Bleibende Dehnung	12
3.2	PRÜFVERFAHREN MIT DYNAMISCHER DRUCKBEANSPRUCHUNG ...	16
3.2.1	Dynamischer Triaxialversuch (Triax).....	16
3.2.1.1	<i>Versuchsbeschreibung</i>	16
3.2.1.2	<i>Festlegung der Prüfbedingungen</i>	24
3.2.2	Einaxialer Druckschwellversuch (DSV)	26
3.2.2.1	<i>Versuchsbeschreibung</i>	26
3.2.2.2	<i>Festlegung der Prüfbedingungen</i>	29
3.2.3	Dynamischer Stempleindringversuch (DSEV).....	31
3.2.3.1	<i>Versuchsbeschreibung</i>	31
3.2.3.2	<i>Festlegung der Prüfbedingungen</i>	32
3.2.4	Spurbildungsversuch.....	34
3.2.4.1	<i>Versuchsbeschreibung</i>	34
3.2.4.2	<i>Festlegung der Prüfbedingungen</i>	34
3.3	UNTERSUCHTE ASPHALTVARIANTEN	35
3.3.1	Herkunft/ Zusammensetzung	35
3.3.2	Ergebnisse der Kontrollprüfungen.....	35
3.3.3	Probekörperherstellung.....	36

4	UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE	38
4.1	VERFORMUNGSVERHALTEN VON ASPHALT BEI HOHEN TEMPERATUREN	38
4.2	VORUNTERSUCHUNGEN	38
4.2.1	Reibung zwischen Laststempel und Probekörperendfläche.....	39
4.2.2	Einfluss des h/d-Verhältnisses auf den Verformungswiderstand.....	41
4.2.3	Herstellung von schlanken Asphaltprobekörpern	43
4.2.3.1	<i>Einfluss der Bohrrichtung auf den Verformungswiderstand</i>	44
4.2.3.2	<i>Optimierung der Plattenherstellung</i>	46
4.2.4	Messsystem am Probekörper.....	49
4.3	ELASTISCHE UND VISKOELASTISCHE VERFORMUNGEN	55
4.3.1	Absolute Elastizitätsmoduln nach Francken und Verstraeten	55
4.3.2	Einaxialer Druckschwellversuch - elastische und viskoelastische Kennwerte	59
4.3.2.1	<i>Absoluter Elastizitätsmodul - DSV</i>	59
4.3.2.2	<i>Phasenwinkel - DSV</i>	62
4.3.3	Dynamischer Triaxialversuch - elastische und viskoelastische Kennwerte	68
4.3.3.1	<i>Räumlicher Spannungszustand</i>	68
4.3.3.2	<i>Absoluter Elastizitätsmodul - Triax</i>	71
4.3.3.3	<i>Querdehnzahl</i>	76
4.3.3.4	<i>Phasenwinkel - Triax</i>	81
4.3.4	Dynamischer Stempel Eindringversuch - elastische und viskoelastische Kennwerte	84
4.3.4.1	<i>Steifemodul</i>	84
4.3.4.2	<i>Phasenwinkel - DSEV</i>	88
4.3.5	Aufteilung der Verformung in elastische und viskoelastische Anteile	91
4.3.5.1	<i>Lösungsansatz – komplexer Elastizitätsmodul</i>	91
4.3.5.2	<i>Lösungsansatz – Hystereseschleifen</i>	92
4.3.5.3	<i>Lösungsansatz – analytisch</i>	96
4.3.5.4	<i>Lösungsansatz – iterativ</i>	101
4.4	BLEIBENDE VERFORMUNGEN	105
4.4.1	Einaxialer Druckschwellversuch - bleibende Verformung	106
4.4.2	Dynamischer Triaxialversuch - bleibende Verformung.....	109
4.4.3	Dynamischer Stempel Eindringversuch - bleibende Verformung.....	114
4.4.4	Spurbildungsversuch - bleibende Verformung	117
4.4.5	Approximation der Dehnungsverläufe	118
4.4.5.1	<i>Approximation der Dehnungsverläufe ermittelt mit dem einaxialen Druckschwellversuch</i>	119

4.4.5.2	<i>Approximation der Dehnungsverläufe ermittelt mit dem dynamischen Triaxialversuch</i>	120
4.4.5.3	<i>Approximation der Dehnungsverläufe ermittelt mit dem dynamischen Stempelindringversuch</i>	122
4.4.5.4	<i>Abhängigkeiten der ermittelten Faktoren und Exponenten der Approximationsgleichungen von den Beanspruchungsgrößen</i>	124
5	INTERPRETATION DER UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE	130
5.1	ELASTISCHE UND VISKOELASTISCHE VERFORMUNGEN – VERGLEICH DER PRÜFVERFAHREN	130
5.2	BLEIBENDE VERFORMUNGEN – VERGLEICH DER PRÜFVERFAHREN	134
6	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK.....	136
Literatur		
	Regelwerke	140
	Literatur	140
	Software	143
	Abkürzungen und Formelzeichen	144
	Abbildungsverzeichnis	147
	Tabellenverzeichnis	153
	Anhang	154
	Veröffentlichung	223
Deformation properties for the analytic design of asphalt structures [4 th Eurasphalt & Eurobitume Congress 2008, Copenhagen]		

KURZFASSUNG

In Deutschland werden Straßenbefestigungen nach den Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen (RStO), die auf empirischen Grundlagen basieren, bemessen. Alternativ kann zukünftig ein analytisches Verfahren gemäß den Richtlinien für die rechnerische Dimensionierung des Oberbaues von Verkehrsflächen mit Asphaltdecke (RDO) angewendet werden. Danach wird aus den mischgutspezifischen Spannungs-Dehnungsverläufen in einer Fahrbahnbefestigung und den verschiedenen Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit einer Straßenbefestigung der Widerstand gegen Ermüdung, Rissbildung und Verformung hinsichtlich des Befestigungsaufbaus optimiert.

Um die Spannungs-Dehnungsverläufe realitätsnah zu beschreiben, wurden in dieser Arbeit für die Stoffmodellierung Materialkennwerte zur Beschreibung des Verformungsverhaltens von Asphalt bestimmt.

Es wurden mit drei unterschiedlichen Prüfverfahren die für die Dimensionierung erforderlichen Eingangswerte an vier verschiedenen Deckschichtvarianten, einer Binder- sowie einer Tragschichtvariante ermittelt.

Asphalt weist ein elastisches, viskoses und plastisches Verformungsverhalten auf, das außerdem noch abhängig von Temperatur, Frequenz und Last ist. Daher wurden im Prüfprogramm diese drei Einflussgrößen systematisch variiert.

Als Kennwerte wurden aus den unter verschiedenen Beanspruchungskombinationen gemessenen Verformungen die absoluten Elastizitätsmoduln, Steifemoduln, Phasenwinkel und Querdehnzahlen sowie Dehnungsraten, Verläufe der Dehnungskurven und Dehnungen nach festgelegten Beanspruchungszeiten für die ausgewählten Asphaltvarianten berechnet, ausgewertet und analysiert.

Die Prüfverfahren unterscheiden sich hinsichtlich der Probekörpergeometrie und der im Probekörper herrschenden Spannungszustände. Die Auswirkungen dieser Randbedingungen auf das Verformungsverhalten und somit auf die Kennwertermittlung wurden untersucht und bestimmt bzw. durch eine Modifizierung der Verformungsmessung eliminiert.