

**SCHRIFTENREIHE**

**Institut für Straßenwesen**

**Technische Universität Braunschweig**

**Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Wolfgang Arand**

---

# **STRASSENWESEN**

---

**Hans-Jörg Eulitz**

**Kälteverhalten von  
Walzasphalten**

**Prüftechnische Ansprache  
und Einfluß  
kompositioneller Merkmale**

---

**Heft 7**

**Braunschweig, 1987**

# Inhaltsverzeichnis

	Seite	
1	Einleitung und Aufgabenstellung	1
2	Behandlung des Problems in der Literatur	3
2.1	Theoretische und praktische Ansätze	4
2.2	Apparative Einrichtungen zur prüftechnischen Ansprache	11
3	Versuchstypen zur Ansprache des Verhaltens von Asphalten bei tiefen Temperaturen	14
3.1	Zugversuche	18
3.2	Relaxationsversuche	19
3.3	Abkühlversuche	19
4	Aufbau und Funktionsweise der Prüfeinrichtung	20
4.1	Allgemeines	20
4.2	Beschreibung einzelner Komponenten der Ver- suchseinrichtung	21
4.2.1	Prüfrahmen	21
4.2.2	Klimaschrank	25
4.2.3	Mikrocomputer mit Peripherie und Software	25
4.3	Wirkungsweise der Steuer- und Regelein- richtung	26
5	Einfluß kompositioneller Merkmale	
5.1	Untersuchungsmethodik	29
5.1.1	Zusammensetzung und Eigenschaften der Asphalt- gemische	29
5.1.1.1	Bindemittel	29
5.1.1.2	Mineralstoffe	31
5.1.1.3	Mischgut (Eignungsprüfung)	32
5.1.2	Versuche zur Ansprache des Verhaltens von Asphalten bei tiefen Temperaturen	36
5.1.3	Herstellung der Probekörper	36
5.1.4	Statistische Auswerteverfahren	39
5.1.4.1	Varianzanalyse der dreifachen Klassifikation	39
5.1.4.2	Multiple lineare Regressionsanalyse	45
5.2	Versuchsdurchführung, Ergebnisse und Inter- pretation	49
5.2.1	Zugversuche	51
5.2.2	Relaxationsversuche	64
5.2.3	Abkühlversuche	74
5.3	Weitergehende Auswertung und Interpretation der Abkühl- und Zugversuche	91
5.4	Reduktion der Einflußgrößen	99
6	Zusammenfassung	115
7	Literatur	119
8	Anhang	123

## 6. Zusammenfassung

Hinsichtlich eines optimalen Gebrauchsverhaltens interessiert neben den Merkmalen Ermüdung, Griffbarkeit, Verschleißfestigkeit, Verformungsresistenz bei hohen Temperaturen auch das Kälteverhalten der Walzasphalte. Gegenstand dieser Arbeit sind die Vorstellung eines geeigneten Prüfverfahrens und die Beschreibung der verwendeten Prüfeinrichtung sowie die Untersuchung des Einflusses kompositioneller Merkmale auf das Verhalten von Walzasphalten im Temperaturbereich von + 20 °C bis - 30 °C.

Es wurden drei Versuchstypen vorgestellt, die aufgrund rheologischer Überlegungen geeignet sind, das Kälteverhalten von Walzasphalten umfassend zu beschreiben:

- Zugversuche: Erfassung von Spannungs-Dehnungs-Beziehungen bei konstanter Dehngeschwindigkeit und isothermem Versuchsablauf; Ermittlung der Merkmalsgrößen Zugfestigkeit und Bruchdehnung,
- Relaxationsversuche: Messung des bei konstanter Dehnung und isothermem Versuchsablauf auftretenden Spannungsabfalls in Abhängigkeit von der Zeit; Ermittlung der Merkmalsgrößen Relaxationszeit und bezogene Restspannung sowie
- Abkühlversuche: Erfassung thermogener Zugspannungen in Abhängigkeit von der Temperatur durch Behinderung des thermischen Schrumpfs bei Vorgabe eines konstanten Temperaturgradienten; Ermittlung der Merkmalsgrößen Bruchtemperatur und maximale thermisch induzierte Zugspannung.

Die prüftechnische Ansprache des Kälteverhaltens der Asphalte erfolgte über oben genannte Versuchstypen mit Hilfe einer prozeßgesteuerten Zug-Druck-Prüfmaschine mit der zugehörigen Peripherie. Hervorzuhebende Merkmale dieser Einrichtung sind die temperaturindifferente Meßbasis, mit der Längenänderungen

am Asphaltprobekörper bei einer Auflösung von 5/100000 mm erfaßt, und die Schrittmotor-Getriebe-Einheit, mit der gezielte Längenänderungen von ebenfalls 5/100000 mm vorgegeben werden können.

Unter Anwendung des oben beschriebenen Prüfverfahrens wurde der Einfluß kompositioneller Merkmale bei Variation des Bindemittelgehalts, der Korngrößenverteilung und des Brechsandanteils sowie der Bindemittelsorte auf das Kälteverhalten der Asphaltvarianten untersucht. Die aus den Versuchen ermittelten Daten der das Tieftemperaturverhalten der Asphalte beschreibenden Kenngrößen wurden mit Hilfe mathematisch-statistischer Verfahren (Varianzanalysen und Regressionsanalysen) ausgewertet und anschließend interpretiert.

Für die im praxisorientierten Abkühlversuch ermittelte Bruchtemperatur wurde eine annähernd lineare Abhängigkeit von dem dominanten Viskositätsmerkmal Erweichungspunkt Ring und Kugel erkannt; eine Veränderung des Erweichungspunkts von  $EP_{RuK} = 1 \text{ } ^\circ\text{C}$  führt zu einer Veränderung der Bruchtemperatur um rund  $0,68 \text{ } ^\circ\text{C}$ . Zusätzlich wird die Bruchtemperatur durch die Wahl eines füllerreichen und splittarmen Mineralstoffgemischs sowie eine höhere Dosierung des Bindemittelgehalts begünstigt.

Die Zugfestigkeit von Walzasphalten wird bei hohen Temperaturen durch die Viskosität des Bindemittels und bei tiefen Temperaturen durch den Hohlraumgehalt des Materials vorrangig bestimmt. Die Verwendung eines härteren Bindemittels führt im positiven Temperaturbereich zu größeren Zugfestigkeiten und im negativen Temperaturbereich zu geringeren Zugfestigkeiten.

Das Dehnvermögen der Asphalte kann durch den Einsatz eines weichen Bitumens, eines hohen Bindemittelgehalts und eines füllerreichen und splittarmen Mineralstoffgemischs verbessert werden.

Für die aus Relaxationsversuchen herangezogenen Kenngrößen Relaxationszeit und bezogene Restspannung kann die temperaturabhängige Viskosität des Bindemittels als die dominierende Einflußgröße angesehen werden.

Relaxationsversuche sind insbesondere bei tiefen und sehr tiefen Temperaturen im Verhältnis zu den beiden anderen Versuchstypen äußerst zeitaufwendig und daher als täglich routinemäßig durchzuführende Laborversuche nicht geeignet.

Ausgehend vom Maxwell-Modell ist zu erkennen, daß die bei hohen Viskositäten ohnehin kleine mögliche Dehngeschwindigkeit des viskosen Elements bei dem anfangs relativ schnell einsetzenden Relaxationsprozeß und der damit abnehmenden Spannung noch geringer wird. Deshalb wird alternativ zum Relaxationsversuch ein Versuchstyp vorgeschlagen, bei dem nach einer spontan aufgebracht und während des Versuchs konstant zu haltenden Spannung der Dehnungsverlauf des Probekörpers in Abhängigkeit von der Zeit ermittelt wird. Es kann angenommen werden, daß bei geeigneter Wahl der vorgegebenden Spannung die sich einstellende Dehnungs-Zeit-Kurve in einem bestimmten Bereich einen nahezu linearen Verlauf aufweist. In diesem Bereich läßt sich die Zugviskosität als Quotient aus vorgegebener Spannung und sich einstellender Dehngeschwindigkeit (Newton) berechnen, aus der wiederum rechnerisch die Relaxationszeit als Quotient aus der temperaturabhängigen Viskosität und dem konstanten Elastizitätsmodul (Maxwell) näherungsweise ermittelt werden kann.

Die zusätzliche Einführung der Merkmalsgröße Zugfestigkeitsreserve, die als Differenz zwischen der temperaturabhängigen Zugfestigkeit und der ebenfalls temperaturabhängigen thermisch induzierten Zugspannung verstanden wird, ist deswegen von großer Bedeutung, weil sie veranschaulicht, in welchem Temperaturbereich zusätzlich zu den thermogenen Spannungen auch verkehrslastbedingte Zugspannungen vom Asphalt ertragen werden können: Die Zugfestigkeitsreserve wird grundsätzlich

von der temperaturabhängigen Viskosität beeinflusst. Bei tiefen Temperaturen sind aber auch kompositionelle Merkmale, wie beispielsweise Korngrößenverteilung und Bindemittelgehalt, von Bedeutung.

Über die Zugfestigkeitsreserve ist eine Abschätzung von für den Walzasphalt zusätzlich ertragbaren, aus Verkehrsbelastungen resultierenden Zugspannungen möglich. Deshalb sollte in einem zukünftigen Versuchsprogramm das Verhalten von Walzasphalten, aber auch insbesondere von Gußasphalten (Brückenbeläge), bei Überlagerung von thermogenen mit verkehrslastsimulierten Spannungen (dynamische Belastungen) mit Hilfe einer dafür zu entwickelnden Prüfeinrichtung umfassend erforscht werden.

Die in dieser Arbeit über die kompositionellen und technologischen Einflußgrößen quantifizierten Merkmalsgrößen können unter Berücksichtigung der hier zugrunde gelegten Untersuchungsbereiche als Formulierungshilfen zur Optimierung des Gebrauchsverhaltens von Walzasphalten bei Kälte benutzt werden.