



# SCHRIFTENREIHE

Institut für Straßenwesen

Technische Universität Braunschweig

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

# STRASSENWESEN

**Siegfried Dörschlag**

**Ermüdungsrechnungen für  
Asphaltbefestigungen bei  
Einwirkung mechanisch und  
thermisch induzierter Spannungen**

Heft 10

Braunschweig, 1989

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung	1
2. Problemstellungen	2
3. Beiträge aus der Literatur	3
3.1 Verhalten von Asphalten	3
3.1.1 Grundeigenschaften von Asphalten	3
3.1.2 Verhalten von Asphalten bei hohen Temperaturen	6
3.1.3 Verhalten von Asphalten bei tiefen Temperaturen	18
3.1.4 Verhalten von Asphalten bei wiederholten Belastungen	27
3.2 Ermittlung zeitlicher und räumlicher Verteilungen kryogener Spannungen	41
3.2.1 Vorüberlegungen	41
3.2.2 Ermittlung von Fahrbahntemperaturen	42
3.2.3 Ermittlung kryogener Spannungen	52
3.3 Erfassung der Belastungen durch Verkehr	59
3.3.1 Ermittlung mechanogener Spannungen	59
3.3.2 Ermittlung temperaturabhängiger Steifigkeitsmoduln	65
3.4 Festigkeitshypothesen	69
3.5 Die Hypothese von MINER	74
4. Berechnung von Asphalttemperatur-Ganglinien in verschiedenen Tiefen	75
4.1 Berechnung der Oberflächentemperaturen	75
4.2 Berechnung von Temperaturen in verschiedenen Tiefen	77
5. Berechnung zeitlicher und räumlicher Verteilungen von Spannungen	83
5.1 Verkehrslastbedingte Spannungen	83
5.1.1 Repräsentativer Verkehr	83
5.1.2 Moduln in verschiedenen Tiefen	98
5.1.3 Berechnung der verkehrslastbedingten Spannungen mit Hilfe des Programms BISAR	103
5.2 Zwängungsspannungen	109
6. Berechnung der ertragbaren Anzahl von Lastwechseln	113
6.1 Wahl einer Festigkeitshypothese	113
6.2 Wahl eines Ermüdungsgesetzes	115
6.3 Das Programmsystem ERMUED	118
7. Untersuchungsergebnisse	124
8. Schlußbetrachtungen	155
9. Literaturverzeichnis	157

## 8. Schlußbetrachtungen

Für Nutzen-Kosten-Analysen zur Bewertung verschiedener, zur Auswahl stehender Varianten für eine Asphaltbefestigung ist die Abschätzung der Nutzungsdauer der zu bauenden Fahrbahnbefestigung von großer Bedeutung. Die dabei meist angewendeten "Ermüdungsberechnungen" berücksichtigen zwar die Material- und die mechanischen Eigenschaften des Befestigungsaufbaus sowie die Belastungen durch den zu erwartenden Verkehr; bei praktischen Ermüdungsberechnungen wurden bisher aber noch nie die bei der Abkühlung in der Fahrbahnbefestigung auftretenden, durch behinderten thermischen Schrumpfung hervorgerufenen, kryogenen Spannungen in die Betrachtung einbezogen.

Im Verlaufe dieser Arbeit wurde daher das Simulationsverfahren ERMUED entwickelt, das die gleichzeitige Berücksichtigung mechanogener und kryogener Spannungen bei Ermüdungsrechnungen für Asphaltbefestigungen ermöglicht. Insbesondere kann auch das für die Nutzungsdauer einer Asphaltbefestigung besonders ungünstige Zusammentreffen thermisch induzierter Zugspannungen mit hohen Spannungen aus Verkehrslasten berücksichtigt werden.

Zur Verdeutlichung des Verfahrens werden am Beispiel eines Modellasphalts für eine Asphaltbefestigung gemäß Bauklasse I der RStO 86, Zeile 1, die Auswirkungen einer Variation der Bitumenhärte auf die Anzahlen der ertragbaren Lastwechsel demonstriert. Die Rechnungen wurden für drei Klimazonen und Bindemittel mit Erweichungspunkten EP von 40, 50, 60 und 70 °C durchgeführt.

Als Ergebnis kann festgestellt werden, daß das Ermüdungsverhalten der untersuchten Asphaltbefestigungen wesentlich von der Viskosität der eingesetzten Bindemittel, von den örtlichen Klimaverhältnissen sowie vom Zufallseinfluß im Wetter abhängt. Der ermüdungsbedingte Verlust an Nutzungsdauer der Asphaltdeckschicht ist in der Regel um Zehnerpotenzen größer als derjenige, der für die Asphaltbinder- und die Asphalttragschicht ermittelt wurde. Bei Einsatz von weicheren Asphaltvarianten - EP = 40 und 50 °C - erfährt die Deckschicht insbesondere in Zonen mit mildem Klima und heißen Sommern die größten Schädigungen im Verlauf

der 17. bis 36. Jahreswoche. Asphaltvarianten mit härteren Bindemitteln - EP = 60 und 70 °C - werden dagegen in kalten Klimazonen in erster Linie im Verlauf der 49. bis 4. Jahreswoche geschädigt. Unter Berücksichtigung von zusätzlichen thermisch induzierten Spannungen steigt dabei die Gefahr des Auftretens von vorzeitigen Ermüdungsschäden bei Verwendung steiferer Asphaltvarianten und zunehmender Bitumenhärte überproportional an.

Die Ergebnisse zeigen, daß mit dem entwickelten Verfahren sowohl die Nutzungsdauer einer Asphaltbefestigung abgeschätzt werden kann als auch, bei Variation der Härte der eingesetzten Bindemittel, eben diese Härte im Hinblick auf das Ermüdungsverhalten optimiert werden kann.

Ebenso kann der Einsatz unterschiedlich harter Bindemittel in der Asphaltdeck-, -binder- und -tragschicht simuliert werden, und es kann abgeschätzt werden, inwiefern sich ein solches Vorgehen auf die Nutzungsdauer der Asphaltbefestigung auswirkt. Nicht zuletzt kann die Simulation einer Aufhellung der Asphaltdeckschicht Hinweise auf die Wirtschaftlichkeit einer solchen Maßnahme erbringen.

Eine Erhöhung der maximalen Anzahl verschiedener Temperatur- und damit Steifigkeitszustände in der Asphaltbefestigung, für die mechanogene Spannungen gespeichert werden können, ist ohne große Schwierigkeiten möglich und erlaubt dann Simulationsläufe über mehr als zehn Jahre in den drei Klimazonen.

Der modulare Aufbau des Programmsystems ERMUED ermöglicht es, Erweiterungen des bestehenden Systems oder Änderungen, zum Beispiel Integration eines Ermüdungsgesetzes, das die Ermüdung unter Last und Zwang bereits beinhaltet, leicht vorzunehmen.