OIAZ
166 WISSENSCHAFT & PRAXIS
September 2021

ÖSTERREICHISCHE
INGENIEUR-UND
ARCHITEKTEN-ZEITSCHRIFT

The JOURNAL of OIAV

DIMENSIONIERUNG VON ASPHALTEINLAGESYSTEMEN

anhand von gebrauchsverhaltensorientierten Prüfungen

Gernot Mannsbart (TenCate Geosynthetics)
& **Aurelio Ruiz Rubio** (Ciesm-INTEVIA)

KEYWORDS
Straßensanierung, Asphaltverstärkung, Ermüdungsfestigkeit, Reflexionsrisse, Deckensanierung;

KURZFASSUNG
Das Ermüdungsverhalten einer Asphaltverstärkung und die Erhöhung der Lebensdauer durch Be-wehrungseinlagen wurde mittels verschiedener Laborversuche untersucht. Für verschiedene As-phalteinlagesysteme wurden Biegebalkenversuche durchgeführt, bei denen verschiedene Roh-stoffe für die verwendeten Filamente verglichen wurden. Der Ermüdungswiderstand wird durch wiederholte Belastung bis unterhalb der Bruchfestigkeit getestet. Es wurden sowohl bewehrte als auch unbewehrte Probekörper Proben getestet.

Die Versuchskonfiguration besteht aus einem prismatisch geformten Dreipunkt-Biegebalken, der an den Enden verschieblich gelagert und in der Mitte fixiert wird. Dieser Balken wird nach einer si-nusförmigen Funktion zentrisch belastet und die Verformungen werden beobachtet. In der Regel werden die Tests bei einer Temperatur von 20 °C und mit einer Frequenz von 10 Hz durchgeführt, es kann mit der eingesetzten Gerätschaft aber jede Temperatur zwischen -20 °C und +30 °C sowie Belastungsfrequenzen bis 40 Hz angewendet werden. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurde zunächst nur eine Standardkonfiguration von Frequenz und Temperatur untersucht.

Die Testergebnisse zeigen eine deutliche Verbesserung der Ermüdungsfestigkeit für die verschie-denen Asphalteinlagesysteme. Es kann daher der Einsatz von Asphalteinlagen als eindeutig vor-teilhaft für die Lebensdauer einer Überbauung nachgewiesen werden.

1. EINLEITUNG

Erhaltung und Bewahrung des beträchtlichen Wertes unseres Straßennetzes ist eine Herausforderung für jede moderne Gesellschaft. Die Entwicklung effizienter Bau- und Sanierungsmethoden, die gleichzeitig eine lange Lebensdauer sicherstellen und die natürlichen Ressourcen schonen ist dabei eine zentrale Anforderung. Die Reduzierung der Einbaustärke von Asphaltschichten durch Bewehrungseinlagen bietet in diesem Sinne eine zukunftsweisende Lösung.

Der Schichtaufbau unserer Fahrbahnkonstruktionen ist typischerweise wiederholten dynamischen Lasten ausgesetzt. Diese Belastung liegt üblicherweise deutlich unter der Bruchlast bzw. Kurzzeitfestigkeit, jedoch kann die häufige Wiederholung zu einem Materialversagen bereits bei niedrigeren Spannungsniveaus führen. Diese Art von Versagen wird als Ermüdungsbruch bezeichnet. Reflexionsrisse wiederum sind definiert als Rissausbreitung aus unteren Schichten in meist neue darüber liegende Oberflächen oder Überbauungen. Die Rissfortpflanzung basiert auf der Basis von Temperaturschwankungen (jahreszeitliche Dehn- bzw. Schrumpfverformungen in der alten Schicht), aufgrund der thermischen Beanspruchung während des Einbaus und der Ermüdung infolge der zyklischen dynamischen Verkehrsbelastung.

Reflexionsrisse und Ermüdungsrisse in Asphaltschichten sind seit langem ein Problem bei der Erneuerung von Deckschichten. Eine zusätzliche Erhöhung des Aufbaus über einer gerissenen Fahrbahnoberfläche ist selten eine dauerhafte Lösung und in der höhengebundenen Sanierung meist nicht möglich; Daher bietet sich der Einsatz von Geokunststoffen zur Asphaltverstärkung an. Dabei wird der Altbestand in geringer Stärke abgefräst und eine spezielle Asphalteinlage unter der bzw. den neuen Schicht(en) eingebaut. In der Regel werden diese Produkte in einer bestimmten Menge („Vorspritzmenge“) und entsprechenden Qualität von reinem Bitumen bzw. bituminöser Emulsion verlegt. Dadurch entsteht ein System, das in der Lage ist, die Reflexionsrissbildung zu verzögern oder vollständig zu verhindern (Aspahlt Interlayer System- Asphalteinlagensysteme).

Die ÖNORM EN 15381 definiert, dass geosynthetische Asphalteinlagensysteme in Fahrbahndecken eine oder mehrere der drei folgenden Funktionen erfüllen:

- Spannungs-Abbau- Stress Relief (STR)
- Abdichtung- Barrier (B)
- Bewehrung- Reinforcement (R)

Neben anderen Dokumenten ist die EN 15381 das wohl wichtigste, das diese funktionale Systematik definiert. Die österreichische RVS 08.16.02 beschreibt die Anforderungen zur Erfüllung der Funktionen Abdichtung und Spannungsabbau hinreichend genau. Die Bewehrungsfunktion allerdings ist insbesondere in Bezug auf die Auswirkungen des Ermüdungsverhaltens von Interesse, jedoch in den existierenden Richtlinien kaum verankert. Unzureichendes Ermüdungsverhalten ist einer der häufigsten Gründe für Rissbildung in Straßen. Zur Analyse der Rissausbreitung existieren verschiedene Tests, die Spannungen oder Verschiebungen simulieren, die durch den Verkehr und die thermische Belastung verursacht werden.

In diesem Beitrag wird die Prüfung sowohl bewehrter als auch unbewehrter Proben anhand konventioneller Ermüdungsversuche beschrieben. Das Hauptziel dieser Arbeit besteht darin, die Auswirkungen von Asphalteinlagensystemen, welche in entsprechende Prüfkörper möglichst wirklichkeitsnahe eingebaut sind, auf die Verzögerung bzw. Verhinderung von Reflexionsrissen in Asphaltüberbauungen zu bewerten. Dazu wurden Dreipunktbiegeermüdungstests (Three-Point-Bending-Beam-Fatigue-Tests, TPBFT) durchgeführt. Um verschiedene Arten von Materialien zu analysieren, wurden 2 Arten von Produkten verglichen, die häufig bei der Straßensanierung zum Einsatz kommen.

2. VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

2.1 Untersuchte Materialien

Asphalteinlagen sind in vielen verschiedenen Formen erhältlich und werden aus unterschiedlichen Rohstoffen (Glas, Polymere, Basalt, Kohlenstoff und Stahl) hergestellt. Folgende Produkttypen werden häufig verwendet (jeweils in Kombination mit bituminösem Bindemittel als Vorspritzmittel):

FIg. 1 Vliesstoff

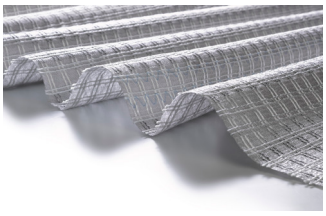

FIg. 2 Verbundstoff

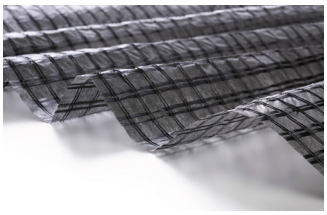

FIg. 3 Gitter mit Verlegehilfe

» Mechanisch verfestigte Vliesstoffe, meist aus Polypropylen-Endlofaser, selten finden sich Vliesstoffe aus Polyester und Glasfaser. Diese Produkte werden verwendet, um die Funktionen des Spannungsabbaus (STR) und der Abdichtung (B) zu erfüllen. Ein Schlüsselmerkmal dieser Produkte ist eine ausreichende Bitumenspeicherkapazität.

» Verbundstoffe, typischerweise eine Kombination aus den zuvor erwähnten Vliesstoffen mit zugfesten Polymer- oder Glasgittern, die durch Laminieren oder Nähen kombiniert werden. Diese Verbundstoffe sind so konzipiert, dass sie mehrere Funktionen erfüllen. Bei entsprechender Auslegung, können alle 3 Funktionen STR, B und B in einem Produkt sichergestellt werden.

» Gitterstrukturen, in der Regel aus Multifilament-Glasfasergarnen, die normalerweise durch polymere Beschichtungen geschützt sind. Andere Arten von Gittern werden aus polymeren Materialien oder Stahl hergestellt. Für Stahl wird typisch verzinkter Stahldraht verwendet. Alle diese Produkte sind ausschließlich dazu bestimmt, die Funktion der Bewehrung (R) zu erfüllen. Einige dieser Gitter-Produkte verfügen über ein sehr dünnes, leichtes Vlies, das integriert ist, um die Installation zu erleichtern und eine bessere Fixierung in vorgespritzten Bitumen zu ermöglichen („Verlegehilfe“). Diese sehr leichten Vlies-Strukturen weisen jedoch nur geringe Speicherkapazität für Bitumen auf, daher werden sie nicht als abdichtende oder spannungsabbauende Schichten betrachtet.

2.2 Versuchskonfiguration

In einem Laborversuch wird die wiederkehrende Belastung simuliert, welcher die Asphaltschichten ausgesetzt sind. Die beschriebenen Ermüdungsversuche zur Eintragung der dynamischen Biegespannung bituminöser Gemische werden gemäß EN 12697-24 Anhang C durchgeführt. Dieser Ermüdungstest bietet die Möglichkeit, die Langzeitbeständigkeit einer Asphaltbetonprobe und die sukzessive Abnahme der Tragfähigkeit infolge dynamischer zyklischer Belastungen zu messen.

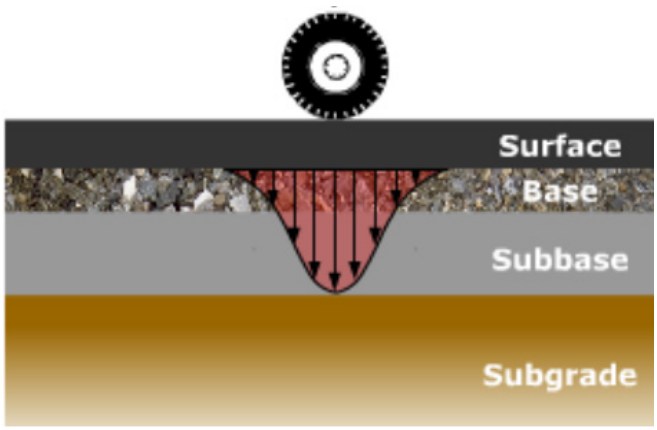

Fig. 4 Belastungssystem (vereinfacht)

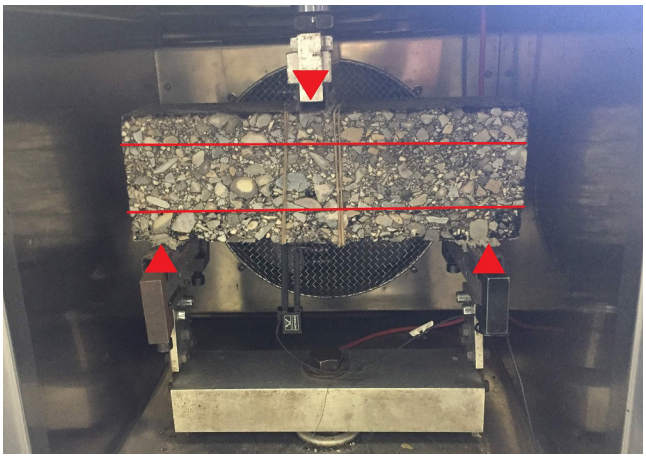

Fig. 5 3-Punkt Biegebalken

Der Testaufbau wird durch einen Dreipunkt-Biegetest an quaderförmigen Proben definiert, die an ihren Enden gelagert sind und in der Mitte fixiert werden. In Balkenmitte wird eine Verschiebung durcheine sinusförmigen Laständerung eingeprägt. Die Tests werden unter herkömmlichen Randbedingungen bei 20 °C und 10 Hz durchgeführt.

Der Versuch liefert die anfängliche maximale Verformung in Probenmitte, welche mittels Extensometer gemessen wurde. Das Ermüdungsversagen wird durch die Anzahl der Zyklen definiert, die notwendig sind, um die Biege-Steifigkeit des Prüfstücks zu halbieren – auf einen Prozentsatz von 50% seines Ausgangswertes. Das Ermüdungsgesetz für die Verformung wird anhand der Durchführung von zehn Einzelprüfungen definiert.

Ein weiteres entscheidendes Ergebnis ist der Wert e6, der als jene Verformung definiert ist, für das Ermüdungsversagen nach einer Million Zyklen auftritt.

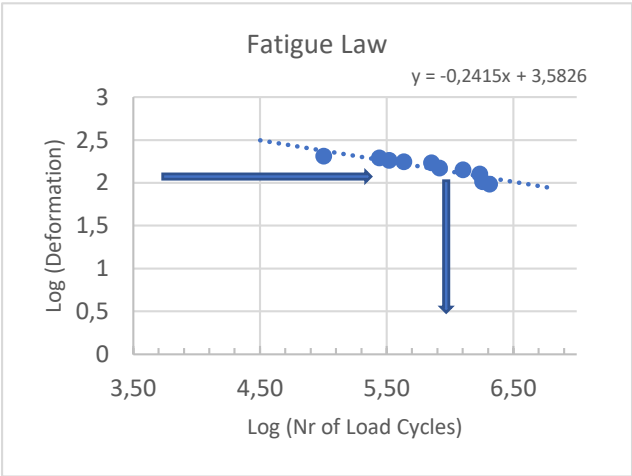

Fig 6 Prinzip der Auswertung von Ermüdungsversuchen

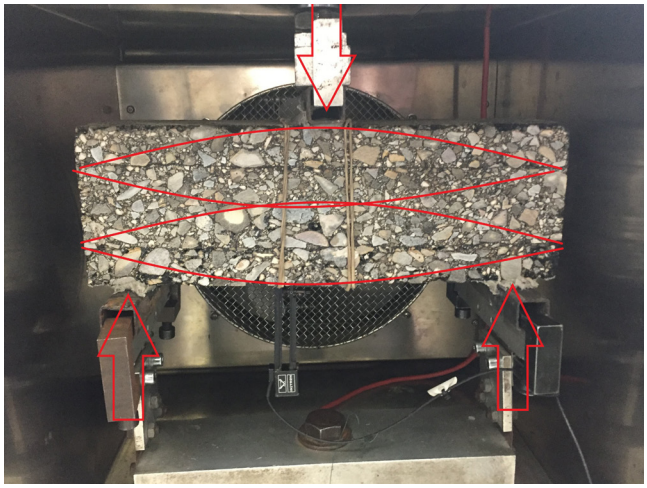

Fig 7 Last- und Verformungsprinzip

Fraktion	Anteil %
Kalksand 0/6	23,5
Quarzsand 0/6	23,5
Kies 6/12	36
Kies 12/18	17

Tab 1 Zusammensetzung der Gesteinskörnungen

2.3 Verwendetes Mischgut und Asphalteinlagen

Für den Asphalt wurde ein gängiges Deckschichtmaterial AC16deck mit herkömmlichen Eigenschaften verwendet, die für eine Standard-Deckschicht zum Einsatz kommen. Der optimale Bindemittelgehalt wurde mit 4,5% ermittelt. Als Bindemittel kam ein Straßenbaubitumen B35/50 mit einer Penetration von 40 nach EN 1426:15 und einem Erweichungspunkt Ring/Kugel von < 80°C nach EN 1427:15 zum Einsatz.

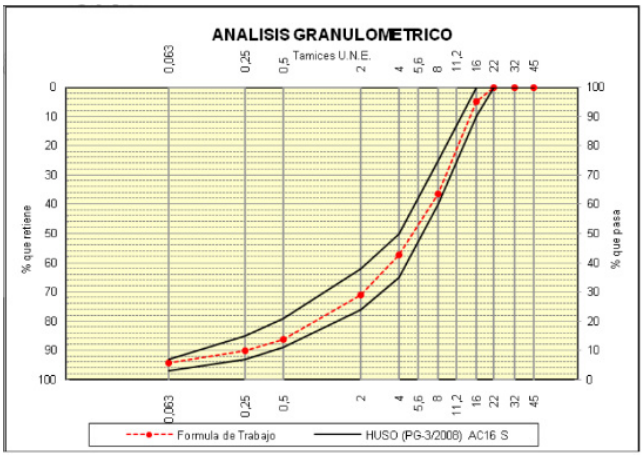

Fig 8 Kornverteilungskurve des Mischguts

Die folgenden Asphalteinlagen wurden im Zuge dieses Prüfprogramms getestet:

Eigenschaft	Prüfnorm	PGM G 100/100	PGL G 100/100
Höchstzugkraft (lä./qu.)	EN ISO 10319	100/100 kN/m	100/100 kN/m
Höchstzugkraftdehngun (lä./qu.)	EN ISO 10319	3/3 %	3/3 %
Dynamischer Durchschlagversuch	EN ISO 13433	30	k.A.
Stempeldurchdrückkraft	EN ISO 12236	1300	
Langzeitbeständigkeit	EN 14030	pH > 9	
UV Beständigkeit	EN 12224	bestanden	bestanden
Bitumen Rückhaltvermögen	EN 15381 / Anx C	1,1	
Schmelzpunkt	EN ISO 3146	>400° C (Glas)	>400° C (Glas)
Vlieskomponente	-	PP Endlosfaser	Leichtvlies (Verlegehilfe)

Tab. 2: Beschreibung der Asphalteinlagen

2.4 Versuchsablauf

Um im Labormaßstab den Querschnitt eines bituminösen Fahrbahnaufbaus möglichst wirklichkeitsnahe zu simulieren, wurden die Probekörper nach dem folgenden Verfahren hergestellt:

1. Zunächst wird die Raumdichte an der Marshall-Probe bestimmt. Dazu wird das Mischgut mit dem Planetenmischer mit einem wärmeisolierten Tank hergestellt.
2. Die entsprechende Menge der bituminösen Mischung Typ AC 16S wird gewogen, um die entsprechende Menge für eine erste Schicht von 25 mm Stärke am Probekörper zu erhalten. Die Verdichtungstemperatur beträgt 150-155°C. Die eingebaute Mischung wird langsam auf 55-65°C abgekühlt. Als Vorspritzmittel wird mittels einer Bürste 350 g/m2 bzw. 850 g/m2 effektives Bindemittel der Bitumenemulsion vom Typ C60BP3 aufgebracht. Anschließend wird die Asphalteinlage platziert und die zweite Schicht der gleichen Emulsion in einer Menge von 350 g/m2 bzw. 850 g/m2 effektives Bindemittel aufgetragen.
3. Die Menge der bituminösen Mischung Typ AC 16S wird gewogen, um eine zweite Schicht von 50 mm zu erhalten. Die Verdichtungstemperatur beträgt 150-155°C. Die Mischung kann auf 55-65°C abkühlen. Die Bitumenemulsion wird dann mit einer Bürste aufgebracht, wobei die einzelnen Mengen und Schritte genau wie unter Pkt. 2 angeführt durchgeführt werden. Die Asphalteinlage wird platziert bevor die zweite Teilmenge der Emulsion aufgebracht wird.
4. Schließlich wird die Menge der AC 16S Typ bituminöse Mischung gewogen, um eine dritte Schicht von 25mm Dicke zu erhalten und analog den zuvor beschriebenen Vorgangsweise einzubauen.

Die Verdichtung erfolgt mittels Walzsektorverdichter in einem stabilen Stahlblechgehäuse von einem programmgesteuerten Walzsegment, das mit einem Servomotor angetrieben wird. Aus der so erhaltenen Platte werden die einzelnen Biegebalken geschnitten.

3. PRÜFERGEBNISSE

Die Versuche wurden jeweils für eine Kontrollprobe (ohne Asphalteinlage) und für zwei verschiedene Bewehrungs-Produkte-PGL-G und PGM G- wie in Abschnitt 2.3 beschriebendurchgeführt:

Die Ergebnisse sind in der folgenden Grafik aufgeführt.:

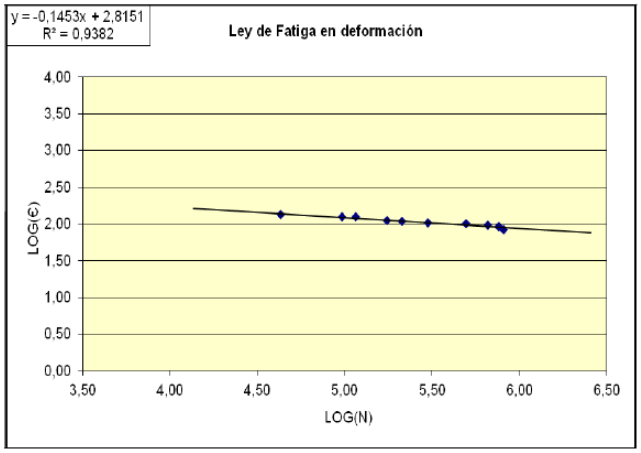

Fig.9 Ermüdungskurve ohne Asphalteinlage

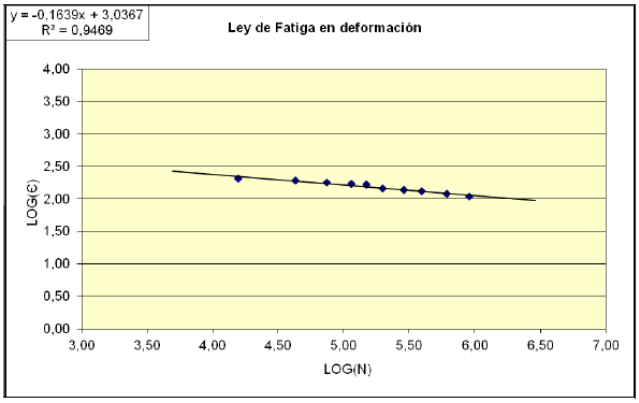

Fig. 10 Ermüdungskurve für PGL-G

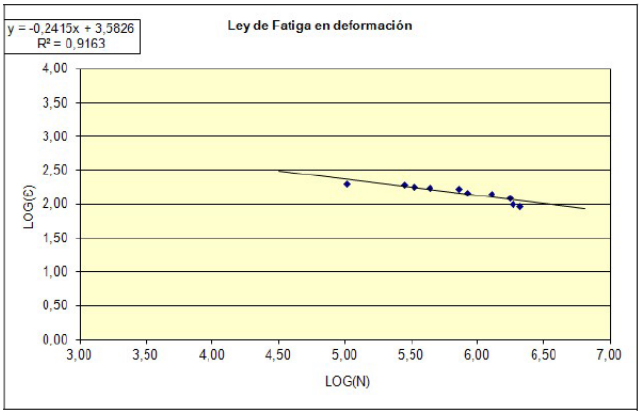

Fig.11 Ermüdungskurve für PGM-G

Die vergleichende Analyse der Ergebnisse zeigt eine deutliche Zunahme der zulässigen Lastzyklen für die festgelegten Dehnungs-Begrenzungen. Mit anderen Worten, bei einem Ermüdungsversagen, das durch eine bestimmten Anzahl von Lastzyklen definiert wird, ist die entsprechende Dehnung höher; Das bedeutet, dass eine höhere Bruchenergie erforderlich ist und ein duktileres Materialverhalten beobachtet werden kann. Tabelle 3 zeigt den Vergleich der drei Testkonfigurationen für eine bestimmte Dehnung von 0,01% (100 „microdeformations“ oder „microstrain“).

	unbewehrt	PGL G	PGM G 100/100
Lastwechselzahl für eine Verformung von 0,01% (100 Microstrain e)	407 167	2 114 454	3 574 449

Tab. 3 Vergleich der Lastwechselzahl für verschiedene Versuchskonfigurationen

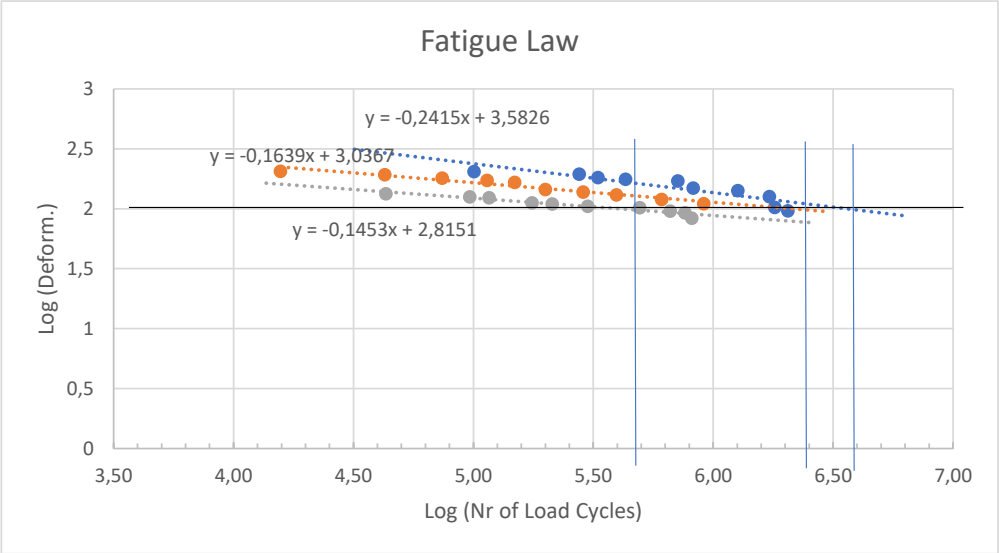

Fig. 12 Graphischer Vergleich der Ergebnisse (grau: ohne Asphalteinlage / rot: Gitter mit Verleghilfe / blau: multifunktionaler Verbundstoff)

Die erhaltenen Ergebnisse können als eine signifikante Erhöhung der Lebensdauer einer Asphalt-Überbauung für das gleiche Niveau der Verformungen interpretiert werden.

Anhand der durchgeführten Dreipunkt-Biegebalkenversuche konnte nachgewiesen werden, dass eine deutliche Verlängerung der Lebensdauer durch den Einsatz entsprechender Asphalteinlagensysteme erreicht wird.

4. SCHLUSSFOLGERUNGEN UND AUSBLICK

Aus den Ergebnissen dieser Studie kann der Schluss gezogen werden, dass der Einsatz der beschriebenen Asphalteinlage in der gegebenen Systemkonfiguration die verfügbare Belastungsdauer bis zum Bruch erheblich verlängert. Die Versuche können als Erhöhung der Lebensdauer um einen Faktor von 3- 5 bezogen auf die Anzahl der Lastzyklen interpretiert werden. Je nach Art und Erhaltungszustand des Schichtaufbaus könnte diese Zahl sogar noch übertroffen werden.

Unter Berücksichtigung der Daten kann gefolgert werden, dass für reine festgelegte Dehnung (e6-Wert =100) die Anzahl der Lastwechsel um den Faktor 5 (für PGL G) bzw. sogar um den Faktor 8 (für PGM-G) erhöht wird. Das heißt, dass das Verbundmaterial aus Vlies und Glasfasergewebe für die Erhöhung der Lebensdauer ein um den Faktor 1,6 besseres Ergebnis liefert.

LITERATURHINWEISE:

[1] ÖNORM EN 15381 Geotextiles and geotextile-related products – Characteristics required for use in pavements and asphalt overlays; 2008

[2] RVS 08.16.02 Anwendung von Asphaltvlies. FSV, Wien; Dezember 2015, Mannsbart G.; Asphalt Interlayer Systems – Their Application and their Specification; Eurogeo6, 6th European Geosynthetics Congress (Istanbul), Ljubljana 2016

[3] Vismara S., Fiori F., Molenar A., Poot; Response of geosynthetic embedded in asphalt pavements to cyclic loadings to failure; 5th European Geosynthetics Congress, Valencia 2012

[4] Tschegg, E., Jamek, M., Lugmayr, R., (2011) Fatigue Crack Growth in Asphalt and Asphalt Interfaces, Engineering fracture mechanics journal, Vol. 78;

[5] EN 12697-24 EN 12697-24 Bituminous mixtures- Test Methods. Part 24 Resistance to Fatigue; 2019

[6] Mannsbart, G.; Geokunststoffe- Seit 45 Jahren im Straßenbau erfolgreich; GESTRATA Journal, Folge 153 Juli 2018;