

Repräsentative Ermittlung der performance-relevanten Asphalteeigenschaften als Grundlage neuer Vertragsbedingungen

FA 7.253

Forschungsstellen: Karlsruher Institut für Technologie (KIT),
Institut für Straßen- und Eisenbahnwesen
(ISE) (Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. R. Roos)

Hansa-Nord-Labor Ingenieur- und Prüfge-
sellschaft mbH, Pinneberg

Technische Universität München, Cent-
rum Baustoffe und Materialprüfung, MPA
BAU (Lt. Akad. Dir. Dr.-Ing. T. Wörner)

Bearbeiter: Roos, R. / Wörner, T. / Hase, M. /
Schindler, K. / Grafmüller, H. /
Plachkova-Dzhurova, P. / Schrö-
ter, A. / Milch, J. / Zumsande, B. /
Kazakova, C. / Patzak, T.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau und
Stadtentwicklung, Bonn

Abschluss: August 2015

1 Einführung

Im Rahmen der europäisch harmonisierten Asphaltspezifikation wurden Prüfverfahren eingeführt, die eine Bewertung der Performance von Asphalt im Labor ermöglichen. Zur Ansprache des Gebrauchsverhaltens stehen Prüfverfahren zur Verfügung, die in Teilen der DIN EN 12697 "Asphalt – Prüfverfahren für Heißasphalt" beschrieben werden:

- DIN EN 12697-24 "Beständigkeit gegen Ermüdung",
- DIN EN 12697-25 "Druck-Schwellversuch",
- DIN EN 12697-26 "Steifigkeit",
- DIN EN 12697-46 "Widerstand gegen Kälterisse und Tieftemperaturverhalten bei einachsigen Zugversuchen",
- DIN EN 12697-49 "Messung der Griffigkeit nach Polierung".

Für die oben genannten Prüfverfahren können im Labor hergestellte oder aus Bohrkernen gewonnene Probekörper verwendet werden. Des Weiteren kann das Asphaltmischgut für die im Labor hergestellten Probekörper entweder ebenfalls im Labor oder großtechnisch in einer Asphaltmischanlage produziert werden.

Über mögliche Unterschiede und Veränderungen des Gebrauchsverhaltens von im Labor hergestellten Asphalten bis hin zu der in situ eingebauten Asphaltenschicht gibt es keine fundierten Kenntnisse. Es kann bisher keine Aussage über daraus resultierende Auswirkungen auf die Ergebnisse der rechnerischen Dimensionierung und auch nicht auf die Reproduzierbarkeit der mittels Performance-Prüfverfahren bestimmten Kennwerte im Rahmen der Qualitätssicherung getroffen werden.

2 Ziel des Forschungsvorhabens

Ziel des Forschungsvorhabens war es, Grundlagen für Vertragsbedingungen, die auf Performance-Prüfungen aufbauen, zu schaffen. Hierzu wurden Performance-Kennwerte in den Phasen der Asphaltmischgutkonzeption (Erstprüfung), der Asphaltmischgutproduktion und nach dem Asphalteinbau für die Asphaltdeck-, Asphaltbinder- und Asphalttragschicht anhand von insgesamt 21 Baumaßnahmen systematisch erfasst und ausgewertet. Darauf basierend konnten Grundlagen für Anforderungen an die Performance (Steifigkeit, Widerstand gegen Kälterissbildung, Ermüdungs- und Verformungswiderstand, Griffigkeitsentwicklung) für diese Phasen definiert werden, aus denen später vertragliche Regelungen für performancebasierte Verträge abgeleitet werden können. Neben diesen labortechnischen Untersuchungen wurden an drei Untersuchungsstrecken ergänzend in situ die Griffigkeit und die Tragfähigkeit analysiert und bewertet.

Die ermittelten Kennwerte dienen als Grundlage für eine Datenbank, aus welcher der "Nullzustand" einer Straße abgelesen werden kann. Zudem bietet sich die Möglichkeit für Vergleiche mit weiteren Untersuchungen im Verlauf der Nutzungsdauer.

Die systematisch erfassten Performance-Kennwerte flossen in die rechnerische Dimensionierung ein, durch die eine zielgenaue Dimensionierung der Straße unter Berücksichtigung der Aspekte des wirtschaftlich und technisch optimierten Bauens sowie der Nachhaltigkeit ermöglicht wird.

3 Untersuchungsmethodik

Um mögliche Veränderungen der Performance-Kennwerte des Asphalts beziehungsweise des Bindemittels während des Mischprozesses, dem Transport und dem Einbau berücksichtigen zu können, wurde jede Untersuchungsstrecke in drei Phasen beprobt (Bild 1).

Die Phase 1 (EP) repräsentiert die Asphaltmischgutkonzeption. Dafür erfolgte im Rahmen des Forschungsprojekts ein "Nachfahren" der Erstprüfung. In dieser Phase erfolgten auch Untersuchungen an dem verwendeten Bindemittel im Anlieferungszustand (AL).

Die Phase 2 (MW) untersucht die großtechnische Asphaltmischgutproduktion. Hierfür wurde das an der Asphaltmischanlage produzierte Asphaltmischgut während des Einbaus entnommen.

Die Phase 3 (BK) kennzeichnet die fertig eingebaute Asphaltenschicht. Hierfür wurden Bohrkern mit unterschiedlichen Durchmessern an den Stellen entnommen, an denen das Asphaltmischgut für die Untersuchungen in Phase 2 eingebaut wurde.

In Tabelle 1 ist das Untersuchungsprogramm dargestellt. Daraus ist die Zuordnung der durchzuführenden Untersuchungen zu den drei Phasen Asphaltmischgutkonzeption (EP, AL), Asphaltmischgutproduktion (MW) und nach dem Asphaltmischguteinbau (BK) erkennbar. Es wurden jeweils konventionelle

Asphaltbauweisen

und performance-bezogene Bindemitteluntersuchungen sowie Untersuchungen der konventionellen als auch der Performance-Eigenschaften von Asphalt durchgeführt. Hierbei wurden unter anderem das Ermüdungs- und Tieftemperaturverhalten, die Steifigkeit, der Verformungswiderstand sowie die Griff-

figkeit untersucht und die Ergebnisse in eine Datenbank eingespeist.

An drei Untersuchungsstrecken erfolgten darüber hinaus Tragfähigkeitsmessungen mit dem Heavy Weight Deflectometer (HWD) und Griffigkeitsmessungen mit dem Seitenkraftmessverfahren (SKM).

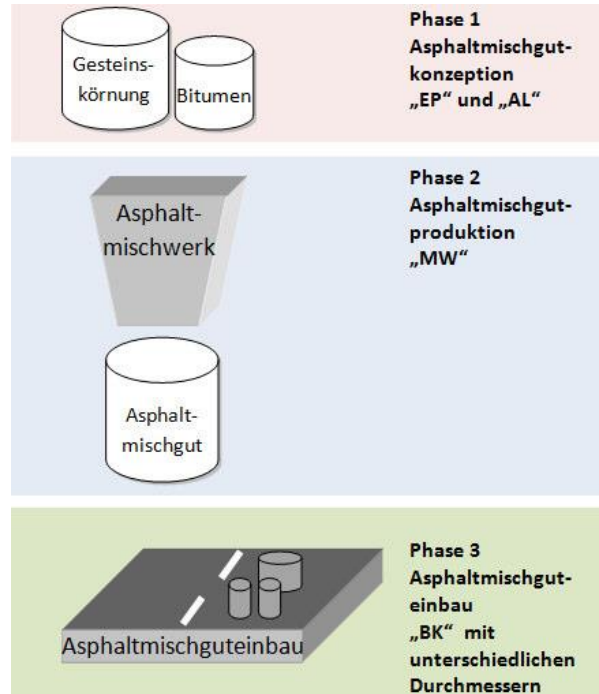


Bild 1: Untersuchungsphasen

Tabelle 1: Untersuchungsprogramm

		Asphaltmischgutkonzeption						Asphaltmischgutproduktion			Asphaltmischguteinbau		
		AL			EP			MW			BK		
		ADS	ABS	ATS	ADS	ABS	ATS	ADS	ABS	ATS	ADS	ABS	ATS
Untersuchungen an Bindemittelproben	Konventionelle Bindemitteluntersuchung	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Bindemitteluntersuchung im Dynamischen Scherrheometer	X	X	-	-	-	-	X	X	-	X	X	-
	Bindemitteluntersuchung im Bending Beam Rheometer	X	X	-	X	X	-	X	X	-	-	-	-
	Bestimmung der Kraftduktilität	X	X	-	X	X	-	X	X	-	-	-	-
Untersuchungen an Asphaltproben	Konventionelle Asphaltuntersuchungen	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Steifigkeit	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Ermüdung	-	-	-	-	X	X	-	X	X	-	X	X
	Kälteflexibilität – Abkühlversuch	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Kälteflexibilität – Einaxialer Zugversuch	-	-	-	X	-	-	X	-	-	X	-	-
	Verformungsverhalten	-	-	-	X	X	-	X	X	-	X	X	-
	Systemprüfung	-	-	-	X		-	-		-	X		-
	Griffigkeit	-	-	-	X	-	-	X	-	-	X	-	-

4 Untersuchungsergebnisse

Die Ergebnisse der Performance-Prüfungen der 21 Strecken in den drei Phasen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Die statistische Auswertung der Steifigkeitsmoduln zeigt, dass der Einfluss der einzelnen Phasen auf die Versuchsergebnisse praktisch vernachlässigbar ist. Bezüglich des Niveaus der einzelnen Asphaltarten und -sorten lässt sich Folgendes zusammenfassen:

- Die Steifigkeitsmoduln der Mischgutvarianten SMA 11 S sind tendenziell höher als die der Varianten SMA 8 S. Die an den Asphaltbetonvarianten AC 11 D S ermittelten Steifigkeitsmoduln liegen weitgehend in dem Bereich der an den SMA 11 S ermittelten Werten.
- Die Asphaltvarianten SMA 8 LA weisen im Mittel signifikant geringere Steifigkeitsmoduln auf als die dichten Asphaltvarianten.
- Der Steifigkeitsmodul der Gussasphaltvariante MA 5 S ist nicht signifikant höher als jene der dichten Walzasphaltvarianten.
- Die an den Asphaltbinderschichtvarianten AC 22 B S ermittelten Steifigkeitsmoduln sind im Mittel höher als die an den AC 16 B S ermittelten Werte.
- Die Varianten mit Splittmastixbinder weisen vergleichbar hohe Steifigkeitsmoduln auf wie die Asphaltbinderschichtvarianten mit Asphaltbeton-Konzept.
- Tendenziell sind die an den Asphaltmischgutsorten AC 32 T S ermittelten Steifigkeitsmoduln höher als jene an den AC 22 T S ermittelten Werte.

Um einen Vergleich der verschiedenen Asphaltvarianten bezüglich des Ermüdungsverhaltens zu ermöglichen, wurde unter Anwendung der jeweiligen Ermüdungsfunktion die ertragbare Lastwechselzahl für eine Dehnung von $\epsilon = 0,1 \text{ ‰}$ berechnet. Es ist zu erkennen, dass der Unterschied der Werte zwischen den verschiedenen Phasen nicht systematisch ist. Die Lastwechselzahl wird praktisch nicht von den Phasen beeinflusst. Der statistische Fehler (nicht erklärbare Einflüsse) ist mit Werten von bis zu 50 % als groß zu bewerten.

Die Asphalttragschichtvarianten mit einem Größtkorndurchmesser von 22 mm können bei einer Dehnung von $0,1 \text{ ‰}$ tendenziell höhere Lastwechselzahlen im Vergleich zu den Asphalttragschichtvarianten AC 32 T S ertragen. Allerdings überschneiden sich die Wertebereiche zum Teil. Bei den Asphaltbindervarianten liegen im Mittel die ertragbaren Lastwechselzahlen der Varianten AC 16 B S ebenfalls tendenziell höher als bei den Varianten AC 22 B S (Bild 2). Die mittleren ertragbaren Lastwechselzahlen des SMA 16 B S liegen höher als bei den konventionellen Asphaltbindern.

Hinsichtlich der Kälteflexibilität lässt sich zusammenfassen, dass sich die Einflüsse aus den Phasen für die verschiedenen Asphaltmischgutarten und -sorten unterschiedlich darstellen. Eine Gegenüberstellung der Phasen der unterschiedlichen Asphalte zeigt:

- Bei den Asphaltdeckschichtarten sind tendenziell nur geringe Unterschiede zwischen den Phasen zu verzeichnen und es treten teilweise große Spannweiten innerhalb der einzelnen Phasen auf. Phase EP er-

reicht in der Regel die höchsten Bruchtemperaturen. Bei analoger Betrachtung der Bruchspannungen ist erkennbar, dass in Phase BK die geringsten Spannungen aufgebaut werden.

- Mit Ausnahme der AC 16 B N deutet sich bei den Asphaltbindern, trotz der geringen Niveauunterschiede, eine ähnliche Reihung zwischen den Phasen an. Hierbei weist Phase EP die höchsten und Phase BK die niedrigsten Bruchtemperaturen auf. Ähnlich sieht es bei Betrachtung der Bruchspannungen aus.
- Bei Betrachtung der Bruchtemperaturen der Asphalttragschichten (AC 32 T S und AC 22 T S) ist eine deutliche Tendenz in der Reihung der Phasen zu erkennen. Phase EP weist bei beiden Asphaltmischgutsorten die höchsten und Phase BK die niedrigsten Bruchtemperaturen auf. Die Bruchspannungen liegen bei beiden auf einem ähnlichen Niveau und weisen große Spannweiten auf.
- Bei den Zugversuchen weisen die im Labor hergestellten Probekörper der Walzasphaltdeckschichten (Phasen EP und MW) bei allen Prüftemperaturen höhere Zugfestigkeiten auf als die Probekörper aus der fertigen Schicht (Phase BK). Diese Tendenzen sind bei den zugehörigen Bruchdehnungen jedoch nicht zu verzeichnen. Hierbei stellen sich je nach Asphalt und Prüftemperatur unterschiedliche Reihungen ein.

Für die gängigen Walzasphalte der Asphaltdeck- und Asphaltbinderschichten lässt sich zusammenfassen, dass sich der in den Phasen EP und MW ermittelte Widerstand gegen bleibende Verformungen signifikant von dem in Phase BK unterscheidet. Sowohl bei den Asphaltdeckschichtvarianten als auch bei den Asphaltbinderschichtvarianten ist deutlich zu erkennen, dass Probekörper aus der fertigen Schicht (Phase BK) tendenziell höhere Dehnungsraten aufweisen als im Labor hergestellte, aus walzsegmentverdichteten Platten herausgebohrte Probekörper (Phasen EP und MW).

Ein Einfluss der Phase auf die Ergebnisse der Endgriffigkeiten konnte nicht festgestellt werden.

Die für die drei Phasen der einzelnen Strecken errechneten Restnutzungsdauern zeigen sehr unterschiedliche Ergebnisse (Bild 3). Auch wenn im Wesentlichen die Ergebnisse der konventionellen Asphaltkontrollprüfungen die Anforderungen der ZTV Asphalt erfüllen, ist nicht sicher gestellt, dass Nutzungsdauern von mindestens 30 Jahren zielsicher erreicht werden können.

Mithilfe multipler linearer Regressionsanalysen konnte ein möglicher Weg zur Abschätzung von Performance-Kenngrößen für die Phase BK aus Werten der Phase EP aufgezeigt werden. Diese Vorgehensweise ermöglicht es, Anforderungswerte für Performance-Kenngrößen für die Phase BK vorab (in der Phase EP) zu definieren. Mit dieser Kenntnis können auch vertragliche Anforderungswerte für die fertige Schicht (Phase BK) definiert werden.

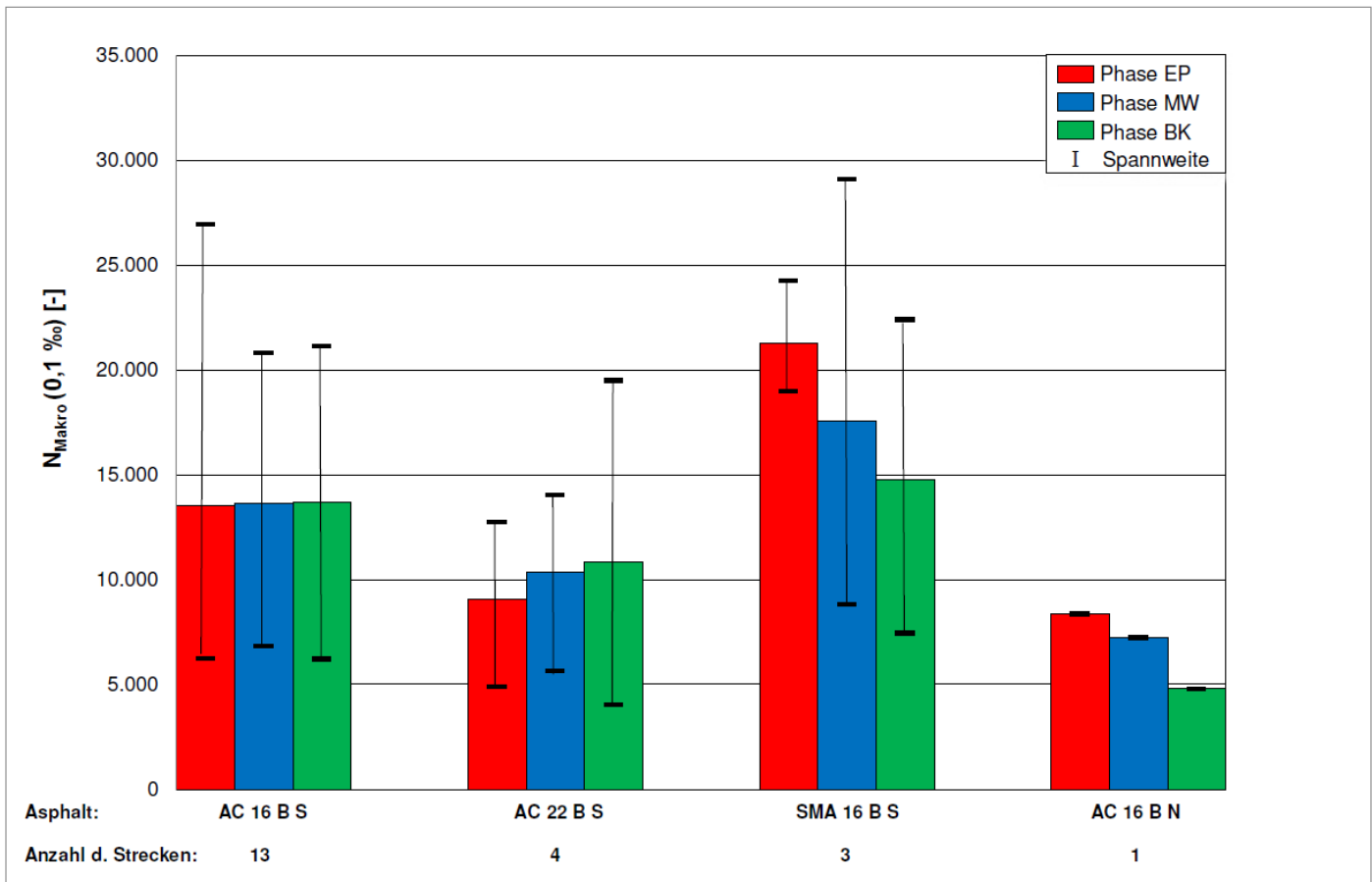


Bild 2: Beispiel für die grafische Darstellung der Mittelwerte und Spannweiten der Untersuchungsergebnisse der Ermüdungsversuche; hier: Asphaltbinderschichten gruppiert nach Asphalten – Ertragbare Lastwechselzahl bei einer Dehnung von 0,1 ‰

Hinsichtlich der Kälteflexibilität lässt sich zusammenfassen, dass sich die Einflüsse aus den Phasen für die verschiedenen Asphaltmischgutarten und -sorten unterschiedlich darstellen. Eine Gegenüberstellung der Phasen der unterschiedlichen Asphalte zeigt:

- Bei den Asphaltdeckschichtarten sind tendenziell nur geringe Unterschiede zwischen den Phasen zu verzeichnen und es treten teilweise große Spannweiten innerhalb der einzelnen Phasen auf. Phase EP erreicht in der Regel die höchsten Bruchtemperaturen. Bei analoger Betrachtung der Bruchspannungen ist erkennbar, dass in Phase BK die geringsten Spannungen aufgebaut werden.
- Mit Ausnahme der AC 16 B N deutet sich bei den Asphaltbindern, trotz der geringen Niveauunterschiede, eine ähnliche Reihung zwischen den Phasen an. Hierbei weist Phase EP die höchsten und Phase BK die niedrigsten Bruchtemperaturen auf. Ähnlich sieht es bei Betrachtung der Bruchspannungen aus.
- Bei Betrachtung der Bruchtemperaturen der Asphalttragschichten (AC 32 T S und AC 22 T S) ist eine deutliche Tendenz in der Reihung der Phasen zu erkennen. Phase EP weist bei beiden Asphaltmischgutsorten die höchsten und Phase BK die niedrigsten Bruchtemperaturen auf. Die Bruchspannungen liegen

bei beiden auf einem ähnlichen Niveau und weisen große Spannweiten auf.

- Bei den Zugversuchen weisen die im Labor hergestellten Probekörper der Walzasphaltdeckschichten (Phasen EP und MW) bei allen Prüftemperaturen höhere Zugfestigkeiten auf als die Probekörper aus der fertigen Schicht (Phase BK). Diese Tendenzen sind bei den zugehörigen Bruchdehnungen jedoch nicht zu verzeichnen. Hierbei stellen sich je nach Asphalt und Prüftemperatur unterschiedliche Reihungen ein.

Für die gängigen Walzasphalte der Asphaltdeck- und Asphaltbinderschichten lässt sich zusammenfassen, dass sich der in den Phasen EP und MW ermittelte Widerstand gegen bleibende Verformungen signifikant von dem in Phase BK unterscheidet. Sowohl bei den Asphaltdeckschichtvarianten als auch bei den Asphaltbinderschichtvarianten ist deutlich zu erkennen, dass Probekörper aus der fertigen Schicht (Phase BK) tendenziell höhere Dehnungsraten aufweisen als im Labor hergestellte, aus walzsegmentverdichteten Platten herausgebohrte Probekörper (Phasen EP und MW).

Ein Einfluss der Phase auf die Ergebnisse der Endgriffigkeiten konnte nicht festgestellt werden.

Die für die drei Phasen der einzelnen Strecken errechneten Restnutzungsdauern zeigen sehr unterschiedliche Ergebnisse (Bild 3). Auch wenn im Wesentlichen die Ergebnisse der kon-

ventionellen Asphaltkontrollprüfungen die Anforderungen der ZTV Asphalt erfüllen, ist nicht sicher gestellt, dass Nutzungsdauern von mindestens 30 Jahren zielsicher erreicht werden können.

Mithilfe multipler linearer Regressionsanalysen konnte ein möglicher Weg zur Abschätzung von Performance-Kenngrößen für

die Phase BK aus Werten der Phase EP aufgezeigt werden. Diese Vorgehensweise ermöglicht es, Anforderungswerte für Performance-Kenngrößen für die Phase BK vorab (in der Phase EP) zu definieren. Mit dieser Kenntnis können auch vertragliche Anforderungswerte für die fertige Schicht (Phase BK) definiert werden.

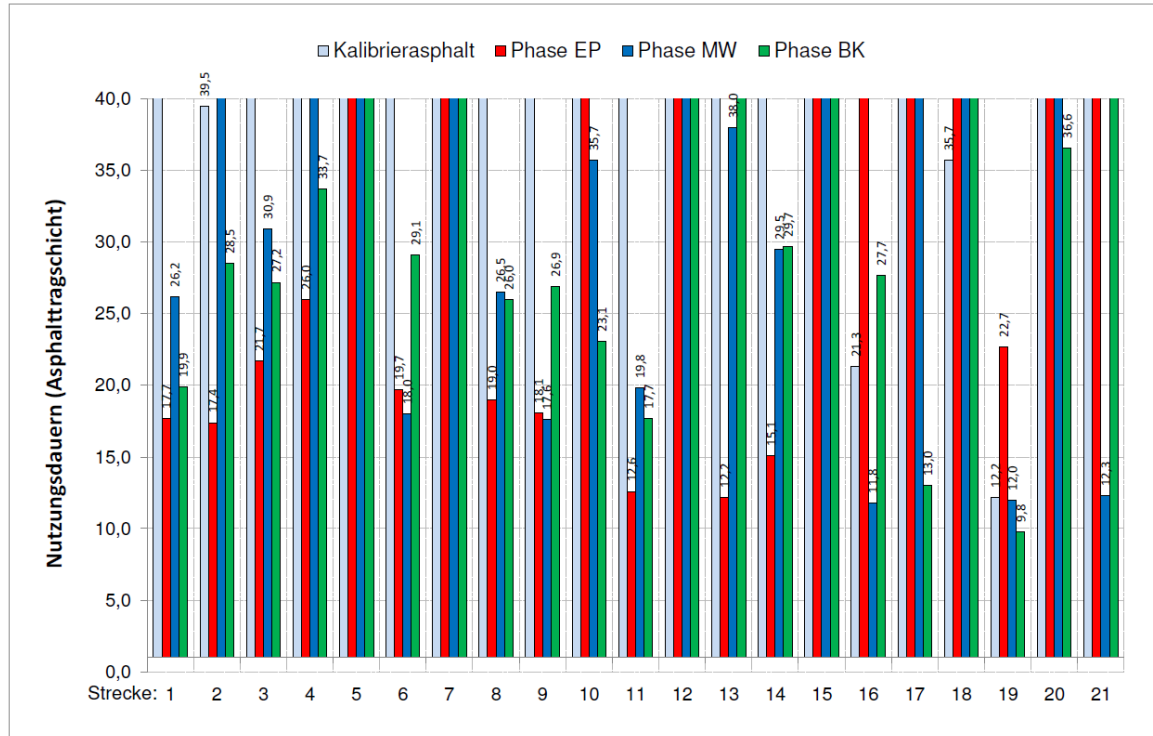


Bild 3: Errechnete Restnutzungsdauern der 21 Untersuchungsstrecken im Vergleich zum Kalibrierasphalt

Trotz der beschriebenen Einschränkungen konnten die so ermittelten Performance-Kenngrößen der Phase EP der 21 Untersuchungsstrecken in Kategorien in Anlehnung der prEN 13108 eingeordnet werden. Aufgrund der Zahlenwerte wurden einige Ergänzungen der Tabellen der entsprechenden Normen vorgeschlagen:

- Der Spaltzug-Schwellversuch soll als mögliches Prüfverfahren zur Bestimmung der Steifigkeit aufgenommen werden und weitere Kategorien sind zu ergänzen.
- Die Ergänzung der Mindest-Lastwechselzahl als weitere Eigenschaft zur Beschreibung des Ermüdungswiderstands ist erforderlich. Auch an dieser Stelle muss der Spaltzug-Schwellversuch als Prüfverfahren in den entsprechenden Normen verankert werden.
- Die neu in den prEN 13108-Teilen ergänzten Kategorien bezüglich der maximal zulässigen Bruchtemperaturen erlauben eine differenzierte Einteilung der Asphaltvarianten anhand der Ergebnisse des Abkühlversuchs.
- Der Druck-Schwellversuch kann für eine Kategorisierung des Verformungswiderstands eingesetzt werden, da die ermittelten Dehnungsraten der untersuchten Asphaltvarianten in ihrer Größenordnung gut den in den prEN 13108-Teilen bereits enthaltenen Kategoriegrenzen entspricht.

Die Unterschiede zwischen den Performance-Kenngrößen der drei Phasen und vor allem der Ermüdungsversuche spiegeln sich in den abgeschätzten Nutzungsdauern wider. Für die Modifikation des Sicherheitskonzepts für die rechnerische Dimensionierung wurden zwei Ansätze vorgestellt – durch Anpassung des Kalibrierasphalts und durch Berücksichtigung von möglichen Unterschieden der dimensionierungsrelevanten Asphalteeigenschaften des konzipierten Asphaltmischguts (Phase EP) und des ausgeführten Asphalts (Phasen MW, BK).

5 Ausblick

Durch die zahlreichen Untersuchungen im vorliegenden Forschungsvorhaben konnte ein umfassendes Datenkollektiv gesammelt werden, sodass Grundlagen für die Bestimmung von vertragsrelevanten Performance-Kennwerten geschaffen werden konnten. Anhand der Auswertungen und der statistischen Analyse der Ergebnisse konnte gezeigt werden, dass die Daten zum Teil große Spannweiten aufweisen und allgemeingültige, statistisch abgesicherte Aussagen zunächst nicht begründet werden können. Deshalb ist es wichtig, dass durch Untersuchungen weiterer Strecken die Datenbank mit zusätzlichen Daten ergänzt wird. Zudem sollten die im Projekt untersuchten Strecken einer weiteren Beobachtung unterzogen werden, um die Veränderungen der ermittelten Eigenschaften sowie den Prozess der Alterung erfassen zu können, sodass eine Validierung des Dimensionierungsverfahrens erfolgen kann.

Des Weiteren ist zu überlegen, wie die Kennwerte der Kalibrierasphalte an die Verhältnisse in der Praxis anzupassen sind, da sie, aufgrund der Größe und Lage ihrer Werte, stark von den im Rahmen dieses und bereits abgeschlossener Forschungsvorhaben untersuchten Asphalten abweichen.

Ein wichtiger Punkt in den anzustellenden Überlegungen ist auch die Verbesserung der Präzision der Performance-Prüfverfahren. Diese Daten liegen derzeit nicht für alle eingesetzten Prüfverfahren vor; Anforderungswerte können aber nur definiert werden, wenn auf Präzisionsdaten zurückgegriffen werden kann. Zur Ermittlung der Präzisionsdaten sind umfangreiche Ringversuche durchzuführen. Der zeitliche Aufwand für die Prüfstellen bei der Teilnahme an derartigen Ringversuchen ist enorm. Es ist zu empfehlen, im Vorfeld der Durchführung von Ringversuchen ein Geräteaudit vorzunehmen, damit die Vergleichbarkeit der eingesetzten Prüfgeräte und deren exakte Arbeitsweise dokumentiert werden können.

Um die bisher nicht erklärbaren Einflüsse (statistischer Fehler) zu reduzieren, sind zudem Regelungen für Audits und die Kalibrierung der Prüfanlagen zu treffen sowie Schulungsprogramme für das Bedien- und Auswertepersonal aufzustellen.

In einem weiteren Schritt ist ein Bewertungshintergrund für die Performance-Prüfungen zu schaffen, auf dessen Grundlage Anforderungsbereiche ermittelt werden können. Der Bewertungshintergrund muss hierbei den Querschnitt der in Deutschland eingesetzten Asphalte umfassen. Nur so können die Auswirkungen unterschiedlicher Gesteinskörnungen und Bindemittel sowie unterschiedlicher klimatischer Einflüsse auf die Asphaltkonzeption berücksichtigt werden. Der zu schaffende Bewertungshintergrund sollte dabei sowohl die im Rahmen der Erstprüfung als auch die an der fertigen Schicht ermittelten Kennwerte beinhalten, da die Prüfungen in diesen zwei Phasen nicht zwangsläufig zu gleichen Ergebnissen führen müssen.

Erst nach Vorliegen der Präzisionsdaten und des Bewertungshintergrunds können Anforderungen an die einzelnen performance-relevanten Kennwerte festgelegt werden, da die Einteilung von Klassen beziehungsweise die Klassenbreiten sowohl von den Präzisionsdaten als auch von den Erfahrungswerten abhängig ist.

Bei der Aufstellung von Anforderungswerten sollten neben den Materialparametern auch Randbedingungen wie die Verkehrsbelastung und klimatische Gegebenheiten berücksichtigt werden. Die aktuellen Auswertungen zeigen, dass bei vielen Strecken die eingesetzten Asphalte nicht optimal konzipiert waren, sodass in Phase EP die abgeschätzte Nutzungsdauer zum Teil weit unter den angestrebten 30 Jahren liegt. Die Ergebnisse in den anderen zwei Phasen sind ebenfalls kritisch zu betrachten. Mit vergleichbaren Asphalten ergeben sich jedoch bei geringer belasteten Strecken längere Nutzungsdauern. Daraus ist zu folgern, dass Anforderungswerte auch für Kategorien von Straßen getrennt aufgestellt werden sollten. Zu diesem Zweck können weitere Auswertungen mit dem hier erarbeiteten Datenkollektiv gemacht werden, indem Materialkennwerte konstant gehalten und die Beanspruchungen aus Verkehr und Klima variiert werden. Gleichzeitig ist es wichtig, den Einfluss der einzelnen Performance-Kenngrößen auf die Restnutzungsdauer genauer zu beschreiben und zu quantifizieren, um die zulässigen Abweichungen der Versuchsergebnisse von den Soll-

Werten festlegen zu können. Aus diesen Berechnungen ergeben sich Bandbreiten, in welchen sich zum Beispiel die Ermüdungsfunktion oder die Steifigkeitsmodul-Temperaturfunktion bewegen dürfen.

Aus diesen zusätzlichen Auswertungen kann ein Katalog entstehen, mit dem sich in Abhängigkeit von der Verkehrsbelastung und den klimatischen Randbedingungen verschiedene Anforderungen an die Asphaltmischgutarten und somit verschiedene "Modellasphalte" definieren lassen.

Die für die drei Phasen EP, MW und BK ermittelten dimensionierungsrelevanten Eigenschaften Steifigkeitsmodul und Ermüdungswiderstand, die größtenteils nicht durch die drei Phasen erklärt werden können, weisen dennoch zum Teil signifikante Unterschiede auf, die die Ergebnisse der Dimensionierungsrechnungen beeinflussen. Wenn die dimensionierungsrelevanten Materialeigenschaften vertraglich verankert sind, müssen sie auch im Rahmen von Kontrollprüfungen ermittelt werden. Hier gilt es Regelungen zu finden, mit denen der erforderliche Prüfumfang eventuell reduziert werden kann (zum Beispiel Überprüfung der Steifigkeit nur bei einer Temperatur).