Rechnerische Dimensionierung als Basis für ganzheitliche, nachhaltige Asphaltbefestigungen

Im Sinne der Nachhaltigkeit ist die Asphaltbauweise der Betonbauweise in vielen Punkten überlegen. Gründe hierfür sind die vollständige Wiederverwendbarkeit des Baustoffs Asphalt und der sehr hohe Energieaufwand bei der, für den Beton erforderlichen, Zementherstellung. Dabei stellen der Grad der Wiederverwendung und in noch größerem Maße die Dauerhaftigkeit der Asphaltstraßen wichtige Stellschrauben für die Reduktion des CO_2-Fußabdrucks im Asphaltstraßenbau dar (Zander, 2024). Vor diesem Hintergrund ist es in jedem Fall lohnenswert ein besonderes Augenmerk auf diese Aspekte bereits bei der Planung von zukünftigen Maßnahmen des Neubaus, der Erhaltung oder der Erneuerung zu legen. Mit den RDO Asphalt 09/24 (FGSV, 2024b) steht im Katalog des FGSV-Regelwerks ein Werkzeug zur Verfügung, welches geeignet ist, bereits im Vorfeld einer Baumaßnahme die vorgesehenen Asphalte und das Oberbaukonzept so zu optimieren, dass mit einem minimalen Verbrauch an Ressourcen eine maximale Dauerhaftigkeit erzielt werden kann. Neben dem Straßenbau können die RDO Asphalt 09/24 auch für die Optimierung von Flächenbefestigungen für Hafen-, Logistik- und Industrieflächenbefestigungen verwendet werden, die so genau auf die vorgesehene Nutzung zugeschnitten werden können. Die derzeit noch häufig vorliegende Überdimensionierung der Flächen kann so verhindert und der Verbrauch an Ressourcen auf das erforderliche Mindestmaß reduziert werden. Die RDO Asphalt 09/24 sind somit geeignet, die CO_2-Emissionen in der Lebenszeitbetrachtung einer Asphaltbefestigung deutlich zu reduzieren und können damit immens zur Nachhaltigkeit der Bauweise beitragen. Die mittlerweile vorliegenden Erfahrungen aus 15 Jahren Anwendung seit der Einführung der RDO Asphalt 09 bieten hierfür eine umfangreiche Grundlage, sodass einer breiten Anwendung der rechnerischen Dimensionierung nichts mehr im Wege steht.

doi.org/10.53184/STA3-2025-2

1 Einleitung

Verkehrsflächenbefestigungen aus Asphalt werden überwiegend nach den RStO 12/24 (FGSV, 2024c) geplant, die auf Erfahrungswerten aus mittlerweile mehreren Jahrzehnten beruhen und für definierte Belastungsklassen und Konzepte für den Aufbau der Schichten unterhalb der Asphaltbefestigung verschiedene Empfehlungen für die Dicken der einzelnen Asphaltschichten geben. Diese Grundlage ermöglicht eine relativ einfache und schnelle Abschätzung der erforderlichen Schichtdicken. Sofern die Verkehrsbeanspruchungen nicht deutlich größer sind als in der Planung angenommen, lassen sich mit den Schichtdicken nach den RStO 12/24 Asphaltbefestigungen herstellen, die für einen Nutzungszeitraum von mindestens 30 Jahren geeignet sind.

Aufgrund des zunehmenden Schwerverkehrs auf Bundesautobahnen wird jedoch häufig eine dimensionierungsrelevante Beanspruchung von B = 100 Mio. äquivalenten 10-t-Achsübergängen überschritten, die die obere Grenze der Belastungsklasse Bk100 nach den RStO 12/24 darstellt. Dies hat zur Folge, dass auch der zugrunde liegende Erfahrungshintergrund verlassen wird. Verkehrsflächenbefestigungen mit einer dimensionierungsrelevanten Beanspruchung von mehr als 100 Mio. äquivalenten 10-t-Achsübergängen sollten daher nach den RDO Asphalt 09/24 rechnerisch dimensioniert werden. In der Praxis erfolgt dies jedoch bisher nur in wenigen Ausnahmefällen, da viele Planer und Ingenieurbüros mit der Anwendung der rechnerischen Dimensionierung nicht vertraut sind. Häufig funktionieren die Konzepte nach den RStO 12/24 dennoch, da diese ein großes Vorhaltemaß enthalten und moderne Asphaltmischgutkonzepte ein besseres Ermüdungsverhalten aufweisen als die zugrunde liegenden Asphalte. Eine belegbare Grundlage hierzu gibt es allerdings nicht und ein ggf. vorhandenes Optimierungspotential wird nicht genutzt.

Ein weiterer Bedarf für die Anwendung der RDO Asphalt 09/24 ergibt sich für die Konzeption von Flächenbefestigungen aus Asphalt für Hafen-, Logistik- und Industrieflächen. Hier besteht derzeit ein Vakuum im Technischen Regelwerk, da lediglich für die Betonbauweise mit dem M VAB, Teil 3 (FGSV, 2018a) einheitliche Regelungen für entsprechende Flächen definiert wurden. Hieraus resultiert, dass die Asphaltbefestigungen auch für diese Anwendungsfälle nach den RStO 12/24 dimensioniert werden und aus diesem Grund häufig deutlich zu dick ausgebildet sind.

Die rechnerische Dimensionierung wird insbesondere durch den Erstautor bereits seit 15 Jahren, also seit dem Erscheinen der RDO Asphalt 09, die im Jahr 2024 durch die RDO Asphalt 09/24 fortgeschrieben wurden, regelmäßig für verschiedenste Projekte im Bereich der Bundesautobahnen, Bundesstraßen sowie Hafen,- Logistik- und Industrieflächenbefestigungen konsequent angewendet. Durch die inzwischen langjährige Anwendung der RDO Asphalt konnte mittlerweile eine sehr umfangreiche Datenbank mit Steifigkeits- und Ermüdungskennwerten aufgebaut werden, die unterschiedlichste Asphaltzusammensetzungen aus vielen Regionen Deutschlands bis hin zu den derzeit modernsten Rezepturen für höchste Bean-

■ Verfasser

Dipl.-Ing. Volker Schäfer
info@schaefer-consult.com

Tobias Di Turi, M. Sc.

Schäfer Consult
Ulmenstraße 42
26135 Oldenburg

In terms of sustainability, asphalt pavements are superior to concrete pavements in many aspects. The reasons for this are the complete reusability of asphalt as a construction material and the very high energy input required for cement production, which is necessary for concrete. The degree of reuse and, to an even greater extent, the durability of asphalt roads are important factors in reducing the CO_2 footprint of asphalt road construction (Zander, 2024). With this in mind, it is definitely worth paying particular attention to these aspects when planning future measures for new construction, maintenance or renewal. With the RDO Asphalt 09/24 (FGSV, 2024b) a tool is available in the catalogue of FGSV regulations that is suitable for optimizing asphalt and superstructure concepts in advance of a construction project with the aim for maximum durability by a minimum consumption of resources. In addition to road construction, RDO Asphalt 09/24 can also be used to optimize pavements for port, logistics and industrial areas, allowing them to be tailored precisely to the intended use. This prevents the currently still frequent over dimensioning of asphalt pavements and reduces the consumption of resources. RDO Asphalt 09/24 is therefore suitable for significantly reducing CO_2 emissions over the lifetime of an asphalt pavement and can therefore make an immense contribution to the sustainability of asphalt paving. The experience gained from 15 years of application since the introduction of RDO Asphalt 09 provides a comprehensive basis for this, so there are no obstacles against a broad application of the calculated dimensioning.

spruchungen enthält. Bereits 2017 konnten durch Schäfer & Rosauer umfangreiche Erkenntnisse, die im vorangegangenen Zeitraum gesammelt wurde am Beispiel der BAB 14 zwischen der AS Löbejün und Altmödewitz präsentiert werden (Schäfer & Rosauer, 2017). Dabei wurden auch die Zusammenhänge zwischen der Zusammensetzung des Asphaltmischguts und den Ergebnissen der rechnerischen Dimensionierung aufgezeigt. Insbesondere sind ein erhöhter Bindemittelgehalt und ein geringerer Hohlraumgehalt geeignet, die Ermüdungsbeständigkeit deutlich zu erhöhen. Vor diesem Hintergrund geht die Entwicklung der Asphalttechnologie in den letzten Jahren hin zu deutlich dichteren, dauerhafteren Schichten, wie sich auch im Vergleich von Bohrkernaufnahmen eindeutig belegen lässt (Bild 1).

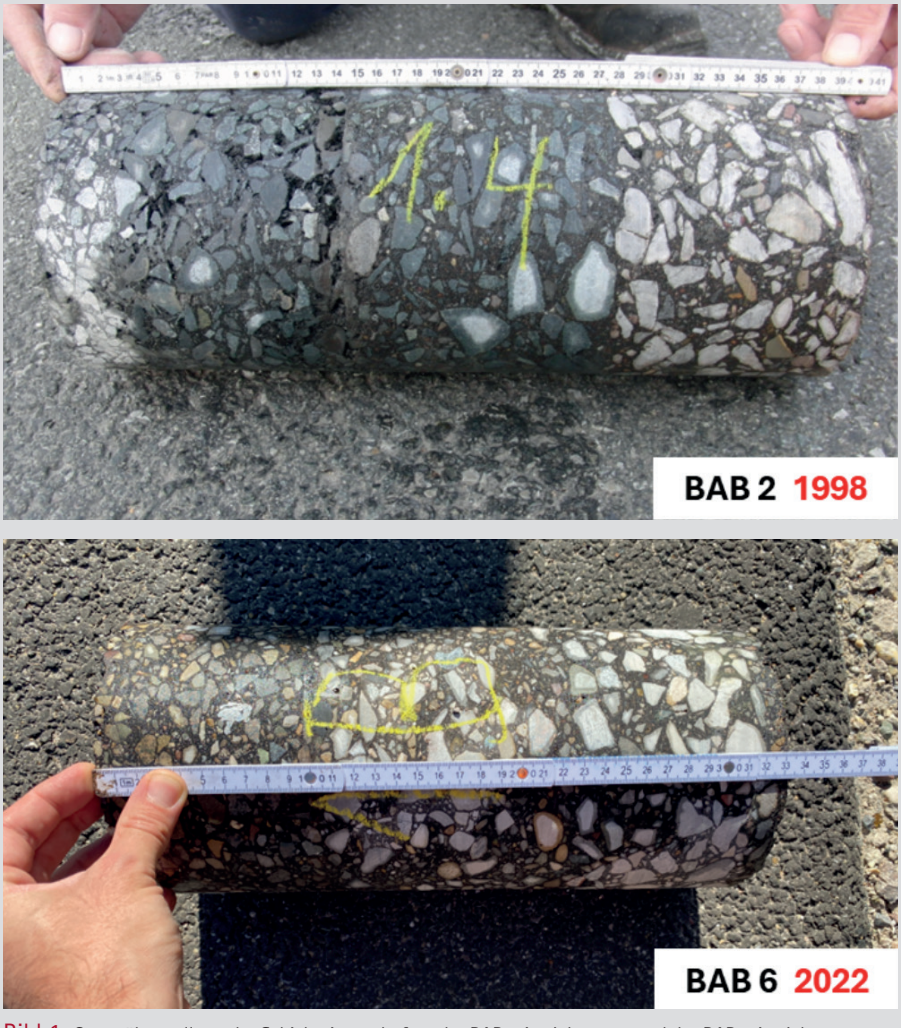


Bild 1: Gegenüberstellung der Schichteigenschaften der BAB 2 im Jahr 1998 und der BAB 6 im Jahr 2022

Seither sind weitere umfangreiche Praxiserfahrungen gesammelt worden. Der Erfolg der Methode zeigt sich daran, dass noch auf keiner der durch die Autoren rechnerisch dimensionierten Flächen eine vorzeitige Ermüdungsrissbildung festgestellt wurde. Durch die Definition entsprechender Anforderungen an das Asphaltmischgut und die baupraktische Umsetzung kann dabei sichergestellt werden, dass geeignete Asphalte in der erforderlichen Qualität eingebaut werden, um die Ergebnisse der rechnerischen Dimensionierung auch mit den ermittelten Steifigkeits- und Ermüdungseigenschaften an Bohrkernen aus der fertigen Schicht zu verifizieren.

In den folgenden Abschnitten soll das Prinzip der rechnerischen Dimensionierung in einer komprimierten Form präsentiert werden. Im Anschluss wird das Vorgehen anhand von zwei Beispielen präsentiert, um das Verfahren verständlich darzustellen.

2 Grundprinzip der rechnerischen Dimensionierung

Die rechnerische Dimensionierung einer Verkehrsflächenbefestigung beruht auf der Hypothese nach Miner (1945), die besagt, dass bei jedem Lastwechsel eine Teilschädigung der Asphaltschichten auftritt, die sich so lange akkumuliert, bis es zu einer Materialermüdung, also dem Versagen kommt. Zudem wird angenommen, dass diese Teilschädigung an der Unterseite der Asphalttragschicht auftritt, da durch die Verformung beim Achsübergang Zugspannungen genau dort auftreten. Der Spannungsverlauf erfolgt dabei analog zu einem belasteten Biegebalken (Bild 2). (Miner, 1945)

Diese einzelnen Teilschädigungen der As-

phalttragschicht summieren sich über die Nutzungszeit auf, bis es zu einer initialen Bildung eines Ermüdungsrisses kommt. Dieser Zeitpunkt ist neben den auftretenden Verkehrsbeanspruchungen auch abhängig von den Temperaturverteilungen, die in der Asphaltbefestigung auftreten. Nach den RDO Asphalt 09/24 können anhand der Achslastverteilungen und der charakteristischen Temperaturprofile insgesamt 4.056 verschiedene Beanspruchungszustände in einer Asphaltbefestigung auftreten. Als Ergebnis der Berechnung ergibt sich ein Ermüdungsstatus, der den Anteil der im Nutzungszeitraum auftretenden Teilschädigungen an der Gesamtsumme der Teilschädigungen, die zum Versagen führen würde, in Prozent angibt. Zusätzlich zum Ermüdungsstatus der Asphaltbefestigung wird auch der Anteil des Kriteriums der maximalen Druckspannung für die darunterliegenden Schichten bestimmt. Beträgt dieser Anteil 100 % würden in den ungebundenen Schichten plastische Verformungen auftreten, die zu Schäden in der Asphaltbefestigung führen könnten.

3 Vorgehen bei der rechnerischen Dimensionierung

Bei der Erstellung eines geeigneten Oberbaukonzepts für den jeweiligen Anwendungszweck sollte als Ausgangsgröße zunächst von einem Schichtenaufbau nach den RStO 12/24, Tafel 1 ausgegangen werden. Bereits hierbei kann eine wichtige Entscheidung auf dem Weg zu einer nachhaltigen Verkehrsflächenbefestigung getroffen werden. Unter Berücksichtigung der regionalen Verfügbarkeit von Baustoffen ist es sinnvoll, die ungebundenen Schichten entsprechend abzustimmen, um bestenfalls den anstehenden Baugrund verwenden zu können und die Zulieferung weiterer Baustoffe auf ein Mindestmaß zu beschränken. Beispielsweise ist es von Vorteil, im Norden Deutschlands eine Bauweise zu wählen, bei der frostsichere Schichten aus enggestuften Sanden verwendet werden. Demgegenüber sind in Süddeutschland die Transportwege aus Steinbrüchen meist kurz, sodass hier auch Frostschutzschichten aus gebrochenen Baustoffgemischen eingesetzt werden können.

Aus dem gewählten Aufbau der ungebundenen Schichten ergeben sich dann entsprechend der jeweiligen Regelaufbauten nach den RStO 12/24, Tafel 1, die empirisch ermittelten Schichtdicken für die Asphaltschichten. Diese sollten dann entsprechend in das Tool zur rechnerischen Dimensionierung übertragen werden, um weitere Optimierungen vorzunehmen.

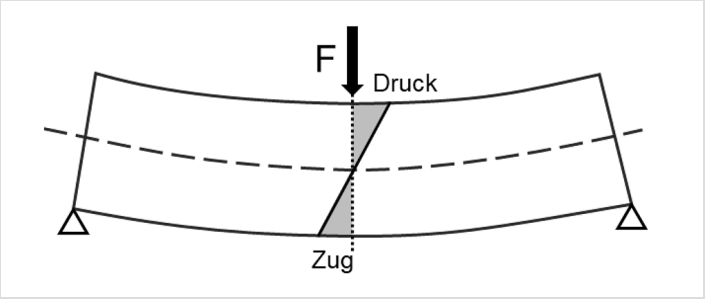


Bild 2: Spannungsverlauf eines Biegebalkens bei vollem Verbund der Schichten

3.1 Dimensionierungsrelevante Beanspruchung

Die Ermittlung der dimensionierungsrelevanten Beanspruchung von Straßen für die rechnerische Dimensionierung erfolgt üblicherweise nach dem AP EDS-1, Ausgabe 2022 (FGSV, 2022) und kann entweder anhand von Verkehrszähldaten oder von detaillierten Daten aus Achslastwägungen berechnet werden. Dieses Vorgehen ist für den normalen Straßenverkehr zweckmäßig.

Gerade bei Hafen-, Logistik- und Industrieflächen wird jedoch in vielen Fällen aufgrund des nahezu ausschließlich stattfindenden Lkw-Verkehrs gefühlsmäßig eine Belastungsklasse Bk10 oder sogar Bk32 angesetzt, um diesem hohen Anteil an Schwerverkehr gerecht zu werden. Bei einer differenzierteren Betrachtung der geplanten Betriebsabläufe kann jedoch meist herausgearbeitet werden, dass mit deutlich geringeren Verkehrsbeanspruchungen zu rechnen ist. Zudem tritt auf diesen Flächen überwiegend kein spurfahrender Verkehr auf, mit Ausnahme des Bereichs direkt vor etwaigen Laderampen. Diese Verteilung des Verkehrs spielt bei Hafenflächen eine umso größere Rolle, da hier Umschlagfahrzeuge betrieben werden, die im beladenen Zustand Achslasten von bis zu 100 t haben können. Bei Anwendung der etablierten Berechnungsmethode entstehen dann extrem hohe dimensionierungsrelevante Beanspruchungen, die gleichzeitig zu großen Dicken der Asphaltbefestigung führen. Auch hier ist jedoch zu berücksichtigen, dass sich die Beanspruchung auf einer großen Fläche verteilt, sodass die tatsächlich wirkende Verkehrsbeanspruchung auf einem Punkt der Asphalttragschicht wesentlich geringer zu bewerten ist.

Daher ist es unabdingbar, vor der Durchführung der rechnerischen Dimensionierung, insbesondere für Flächen mit Sondernutzung, eine genaue Betrachtung der vorgesehenen Nutzung und der räumlichen Gegebenheiten durchzuführen, um ein optimiertes Oberbaukonzept zu erstellen. Dabei können in vielen Fällen nicht unerhebliche Mengen an Asphalt eingespart werden, ohne dass es zu Einschränkungen in der Nutzungszeit kommt. Diese Erkenntnisse und Erfahrungen werden auch künftig in dem derzeit noch in der Bearbeitung befindlichen Merkblatt für Planung und Bau von Hafen-, Logistik- und Industrieflächenbefestigungen (M HLI) (FGSV, 2024a) abgebildet werden.

3.2 Materialkennwerte

Für die Berechnung des Ermüdungsstatus einer Asphaltbefestigung sind Materialparameter für die einzelnen Schichten erforderlich. Generell stehen hierzu in den RDO Asphalt 09/24, Anhang 4 die Vergleichswerte für die Kalibrierasphalte zur Verfügung, die zur Ermittlung der Anpassungsfaktoren genutzt werden. Diese entsprechen jedoch theoretischen Kennwerten und bilden nicht das Gebrauchsverhalten von realen Asphalten ab. Aus diesem Grund sind für die rechnerische Dimensionierung Materialkennwerte zu verwenden, die mit dem Spaltzug-Schwellversuch nach den TP Asphalt-StB, Teil 24 (FGSV, 2018b), bzw. den TP Asphalt-StB, Teil 26 (FGSV, 2018c) bestimmt werden. Für eine erste Abschätzung können hierbei Kennwerte verwendet werden, die von vergleichbaren Bauvorhaben, wenn möglich mit regionalem Bezug stammen. Hierbei sollte darauf geachtet werden, nicht die bestmöglichen Kennwerte zu verwenden, sondern ein Asphaltmischgut zu wählen, welches den Durchschnitt der bekannten Asphalte abbildet. Auf diese Art und Weise kann bereits im Vorfeld einer Baumaßnahme ein funktionales, rechnerisch dimensioniertes Oberbaukonzept erstellt werden.

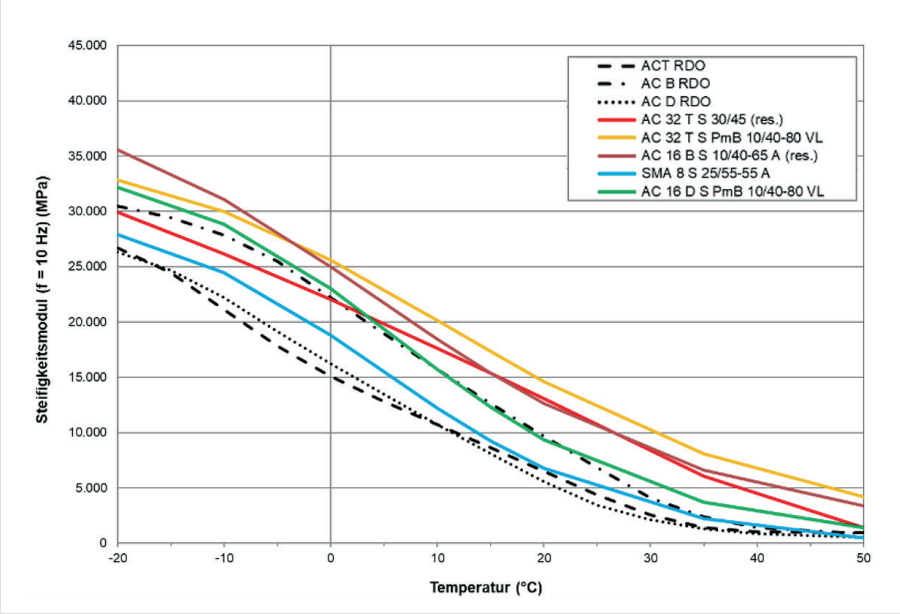


Bild 3: Steifigkeits-Temperaturfunktionen der Asphalte, die für die rechnerischen Dimensionierungen in den folgenden Abschnitten genutzt wurden

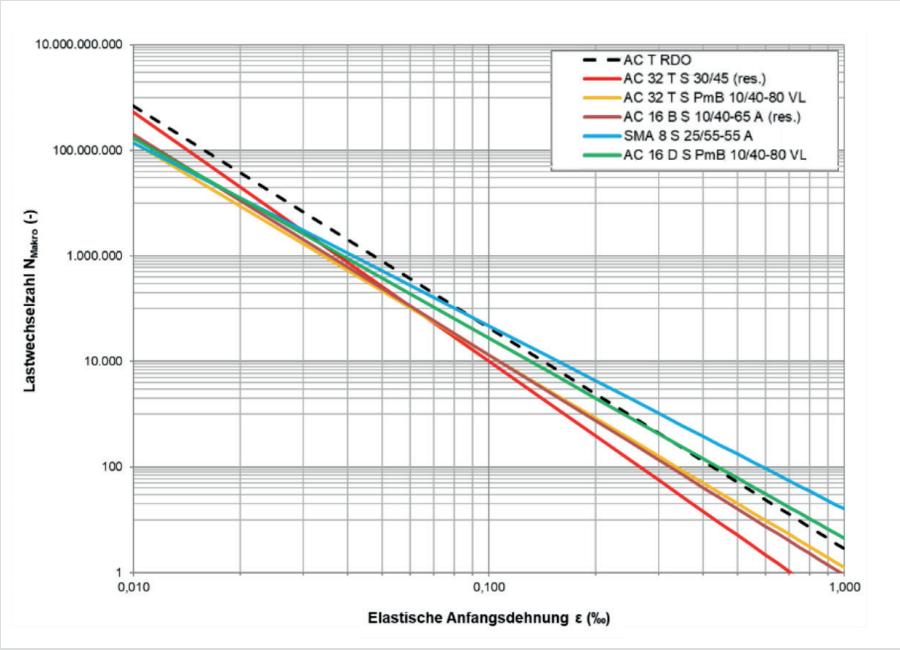


Bild 4: Ermüdungsfunktionen der Asphalte, die für die rechnerischen Dimensionierungen in den folgenden Abschnitten genutzt wurden

Gleichwohl sollten im Rahmen der Erstellung der Eignungsnachweise für die tatsächlich zur Verwendung vorgesehenen Asphalte erweiterte Untersuchungen durchgeführt werden, um das Gebrauchsverhalten zu bestimmen. Von besonderer Relevanz sind hierbei, wie vorstehend genannt, die Steifigkeits-Temperaturfunktion und die Ermüdungsfunktion sowie das Kälteverhalten. Sollten sich hierbei signifikante Abweichungen zu den angenommenen Materialkennwerten und hieraus ein Ermüdungsstatus von über 100 % ergeben, ist entweder eine Optimierung des Asphaltmischguts oder eine Anpassung des Oberbaukonzepts erforderlich.

3.3 Zielwerte

Die Schichtdicken der Asphaltbefestigung, die in der rechnerischen Dimensionierung bestimmt werden, sind Absolutwerte, sodass die Toleranzen der ZTV Asphalt StB 07/13 (FGSV, 2013) aufgrund der derzeit noch üblichen Bauvertragsgestaltung zwar gelten, jedoch beim vollständigen Ausnutzen in Bezug auf die Mindestschichtdicke zu eklatanten Abweichungen in den Ergebnissen der rechnerischen Dimensionierung führen. Daher ist es zwingend erforderlich, bei der Festlegung der Schichtdicken ein ausreichendes Vorhaltemaß vorzusehen, um die bautechnisch bedingten Schwankungen der Schichtdicke zu berücksichtigen. Als zweckmäßiges Vorgehen hat sich hier bewährt, einen zusätzlichen Rechengang durchzuführen, bei dem die Dicke der Asphalttragschicht um 2 cm reduziert wird. Um die Dicke des frostsicheren Oberbaus nicht zu ändern, erfolgt der Dickenausgleich in der untersten Lage der ungebundenen Schichten. Bei dieser Betrachtung sollte ein Ermüdungsstatus von etwa 75 % nicht überschritten werden. Die Erfahrung zeigt, dass hierdurch in der Regel sichergestellt wird, dass bei einer späteren Überprüfung der Ergebnisse der rechnerischen Dimensionierung mit Asphaltkennwerten aus den eingebauten Schichten ein Ermüdungsstatus von 100 % nicht überschritten wird.

4 Praxisbeispiele

Zur besseren Veranschaulichung des Vorgehens sollen im Folgenden zwei Beispiele dargestellt werden, die der Praxis entlehnt wurden. Dabei wird sowohl eine typische Autobahn als auch eine Spezialanwendung im Bereich der Industrieflächen dargestellt. Hiermit soll demonstriert werden, wie die RDO Asphalt 09/24 für die verschiedenen Anwendungsfälle genutzt werden können, um das bestgeeignete Oberbaukonzept zu entwickeln. Die präsentierten Ergebnisse stellen dabei jedoch keine allgemeingültige Empfehlung dar und sind nur unter den getroffenen Annahmen und den entsprechend angesetzten Materialkennwerten zutreffend. Die zur Berechnung angesetzten Asphalte wurden seinerzeit für die jeweilig vorherrschenden Beanspruchungen schon so zusammengesetzt, wie in der Fortschreibung der TL Asphalt-StB (FGSV, 2024d) vorgesehen, da diese verbesserte Zusammensetzung des Asphaltmischguts dazu geeignet ist, das Gebrauchsverhalten wesentlich zu verbessern. Die Steifigkeits-Temperaturfunktionen und die Ermüdungsfunktionen aller in den folgenden Berechnungen verwendeten Asphalte sind in den Bildern 3 und 4 dargestellt. Zum Vergleich sind auch die entsprechenden Funktionen der Kalibrierasphalte aus den RDO Asphalt 09/24 in den Diagrammen enthalten.

Dimensionierungsparameter	
DTV$^{(SV)}$	13.650 Kfz/24h
f_A	4,38
f_1	0,5
f_2	1,0
f_3	1,02
p_Z	0,02
Achslastkollektiv	BAB „Fern“
KiST-Zone	2

Tabelle 1: Angewendete Dimensionierungsparameter

Bild 5: Auch der Einfluss von baustellenbedingten Verkehrsführungen kann mit der rechnerischen Dimensionierung berücksichtigt werden (hier: 6+0-Verkehrsführung mit eingeschränkten Breiten der Fahrstreifen)

4.1 Beispiel Bundesautobahn

Im Bereich der Bundesautobahnen wurde für die Beispielrechnung ein Streckenabschnitt mit einer dimensionierungsrelevanten Beanspruchung von B = 150 Mio. äquivalenten 10-t-Achsübergängen in einem Nutzungszeitraum von 30 Jahren angenommen. Zudem wurde vorgesehen, die Asphaltschichten auf einer Schottertragschicht und einer Frostschutzschicht in Anlehnung an die RStO 12/24, Tafel 1, Zeile 3 herzustellen, sodass dies den Referenzaufbau für die Dimensionierungsberechnungen darstellt.

Dementsprechend wären eine Asphaltbefestigung mit einer Asphaltdecke in 12 cm Dicke, eine Asphalttragschicht in 18 cm Dicke und eine Schottertragschicht in einer Dicke von 15 cm vorzusehen, auf deren Oberfläche ein Verformungsmodul E_{V2} von mindestens 150 MPa zu erreichen ist. Unterhalb ist eine Frostschutzschicht anzuordnen, deren Verformungsmodul mindestens 120 MPa betragen muss. Hierfür ergibt sich eine Mindestdicke von 30 cm bei einem Verformungsmodul von 45 MPa auf dem Planum. Für diesen Aufbau kann aufgrund des langjährigen Erfahrungshintergrunds davon ausgegangen werden, dass mit üblichen Asphalten, die anforderungskonform eingebaut wurden, ein Nutzungszeitraum von 30 Jahren bei einer dimensionierungsrelevanten Beanspruchung von bis zu 100 Mio. äquivalenten 10-t-Achsübergängen sicher erreicht werden kann.

Die avisierten 150 Mio. äquivalenten 10-t-Achsübergänge für dieses Beispiel liegen 50 % höher als die obere Grenze der Bk100, sodass hier eine rechnerische Dimensionierung durchgeführt werden sollte. Die Parameter, die für das Erzielen dieser dimensionierungsrelevanten Beanspruchung angewendet wurden, sind in Tabelle 1 zusammenfassend dargestellt. In diesem Beispiel wurde davon ausgegangen, dass auf der neu hergestellten Asphaltbefestigung keine Baustellenverkehrsführung erfolgen wird. Dies ließe sich jedoch auch im Rahmen der rechnerischen Dimensionierung mit der Änderung des Fahrstreifen- und des Fahrstreifenbreitenfaktors berücksichtigen, sodass die erforderlichen Anpassungen vorgenommen werden können. In Bild 5 ist ein Beispiel für eine 6+0-Verkehrsführung auf einem rechnerisch dimensionierten Autobahnabschnitt dargestellt.

Wie in Abschnitt 4.1 beschrieben, stehen für die rechnerische Dimensionierung zunächst die Kalibrierasphalte zur Verfügung, die den Erfahrungshintergrund der RStO abbilden. Werden diese Materialkennwerte nun für die dimensionierungsrelevante Beanspruchung von B = 150 Mio. äquivalenten 10-t-Achsübergängen und den vorstehend beschriebenen Aufbau angesetzt, so wird plausiblerweise in der Asphalttragschicht ein Ermüdungsstatus von 173,53 % erreicht, sodass sich ein Nutzungszeitraum von nur etwa 19 Jahren ergibt. Um den Nutzungszeitraum von 30 Jahren sicher zu erreichen, wäre eine Anpassung der Dicke der Asphalttragschicht um 3 cm auf 21 cm erforderlich.

Um den tatsächlichen Entwicklungsstand der Asphalttechnologie hinreichend berücksichtigen zu können, sollten jedoch anstelle der Kalibrierasphalte, Materialkennwerte von Asphalten aus anderen Projekten angewendet werden, die das zu erwartende Gebrauchsverhalten widerspiegeln. In der hier durchgeführten rechnerischen Dimensionierung sind dies ein AC 32 T S mit einem resultierenden Straßenbaubitumen 30/45 und 60 M.-% Asphaltgranulat, ein Asphaltbinder AC 16 B S mit dem resultierenden polymermodifizierten Bitumen 10/40-65 A und 50 M.-% Asphaltgranulat und ein Splittmastixasphalt SMA 8 S mit dem polymermodifizierten Bitumen 25/55-55 A. Unter Anwendung der entsprechenden Materialkennwerte und dem vorstehend beschriebenen Aufbau nach den RStO 12/24, Tafel 1, Zeile 3 ergibt sich für einen Nutzungszeitraum von 30 Jahren und B = 150 Mio. äquivalente 10-t-Achsübergänge ein Ermüdungsstatus von lediglich 26,72 %, sodass hier ein Nutzungszeitraum von 69 Jahren erreicht wird. Dementsprechend ergibt sich hier sogar noch weiteres Optimierungspotenzial zur Einsparung von Asphaltmischgut.

Die Optimierung sollte hier nach dem bereits beschriebenen Prinzip erfolgen, bei dem festgelegt wird, dass bei einer Unterschreitung der Soll-Dicke der Asphaltbefestigung von 2 cm ein Ermüdungsstatus von 75 % nicht überschritten wird. Unter dieser Annahme ergibt sich die Möglichkeit, die Dicke der Asphalttragschicht um 2 cm auf 16 cm zu reduzieren, ohne den voraussichtlichen Nutzungszeitraum einzuschränken.

Als weitere Variante wurde der Einbau der Asphaltdeck- und Asphaltbinderschicht in Kompaktbauweise in den Vergleich aufge-

nommen. Es ist bekannt, dass durch die sehr guten Verdichtungseigenschaften des Kompaktasphalts eine sehr hohe Dauerhaftigkeit der so eingebauten Schichten erreicht werden kann, die vergleichbar mit Gussasphaltschichten ist. Zudem ist durch die geringere Dicke der Asphaltdeckschicht die Bildung von bleibenden Verformungen deutlich unwahrscheinlicher (Schäfer & Rosauer, 2007). Durch den gestaffelten Einbau können im InlinePave-Verfahren auch große Einbaubreiten realisiert werden, sodass ein Einbau ohne Mittelnaht ermöglicht wird (Bild 6).

Beim Einsatz von Kompaktasphalt hat sich bewährt, die Dicke der Asphaltdecke auf 10 cm zu reduzieren und die Dicke der Asphalttragschicht gleichermaßen zu erhöhen. Hierdurch lässt sich häufig eine höhere Wiederverwendungsquote erreichen, da im Asphalttragschichtmischgut größere Zugabemengen von Asphaltgranulat möglich sind. Gleichzeitig bietet dieses Vorgehen einen Vorteil bei späteren Erneuerungsmaßnahmen, da der Fräshorizont zumeist etwas unterhalb der Schichtgrenze von Asphaltbinder- zu Asphalttragschicht gewählt wird. Auch dann ist somit noch eine Einbaudicke der Asphaltdecke von 12 cm möglich. Das Ergebnis der rechnerischen Dimensionierung zeigt, dass dieses empirisch entwickelte Prinzip des Ausgleichs der Minderdicke der Asphaltdecke mit der Asphalttragschicht zu belegen ist, sodass sich hier ein Aufbau von 2 cm Asphaltdeck-, 8 cm Asphaltbinder-, und 18 cm Asphalttragschicht ergibt. Für einen Nutzungszeitraum von 30 Jahren wird hiermit ein Ermüdungsstaus von 38,20 % erreicht.

In Bild 7 sind die vorstehend beschriebenen Varianten der Asphaltbefestigung nochmals mit dem zugehörigen Ermüdungsstatus zum Vergleich gegenübergestellt.

Hieraus lässt sich klar erkennen, dass durch die konsequente Anwendung der RDO Asphalt 09/24 bei der Dimensionierung von Autobahnen einerseits sichergestellt werden kann, ob der Regelaufbau nach den RStO 12/24 überhaupt geeignet ist, um die zu erwartende Verkehrsbeanspruchung aufzunehmen und andererseits ein häufig vorhandenes Optimierungspotenzial auszuschöpfen.

Gerade im Hinblick auf die „Ewigkeitsstraße“ und den immer mehr vorherrschenden Nachhaltigkeitsgedanken kann es auch sinnvoll sein, längere Nutzungszeiträume als die üblicherweise angesetzten 30 Jahre zu betrachten. Auch hierfür ist die Anwendung der RDO Asphalt 09/24 bestens geeignet. Durch die Verlängerung des Nutzungszeitraums im oben vorgestellten Berechnungsbeispiel auf 50 Jahre, ergibt sich eine dimensionierungsrelevante Beanspruchung von B = 312,8 Mio. äquivalenten 10-t-Achsübergängen. Mit dieser Verkehrsbeanspruchung beträgt der Ermüdungsstatus für den vorstehend beschriebenen optimierten Aufbau in Kompaktbauweise 79,64 %, sodass dieser bei Einhaltung der Soll-Dicken auch prinzipiell geeignet wäre. Gleichwohl sollte auch hier bei einer Unterschreitung der Gesamtdicke von 2 cm ein Ermüdungsstatus von etwa 75 % nicht überschritten werden. Hieraus ergibt sich, dass die Dicke der Asphalttragschicht um 3 cm auf 21 cm erhöht werden muss. Nach dieser Anpassung wird bei einem Nutzungszeitraum von 50 Jahren ein Ermüdungsstatus von 44,80 % erreicht.

Diese Betrachtung zeigt, dass der Mehraufwand für eine erhebliche Verlängerung des Nutzungszeitraums, insbesondere gegenüber einem nicht weiter optimierten Aufbau, sehr gering ist, sodass mit modernen Asphaltmischgutkonzepten sehr dauerhafte Asphaltbefestigungen hergestellt werden können. Unter der Annahme, dass insgesamt die Dauerhaftigkeit den größten Einfluss auf den CO_2-Fußabdruck eines Straßenbauprojekts hat, sollte diese Nutzungszeitverlängerung also auf jeden Fall berücksichtigt werden.

Gleichzeitig sind die RDO Asphalt 09/24 prinzipiell auch dazu geeignet, eine Erfolgskontrolle nach der Herstellung der Asphaltbefestigung durchzuführen. Bewährt hat sich dabei, den Ermüdungsstatus an der dünnsten Stelle der Asphaltbefestigung im Hauptfahrstreifen zu berechnen. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Anpassungsfaktoren, die für die rechnerische Dimensionierung im Vorfeld der Baumaßnahme angewendet werden, auch die Unschärfe der Labormischung gegenüber dem großtechnisch hergestellten Asphaltmischgut berücksichtigen, die bei Ermittlung der Steifigkeits-Temperatur- und Ermüdungsfunktion an der fertigen Schicht so nicht mehr vorhanden ist. Aus diesem Grund ist eine Korrektur des Anpassungsfaktors erforderlich. Bewährt hat sich hierbei der Faktor von 1,43, um den der Anpassungsfaktor erhöht wird, also in diesem Beispiel für eine Asphaltbefestigung auf einer Schottertragschicht von 3.000 auf 4.920. Die Erfahrung zeigt, dass mit dieser Methode eine sehr gute Abschätzung des tatsächlichen Ermüdungsverhaltens möglich ist.

4.2 Beispiel Industrieflächenbefestigung

Wie bereits in der Einleitung erwähnt, können über die rechnerische Dimensionierung nach den RDO Asphalt 09/24 individuelle Lösungen für den Einsatz von Asphaltflächenbefestigungen auf Hafen-, Logistik- und Industrieflächen konzipiert werden. Dabei können die Besonderheiten der Beanspruchung auf diesen Flächen sehr exakt berücksichtigt werden, sodass eine Überdimensionierung, wie sie bisher häufig vorkommt, vermieden wird. Beispielsweise kann für Flächen mit überwiegend langsam fahrendem Verkehr zumeist auf die Asphaltbinderschicht verzichtet werden, da durch

Bild 6: Einbau einer kompakten Asphaltbefestigung im gestaffelten Einbau auf einer BAB

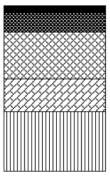
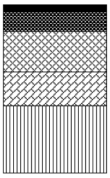
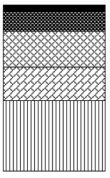
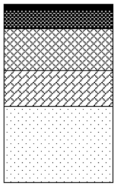
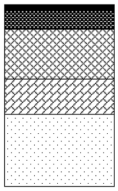
Aufbau RStO mit Kalibrierasphalt  3,0 cm Asphaltdeckschicht, Kalibrierasphalt 9,0 cm Asphaltbinderschicht, Kalibrierasphalt 21,0 cm Asphalttragschicht, Kalibrierasphalt 15,0 cm Schottertragschicht, $E_{V2} \geq 150$ MPa 27,0 cm Frostschutzschicht, $E_{V2} \geq 120$ MPa **75,0 cm Gesamtdicke** anstehender Boden / Planum, $E_{V2} \geq 45$ MPa	**Ermüdungsstatus nach 30 Jahren:** **B = 150,0 Mio. äquivalente 10-t-Achs.** Asphalttragschicht: 93,38 % **Kriterium max. Druckspannung:** Schottertragschicht: 0,00 % Frostschutzschicht: 0,00 % Planum: 20,45 %
Aufbau RStO mit optimierten Asphalten  3,0 cm Asphaltdeckschicht, SMA 8 S, 25/55-55 A 9,0 cm Asphaltbinderschicht, AC 16 B S, 10/40-65 A 18,0 cm Asphalttragschicht, AC 32 T S, 30/45 15,0 cm Schottertragschicht, $E_{V2} \geq 150$ MPa 30,0 cm Frostschutzschicht, $E_{V2} \geq 120$ MPa **75,0 cm Gesamtdicke** anstehender Boden / Planum, $E_{V2} \geq 45$ MPa	**Ermüdungsstatus nach 30 Jahren:** **B = 150,0 Mio. äquivalente 10-t-Achs.** Asphalttragschicht: 26,72 % **Kriterium max. Druckspannung:** Schottertragschicht: 0,00 % Frostschutzschicht: 0,00 % Planum: 0,01 %
Optimierter Aufbau nach RDO Asphalt  3,0 cm Asphaltdeckschicht, SMA 8 S, 25/55-55 A 9,0 cm Asphaltbinderschicht, AC 16 B S, 10/40-65 A 16,0 cm Asphalttragschicht, AC 32 T S, 30/45 15,0 cm Schottertragschicht, $E_{V2} \geq 150$ MPa 32,0 cm Frostschutzschicht, $E_{V2} \geq 120$ MPa **75,0 cm Gesamtdicke** anstehender Boden / Planum, $E_{V2} \geq 45$ MPa	**Ermüdungsstatus nach 30 Jahren:** **B = 150,0 Mio. äquivalente 10-t-Achs.** Asphalttragschicht: 40,20 % **Kriterium max. Druckspannung:** Schottertragschicht: 0,00 % Frostschutzschicht: 0,00 % Planum: 0,04 % **Ermüdungsstatus, Unterschreitung der Gesamtdicke Asphalt um 2 cm: 67,64 %**
Optimierter Aufbau nach RDO Asphalt Kompaktasphalt  2,0 cm Asphaltdeckschicht, SMA 8 S, 25/55-55 A 8,0 cm Asphaltbinderschicht, AC 16 B S, 10/40-65 A 18,0 cm Asphalttragschicht, AC 32 T S, 30/45 15,0 cm Schottertragschicht, $E_{V2} \geq 150$ MPa 32,0 cm Frostschutzschicht, $E_{V2} \geq 120$ MPa **76,0 cm Gesamtdicke** anstehender Boden / Planum, $E_{V2} \geq 45$ MPa	**Ermüdungsstatus nach 30 Jahren:** **B = 150,0 Mio. äquivalente 10-t-Achs.** Asphalttragschicht: 38,20 % **Kriterium max. Druckspannung:** Schottertragschicht: 0,00 % Frostschutzschicht: 0,00 % Planum: 0,03 % **Ermüdungsstatus, Unterschreitung der Gesamtdicke Asphalt um 2 cm: 63,81 %**
Optimierter Aufbau nach RDO Asphalt Kompaktasphalt „Ewigkeitsstraße“  2,0 cm Asphaltdeckschicht, SMA 8 S, 25/55-55 A 8,0 cm Asphaltbinderschicht, AC 16 B S, 10/40-65 A 21,0 cm Asphalttragschicht, AC 32 T S, 30/45 15,0 cm Schottertragschicht, $E_{V2} \geq 150$ MPa 30,0 cm Frostschutzschicht, $E_{V2} \geq 120$ MPa **76,0 cm Gesamtdicke** anstehender Boden / Planum, $E_{V2} \geq 45$ MPa	**Ermüdungsstatus nach 50 Jahren:** **B = 312,8 Mio. äquivalente 10-t-Achs.** Asphalttragschicht: 44,80 % **Kriterium max. Druckspannung:** Schottertragschicht: 0,00 % Frostschutzschicht: 0,00 % Planum: 0,00 % **Ermüdungsstatus, Unterschreitung der Gesamtdicke Asphalt um 2 cm: 64,62 %**

Bild 7: Zusammenstellung der verschiedenen Oberbaukonzepte für eine BAB

den Betrieb nur wenige Schubkräfte in dieser Tiefe auftreten, die üblicherweise auf Brems-, Beschleunigungs- und Lenkvorgänge zurückzuführen sind.

Zudem hat sich in der Praxis gezeigt, dass es insbesondere bei hoch beanspruchten Flächen sinnvoll ist, die Dicke der Asphaltdeckschicht auf 6 cm zu erhöhen, um hier einen Asphaltbeton AC 16 D S einzusetzen, der weniger empfindlich gegen oberflächliche Scherbeanspruchungen und bleibende Verformungen ist. Bewährt hat sich außerdem der Einsatz von Hochleistungsbitumen, auch in der Asphalttragschicht, um hier eine höhere Elastizität zu gewährleisten. Hierdurch kann nochmals eine signifikante Reduktion des Ermüdungsstatus erreicht werden. Dabei muss immer das Ziel sein, dem Betreiber der Fläche, für den diese ein Betriebsmittel darstellt, die beste Kombination aus Wirtschaftlichkeit und Dauerhaftigkeit zu bieten.

Innerhalb der letzten 15 Jahre wurde zunächst vor allem durch den Erstautor ein breites Spektrum von Hafen-, Logistik-, und Industrieflächenbefestigungen rechnerisch dimensioniert. Die Projekte umfassen dabei Multi-Purpose-Terminals, wie z. B. den Niedersachsenkai in Brake (2009), Containerterminals, wie beispielsweise das Container-Terminal-Wilhelmshaven (2010) oder auch Containerterminals im Binnenbereich, Schwerlasttrassen und Logistikhöfe. Im folgenden Beispiel wurde eine dieser Baumaßnahmen herausgegriffen, bei der besonders hohe Verkehrsbeanspruchungen vorliegen, um aufzuzeigen, für welches Anwendungsspektrum die Asphaltbauweise mit der richtigen Planung und Umsetzung der Baumaßnahmen geeignet ist.

Die hier beispielhaft dargestellte Fläche liegt in Norddeutschland an der Unterweser in Nordenham-Blexen und wird für die Produktion und den Transport von Monopiles verwendet. Hierbei handelt es sich um Gründungselemente für Offshore-Windkraftanlagen. Prinzipiell sind dies große Stahlrohre, die sich an einem Ende verjüngen und mit dem dickeren Ende in den Meeresboden gerammt werden. Die derzeitige Generation von Monopiles hat dabei Gewichte von bis zu 2.500 t, Längen bis 120 m und einen Durchmesser von etwa 10 m. Der Transport der Monopiles erfolgt aufgrund der großen Länge und des hohen Gewichts üblicherweise auf „Self Propelled Modular Transporter“ (SPMT) mit Achslasten von derzeit bis zu etwa 35 t und zukünftig bis zu 48 t bei maximal zweckmäßiger Ausladung. In Bild 8 ist beispielhaft der Transport eines Monopiles mit einem Gewicht von 2.300 t auf 24 x 3 Achslinien dargestellt. Das eingesetzte Transportfahrzeug, einschließlich Zubehör hat ein Ge-

Bild 8: Transport eines Monopiles auf SPMT

Bild 9: Transport eines Monopiles mittels SPMT über eine Deichquerung

wicht von weiteren 500 t, sodass sich ein Gesamtgewicht des Transports von 2.800 t ergibt.

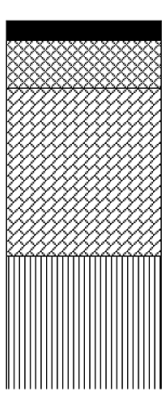
Wie bereits in Bild 8 zu erkennen, liegt die Besonderheit bei diesen Transporten für diesen besonderen Fall darin, dass zwischen dem Werksgelände und dem zugehörigen Außenlager der Deich mittels einer Rampe gequert werden muss, deren Gefälle etwa 4,5 % beträgt. Verdeutlicht wird dies in Bild 9. Hieraus ergeben sich erhebliche Lasten, die auf die Asphaltbefestigung wirken. Auch für diesen Anwendungsfall wurde ein Oberbaukonzept auf Grundlage der rechnerischen Dimensionierung entwickelt.

Als Grundlage zur Ermittlung der dimensionierungsrelevanten Beanspruchung wurde seinerzeit die voraussichtliche jährliche Produktionsleistung des Werks angesetzt, sodass sich für einen Nutzungszeitraum von 30 Jahren eine B-Zahl von 32 Mio. äquivalenten 10-t-Achsübergängen ergeben hat. Da sich durch die sehr langsame Fahrgeschwindigkeit der SPMT nahezu statische Lasten ergeben, musste zudem berücksichtigt werden, dass eine hinreichende Verteilung dieser Lasten in den Untergrund aus enggestuftem Sand gegeben ist, sodass eine Dicke der Schottertragschicht von 50 cm gewählt wurde. Zusätzlich wurden hohe Anforderungen an das Baustoffgemisch für Schottertragschichten 0/32 aus Naturstein gestellt, um den erforderlichen Lastabtrag und die Dauerhaftigkeit zu gewährleisten. Der Lastabtragungswinkel des Schotters muss daher mindestens 50° betragen und der Widerstand gegen Schlagzertrümmerung des Gesteins der Kategorie SZ18 nach den TL Gestein-StB 04/23 (FGSV, 2023) entsprechen. Erfahrungsgemäß können diese besonderen Anforderungen durch das Gestein Granodiorit aus dem Steinbruch Jelsa in Norwegen vollumfänglich erfüllt werden.

Die Asphaltbefestigung setzt sich aus einer 6 cm dicken Asphaltdeckschicht aus einem Asphaltbeton AC 16 D S mit PmB 10/25 VL und einer 14 cm dicken Asphalttragschicht aus Asphalttragschichtmischgut AC 32 T S mit dem resultierenden Bitumen 30/45 zusammen und hat somit eine Gesamtdicke von lediglich 20 cm (Bild 10), gegenüber einem vergleichbaren Aufbau nach den RStO 12/24, Tafel 1, Zeile 3 mit 26 cm Gesamtdicke. Mit den seinerzeit getroffenen Annahmen ergab sich hieraus ein Ermüdungsstatus der Asphalttragschicht von 57,2 %.

Eine Nutzung der so hergestellten Deichquerung erfolgt bereits seit dem Jahr 2015, zunächst mit Monopiles bis etwa 1.000 t. Seit dem Februar 2022 werden Transporte mit einem Gesamtgewicht von bis zu 2.800 t durchgeführt. Aus der bisherigen Nutzung ergeben sich keine Schäden an der Asphaltbefestigung, die aus diesen enorm schweren und anspruchsvollen Transporten resultieren. So sind bei der bisherigen Nutzung keinerlei Risse und Verformungen aufgetreten, sodass davon auszugehen ist, dass die rechnerisch dimensionierte Asphaltbefestigung den Ansprüchen gewachsen ist. Gleiches gilt auch für alle weiteren Asphaltbefestigungen auf dem Werksgelände von Steelwind Nordenham, die ebenfalls rechnerisch dimensioniert wurden.

Aufgrund neuer Erkenntnisse wird abweichend von dem seinerzeit für die rechnerische Dimensionierung als Eingangsgröße verwendeten Asphaltbeton AC 16 D S mit PmB 10/25 VL nun ein AC 16 D S mit dem viskositätsveränderten polymermodifizierten Bitumen PmB 10/40-80 VL eingesetzt. Dieses Bitumen bietet eine höhere Polymermodifizierung und ist dementsprechend noch widerstandsfähiger gegen bleibende Verformungen und bietet außerdem eine bessere Kälteflexibilität, die gerade bei großen Asphaltflächen aufgrund der temperaturindizierten Materialausdehnungen und Schrumpfungen von Vorteil ist. Die sehr guten Eigenschaften dieses Bitumens konn-



6,0 cm	Asphaltdeckschicht, AC 16 D S, PmB 10/25 VL
14,0 cm	Asphalttragschicht, AC 32 T S res. 30/45
50,0 cm	Schottertragschicht, Baustoffgemisch 0/32, $E_{V2} \geq 150$ MPa
> 150,0 cm	enggestufter Sand (SE), $E_{V2} \geq 80$ MPa
> 220,0 cm	**Gesamtdicke**

Bild 10: Aufbau der Verkehrsflächenbefestigung für die Deichquerung

Bild 11: Niedersachsenkai Brake, Multi-Purpose-Terminal, der seit der Fertigstellung im Jahr 2009 immer wieder in Richtung Landseite erweitert wurde, zuletzt 2023 (Bild: J. Müller AG)

Bild 12: Pier D, Hafen Bremen, Containerterminal mit 5-fach-Stapelung und Reach-Stacker-Betrieb

ten im Rahmen von umfangreichen Untersuchungen bestätigt werden, die aufgrund von bundesweit aufgetretenen Spurrinnen nach dem Sommer 2019 zur Erforschung der Ursache und möglichen Maßnahmen zur Verhinderung dieser Schäden erfolgten (Schäfer, 2022).

Neben den sehr guten Eigenschaften des Asphaltbetons AC 16 D S im Hinblick auf die Verformungsbeständigkeit und Dauerhaftigkeit im Bereich der Hafen-, Logistik- und Industrieflächen konnte die Zusammensetzung dieses Asphaltmischguts durch die Unterzeichner so optimiert werden, dass entsprechende Asphaltdeckschichten auch die Anforderungen an eine Dichtfläche im Sinne der AwSV (AwSV, 2017) erfüllen. Weiteres hierzu wird in einem zukünftigen Bericht dargestellt.

Weitere Beispiele für rechnerisch dimensionierte Flächenbefestigungen aus dem Hafen-, Logistik- und Industriebereich sind in den Bildern 11 und 12 dargestellt.

4.3 Schlussfolgerungen

Die beiden dargestellten Beispiele zeigen, welche Anwendungsbereiche mit den RDO Asphalt 09/24 abgedeckt werden können. Diese reichen von Standardanwendungen, im Bereich des Straßenbaus, bis zu hoch spezialisierten und individuell zugeschnittenen Oberbaukonzepten für den Einsatz auf hoch belasteten Flächen.

In beiden Fällen konnte gegenüber einem Aufbau nach den RStO 12/24, welcher für Hafen-, Logistik- und Industrieflächen sowieso nicht anwendbar ist, eine deutliche Einsparung an Asphaltmischgut und somit an Rohstoffen erreicht werden. Durch die Annahme von Materialkennwerten, die aus Laboruntersuchungen an realen Asphalten ermittelt wurden, lassen sich auch die Eigenschaften von Asphaltmischgut mit hohen Zugaberaten von Asphaltgranulat abbilden, sodass ein negativer Einfluss auf die Dauerhaftigkeit der Asphaltbefestigung ausgeschlossen werden kann.

Aufgrund der Berechnungsmethodik, die den RDO Asphalt 09/24 zugrunde liegt, lassen sich die Asphaltbefestigungen im Prinzip für beliebig lange Nutzungszeiträume rechnerisch dimensionieren. Hierbei sollte jedoch berücksichtigt werden, dass neben der Ermüdungsrissbildung auch eine Alterung des Bitumens eintritt und ggf. auch Schäden durch eindringendes Oberflächenwasser auftreten können, wenn die bauliche Erhaltung vernachlässigt wird. Gleichwohl stellt die rechnerische Dimensionierung einen wichtigen Baustein auf dem Weg zur „Ewigkeitsstraße“ dar, mit dem sich anwendungs- und materialspezifisch die optimale Lösung entwickeln lässt.

Somit kann abschließend festgehalten werden, dass aufgrund der Vielzahl der inzwischen vorliegenden Erfahrungen der Zeitpunkt gekommen ist, diese innovative und nachhaltige Vorgehensweise bei allen hierfür geeigneten Projekten anzuwenden.

5 Zusammenfassung

Mit den RDO Asphalt 09/24 steht für die Dimensionierung von Verkehrsflächenbefestigungen aus Asphalt ein Werkzeug zur Verfügung, dass durch mittlerweile verfügbare Softwarelösungen benutzerfreundlich angewendet werden kann. Gegenüber einem Oberbau nach den RStO 12/24 werden durch die Betrachtung der tatsächlichen Verkehrsbeanspruchungen in Verbindung mit charakteristischen Temperaturprofilen berechenbare Beanspruchungszustände ermittelt, die für den Ermüdungsnachweis geeignet sind. Durch die gleichzeitige Nachweisführung mit materialspezifischen Kennwerten am Asphaltmischgut, welches in der Verkehrsflächenbefestigung eingesetzt werden soll, kann sehr präzise der Widerstand gegen eine Ermüdungsrissbildung an der Unterseite der Asphalttragschicht bestimmt werden. Aufgrund dieser präzisen Berechnungsmethode können zum Teil nicht unerhebliche Optimierungen der Oberbaukonzepte vorgenommen werden, die gleichzeitig zu einer Einsparung von Asphalt im Zentimeterbereich führen. Durch die konsequente Anwendung der rechnerischen Dimensionierung nach den RDO Asphalt 09/24 bei der Planung von Bundesautobahnen und Asphaltbefestigungen für sondergenutzte Flächen, können so in einem großen Maß Ressourcen eingespart werden. Zugleich lassen sich deutlich detaillierte Angaben zum erwarteten Nutzungszeitraum der Asphaltbefestigung treffen.

In zwei Praxisbeispielen wurde aufgezeigt, welcher Optimierungsbedarf durch die rechnerische Dimensionierung entsteht.

Einerseits wurde durch die Verwendung von Asphalten mit sehr guten Gebrauchseigenschaften die Dicke einer Asphaltbefestigung für eine Bundesautobahn mit einer dimensionierungs-relevanten Beanspruchung von B = 150 Mio. äquivalenten 10-t-Achsübergängen, welche oberhalb des Erfahrungshintergrunds der RStO 12/24 liegt, um 1 cm reduziert. Gleichzeitig kann durch eine Mehrdicke von 3 cm ein Nutzungszeitraum von 50 Jahren, gegenüber den standardmäßig betrachteten 30 Jahren erreicht werden. Zusätzlich wurde aufgrund der größeren Dauerhaftigkeit auch die Möglichkeit des Einbaus von einer Asphaltdeck- und Asphaltbinderschicht als kompakte Asphaltbefestigung in Betracht gezogen.

Andererseits wurde dargestellt, dass auch auf höchst beanspruchten Flächen eine Asphaltbefestigung mit einer Dicke von nur 20 cm zur Aufnahme von extremen Beanspruchungen, die aus dem Transport von Monopiles über eine Schräge mit einem Längsgefälle von 4,5 % mittels SPMT resultieren, geeignet sind.

Diese beiden Beispiele stellen nur einen kleinen Ausschnitt des großen Anwendungsbereichs der rechnerischen Dimensionierung dar, bieten aber bereits einen sehr deutlichen Einblick, welche Möglichkeiten hieraus resultieren. Gerade im Hinblick auf die Nachhaltigkeit lässt sich für die Asphaltbauweise hier, durch die Möglichkeit Materialkennwerte von Asphalten mit hohen Wiederverwendungsraten zu verwenden und lange Nutzungszeiträume zu gewährleisten, ein großer Beitrag leisten.

Danksagung

Der Erstautor möchte sich an dieser Stelle ausdrücklich bei allen öffentlichen und privaten Auftraggebern für das frühzeitige Interesse an dieser innovativen und nachhaltigen Art der Dimensionierung von Asphaltbefestigungen verbunden mit der Möglichkeit, die hier in Bezug genommenen Daten zu gewinnen, bedanken, ohne die die Erarbeitung dieses Beitrages nicht möglich gewesen wäre.

Literaturverzeichnis

AwSV. (2017, April 18): Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV)

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen. FGSV (2013): Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen aus Asphalt (ZTV Asphalt-StB 07/13). FGSV Verlag, Köln

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen. FGSV (2018a): Merkblatt für Planung, Konstruktion und Bau von Verkehrsflächen aus Beton – Teil 3: Container- und Logistikflächen, Ausgabe 2018 (M VaB). FGSV Verlag, Köln

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen. FGSV (2018b): Technische Prüfvorschriften für Asphalt—Teil 24 Spaltzug-Schwellversuch – Beständigkeit gegen Ermüdung, Ausgabe 2018 (TP Asphalt-StB, Teil 24). FGSV Verlag, Köln

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen. FGSV (2018c): Technische Prüfvorschriften für Asphalt – Teil 26 Spaltzug-Schwellversuch – Bestimmung der Steifigkeit, Ausgabe 2018 (TP Asphalt-StB, Teil 26). FGSV Verlag, Köln

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen. FGSV (2022): Arbeitspapier Eingangsgrößen für die Dimensionierung und Bewertung der strukturellen Substanz – Teil 1: Verkehrsbelastung, Ausgabe 2022 (AP EDS-1). FGSV Verlag, Köln

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen. FGSV (2023: Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau (TL Gestein-StB), Ausgabe 2004/Fassung 2023. FGSV Verlag, Köln

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen. FGSV (2024a): Merkblatt für Planung und Bau von Hafen-, Logistik- und Industrieflächenbefestigungen (M HLI), Entwurf (Stand 11.9.2024). FGSV Verlag, Köln

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen. FGSV (2024b): Richtlinien für die Rechnerische Dimensionierung des Oberbaus von Verkehrsflächen in Asphaltbauweise, Ausgabe 2009/Fassung 2024 (RDO Asphalt 09/24). FGSV Verlag, Köln

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen. FGSV (2024c): Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen, Ausgabe 2012/Fassung 2024 (RStO 12/24). FGSV Verlag, Köln

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen. FGSV (2024d): Technische Lieferbedingungen für Asphaltmischgut für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen, Ausgabe 2025, Schlussentwurf 14.3.2024 (TL Asphalt-StB 25). FGSV Verlag, Köln

Miner, M. A. (1945): Cumulative Damage in Fatigue. Journal of Applied Mechanics, 3, 159–164

Schäfer, V. (2022): Asphalt im Klimawandel – Erkenntnisse und Herausforderungen. Straße und Autobahn, 3.2022, 191–206. Kirschbaum Verlag, Bonn

Schäfer, V., & Rosauer, V. (2007): Kompaktasphalt – Eine Bauweise etabliert sich, Lösung für hoch belastete Verkehrsflächen. asphalt, 6/2007, 65–71

Schäfer, V., & Rosauer, V. (2017): Erkenntnisse aus der Anwendung der RDO Asphalt im Hinblick auf die Performance-Eigenschaften von Asphaltschichten. 5. Dresdner Asphalttage, Tagungsband, 11 p

Zander, U. (2024): Potenziale umsetzen für den nachhaltigen Straßenbau [Vortrag]. 22. Deutsche Asphalttage, Berchtesgaden