

## Bauzeitenverkürzung durch optimierten Asphaltteinbau

FA 7.262

Forschungsstellen: Technische Universität Darmstadt, Fachgebiet Straßenwesen (Prof. Dr.-Ing. J. S. Bald)

Hermann Kirchner Hoch- und Ingenieurbau GmbH, Bad Hersfeld

Fachhochschule Köln, Institut für Landmaschinen- und Regenerative Energien (Prof. Dr.-Ing. A. Ulrich)

Bearbeiter: Böhm, S. / Tielmann, M. / Ulrich, A. / Verges, G. / Muschalla, M.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn

Abschluss: August 2015

### 1 Einleitung

Die Verkürzung von Bauzeiten ist insbesondere bei der baulichen Erhaltung und Erneuerung von Verkehrsflächenbefestigungen aus Asphalt ein wichtiges Kriterium. Durch einen zügigen Bauablauf unter kurzzeitigen Vollsperrungen kann in vielen Fällen ein Einbau in mehreren Abschnitten vermieden werden. Auch qualitätsbeeinflussende Schwachstellen wie Nähte und Anschlüsse lassen sich durch einen Einbau über die volle Fahrbahnbreite und/oder in einem Arbeitsgang reduzieren. Eine Beschleunigung des Bauablaufs ist durch eine Optimierung der Bauweise "Kompaktasphalt" zu erwarten. Bislang zur Herstellung von Asphaltdeck- und Binderschicht in einem Arbeitsgang genutzt, wird in einem neuen Konzept die Asphaltdeckschicht gleichzeitig mit einer modifizierten, dicken Asphalttragschicht eingebaut. Der Verzicht auf eine Binderschicht macht eine Optimierung der Materialparameter und der Schichtdicken der Tragschicht notwendig. Die technische Eignung der Bauweise ist zudem durch asphalttechnische Untersuchungen und Verfahren der rechnerischen Dimensionierung nachzuweisen. Für die praktische Umsetzung müssen die Einbau- und Maschinenteknik dem neuen Konzept angepasst werden.

An diese Fragestellungen knüpft das im Jahr 2012 durch die Bundesanstalt für Straßenwesen im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Abteilung Straßenbau, vergebene Projekt "Bauzeitenverkürzung durch optimierten Asphaltteinbau (BOA)" an. Ziel war die Erarbeitung eines ausführungsfähigen Konzepts für den Einbau in der Bauweise "modifizierter Kompaktasphalt" zur Bauzeitenverkürzung und Verbesserung der Bauqualität. Es soll in Zukunft als Instrument zur Verfügung stehen, um vorwiegend Erneuerungen im Bundesstraßen-Netz mit minimierten Verkehrsbeeinträchtigungen durchführen zu können. Gleichzeitig soll es durch die neue Bauweise möglich sein, Neubauten von Straßen geringerer Belastungsklassen in kurzer Bauzeit auszuführen.

Die Bearbeitung der asphalttechnologischen Fragestellungen des Kooperationsprojekts oblag dem Fachgebiet Straßenwesen der Technischen Universität Darmstadt. Das Fachgebiet hatte außerdem die Federführung des Projekts inne. Mit der Weiterentwicklung der Maschinenteknik war das Institut für Landmaschinen- und Regenerative Energien der Fachhochschu-

le Köln beauftragt. Die Umsetzung der asphalttechnologischen und maschinentechnischen Konzepte erfolgte durch die Hermann Kirchner Bauunternehmung GmbH, welche mittlerweile unter dem Konzernnamen STRABAG firmiert.

### 2 Konzeption

#### 2.1 Asphalttechnologie

Hinsichtlich der Wahl des Deckschichtmischguts unterscheidet sich die modifizierte nicht von der konventionellen Kompaktasphaltbauweise. In der Praxis haben sich die Deckschichtasphalte AC 8 D S oder SMA 8 S in Schichtdicken von 2 – 2,5 cm bewährt. Die Tragschicht wird bei der neuen Bauweise jedoch dicker als üblich eingebaut. In den zu betrachtenden Anwendungsfällen kommen bei konventioneller Ausführung in der Regel zweilagig eingebaute Tragschichtpakete in Dicken von 20 – 22 cm zur Anwendung. Beim modifizierten Kompaktasphalt werden diese in einer einzelnen Schicht umgesetzt, weshalb eine besondere Konzeption des Tragschichtmischguts erforderlich ist. Es muss

- trotz der hohen Schichtdicke über die komplette Höhe ausreichend verdichtbar sein,
- einen guten Schichtenverbund zur Unterlage und zur Deckschicht aufweisen,
- Tragschicht- und Binderschichteigenschaften vereinen.

##### 2.1.1 Größtkorn

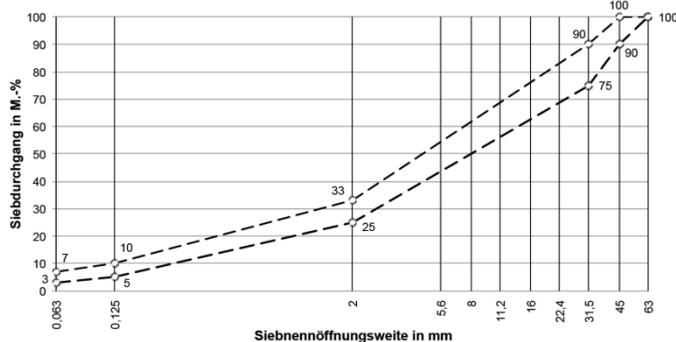
Bei einlagigem Einbau sollte die Schichtdicke das Vierfache des Größtkorndurchmessers nicht überschreiten. Die ZTV BEA-StB 09 gehen dabei mit 18 cm maximaler Schichtdicke für das Asphaltmischgut AC 32 T S nach TL Asphalt-StB 07/13 bereits deutlich über dieses Maß hinaus. Will man die Schichtdicke wie in vorliegendem Projekt weiter vergrößern, sollte auch das Asphaltmischgut grobkörniger werden. Gemäß vorgenannter Faustregel wäre für die vorgesehenen Tragschichtdicken ein Grobkorndurchmesser von mindestens 55 mm erforderlich, das aber weder als Lieferprodukt erhältlich, noch technisch in Asphaltmischanlagen einsetzbar ist. Unter Berücksichtigung der produktionstechnischen Grenzen wurde daher ein Asphaltmischgut AC 45 B/T S mit einem Größtkorndurchmesser von 45 mm konzipiert.

##### 2.1.2 Korngrößenverteilung

Die Korngrößenverteilung richtet sich im Wesentlichen nach den gewünschten Schichteigenschaften. Über die vorgesehene Tragschicht sollen die Lasten von der Asphaltoberfläche in die Unterlage abgeleitet werden. Dies erfordert ein stabiles Korngerüst, dessen Tragwirkung überwiegend von der dichten Anordnung großer Körner abhängt. Gleichzeitig sollen jedoch auch Asphaltbindereigenschaften erfüllt werden, das heißt, das verdichtete Mischgut muss einen guten Schichtenverbund mit der Deckschicht gewährleisten und einen begrenzten Hohlraum-

gehalt von 5,0 – 8,0 Vol.-% am Marshall-Probekörper aufweisen.

Im Rahmen einer Diplomarbeit [Weller, 2013] wurden am Fachgebiet Straßenwesen der TU Darmstadt bereits Anforderungen für ein Tragschichtmischgut AC 45 T S definiert. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen wurden weitere Mischgutvarianten entwickelt, die insbesondere durch Variation der Siebdurchgänge ≤ 2 mm ein dichteres Gefüge gewährleisten sollten. Im Labor wurden dann auf Basis der empfohlenen Sieblinienbereiche Probekörper mit jeweils unterschiedlichen Bindemittelgehalten erstellt und vergleichend untersucht. Als besonders vorteilhaft erwies sich dabei eine Variante, deren Konzept auf der "Skalierung" bestehender Soll-Sieblinien grober Asphaltmischungen nach den TL Asphalt-StB 07/13 basierte. Ausgehend vom Mischgut AC 32 T S wurden die Anforderungswerte der Siebdurchgänge auf die jeweils nächst höhere, reguläre Siebgröße übertragen. Unterhalb des Sandpunkts (Siebgröße 2 mm) fanden die Anforderungen eines AC 22 B S Anwendung, um die Charakteristik einer Binderschicht im Feinkornbereich abzubilden. Der resultierende Sollsieblinienbereich dieser favorisierten Variante für das Mischgut AC 45 B/T S ist in Bild 1 dargestellt.



**Bild 1: Sollsieblinienbereich AC 45 B/T S**

Die Anforderungen an die Gesteinskörnungen (wie Schlagzertrümmerungswert, Kornform, Anteil schlecht geformter Körner etc.) sollten denen am Asphaltbindermischgut AC 22 B S nach TL Asphalt-StB 07/13 entsprechen.

### 2.1.3 Bindemittelart und -sorte

Da die kombinierte Asphalttrag- und -binderschicht fast die komplette lastverteilende Dicke des gebundenen Oberbaus ausmacht, kommt der Wahl des Bindemittels eine herausragende Bedeutung zu. Es muss eine gute und dauerhafte Verklebung des Gesteinskörnungsgewebes gewährleisten und dabei gleichzeitig den Beanspruchungen durch Verkehr sowie Temperatureinwirkungen standhalten.

Als besonders geeignet haben sich in vergleichbaren Situationen polymermodifizierte Bitumen (PmB) erwiesen. Die Zugabe von Polymeren wirkt sich positiv auf das Haftverhalten zwischen Gesteinskörnung und Bitumen aus und verbessert sowohl die Wärmestandfestigkeit als auch das Tieftemperaturverhalten. Bei der Auswahl eines PmB für das vorgesehene Mischgut ist auf eine hohe Verformungsresistenz im Sinne einer geringen Penetrationstiefe und eines vergleichsweise hohen Erweichungspunkts zu achten. Für hohe Verkehrsbeanspruchungen, wie sie Gegenstand des vorliegenden Projekts sind, sollte daher ein PmB 25/55-55 vorgesehen werden. Dieses wurde dementsprechend auch für die Laborversuche und Versuchsfelder angewandt.

Bei geringen Verkehrsbelastungen kann auf die Zugabe von Polymeren verzichtet werden. Das zu verwendende Bindemittel muss jedoch auch hier einen Kompromiss zwischen gutem Haftverhalten, Verformungs- und Temperaturresistenz aufweisen (zum Beispiel Straßenbaubitumen 30/45 oder 50/70).

### 2.1.4 Bindemittelgehalt

Die in den TL Asphalt-StB 07/13 empfohlenen Mindestbindemittelgehalte für Tragschichtmischgut nehmen mit zunehmendem Größtkorndurchmesser ab. Skaliert man die Anforderungen auf den bisher nicht im Regelwerk erfassten Größtkorndurchmesser von 45 mm, so kann man in erster Näherung einen Mindestbindemittelgehalt von 3,6 M.-% ansetzen. Aufgrund des erhöhten Feinkorngehalts zur Gewährleistung von Bindereigenschaften liegt der tatsächliche Mindestbindemittelgehalt jedoch höher. Durch Laborversuche konnte der Anforderungswert zu ca. 4,0 M.-% bestimmt werden.

## 3 Laborversuche

Die Identifikation einer geeigneten Mischgutvariante für das Mischgut AC 45 B/T S basierte gemäß der vorigen Ausführungen zunächst auf ingenieurmäßigen Überlegungen, welche dann im Rahmen systematischer Laboruntersuchungen validiert wurden. Ausgehend von der tragschichtoptimierten (grobkörnigeren) Sieblinie AC 45 T S [Weller, 2013] wurden insbesondere die feinkörnigeren Fraktionen variiert und unterschiedliche Gehalte an PmB 25/55-55 erprobt.

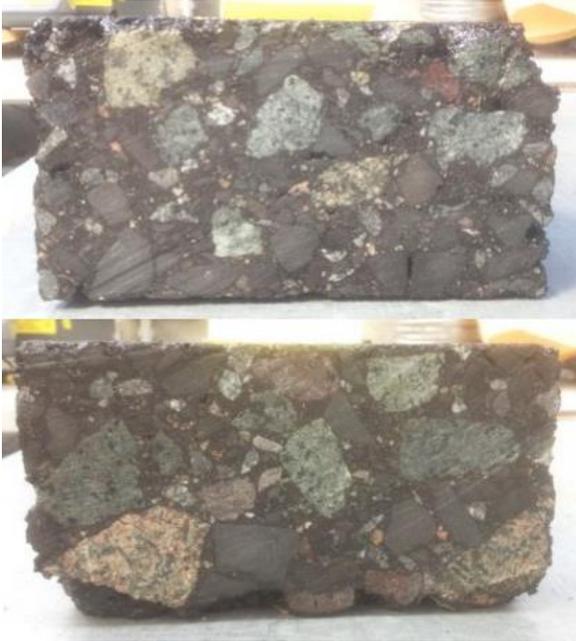
Die verwendeten Gesteinskörnungen wurden von den gleichen Gewinnungsstätten bezogen wie bei der späteren Probemischung im Mischwerk Hauneck und dem Einbau der ersten Versuchsfelder in Bad Hersfeld.

Aus den Asphaltmischungen wurden Marshall-Probekörper (Durchmesser 150 mm, siehe Bild 2) hergestellt und hinsichtlich ihrer Hohlraumgehalte untersucht.

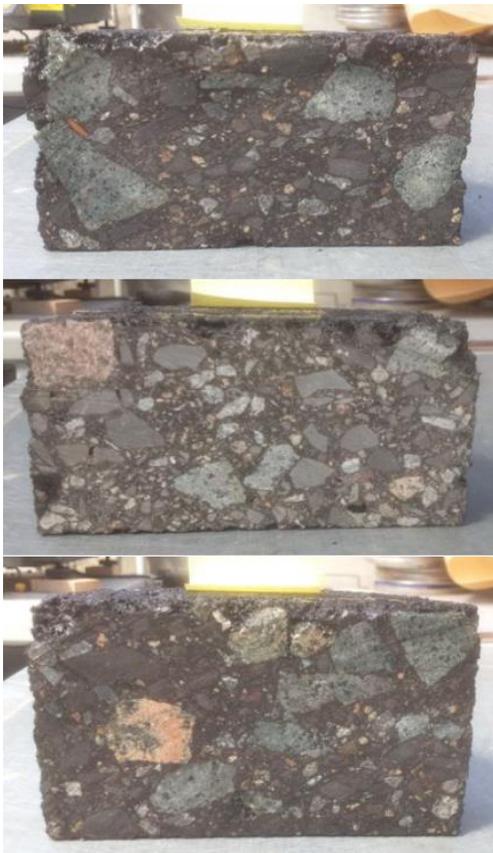


**Bild 2: Oberseiten (links) und Unterseiten (rechts) einer Auswahl der hergestellten MPK (je Bild links AC 45 B/T S, rechts AC 45 T S, WB1 weist Rückstände von weißem Filterpapier an der Unterseite auf)**

Die erzeugten MPK wurden schließlich mittig angeschnitten, um das Korngefüge beurteilen zu können. Folgende Abbildungen zeigen exemplarisch einige Schnittbilder.



**Bild 3:** Anschnitte von Marshall-Probekörpern mit Sollsieblinie AC 45 T S nach Weller, B = 3,6 M.-% (oben), B = 4,1 M.-% (unten)



**Bild 4:** Anschnitte von Marshall-Probekörpern mit favorisierter Sollsieblinie AC 45 B/T S, B = 3,6 M.-% (oben), B = 4,1 M.-% (mittig), B = 4,5 M.-% (unten)

Die Probekörper aus dem tragschichtoptimierten Mischgut AC 45 T S nach Weller wiesen zwar Hohlraumgehalte innerhalb des definierten Anforderungsbereichs von 5,0 – 8,0 Vol.-% auf, jedoch waren die Kornfraktionen im resultierenden Korngerüst nicht ausreichend homogen verteilt. Die groben Körner an der Probekörperober- und -unterseite zeigten nach dem Verdichtungsvorgang Zertrümmerungserscheinungen (siehe Bild 5). Zudem sind die großen äußeren Hohlräume hinsichtlich des Verbunds zu einer gebundenen Unterlage als kritisch zu beurteilen (siehe auch Bild 2).



**Bild 5:** Beispiel für Kornzertrümmerung und ungefüllte Hohlräume an MPK WA1 (AC 45 T S)

Die Probekörper mit der favorisierten Sieblinie für das Mischgut AC 45 B/T S (skalierte Sieblinien nach TL Asphalt-StB) zeigten diese Probleme weniger ausgeprägt. Hier waren auch die äußeren Hohlräume des Grobkorngerüsts gleichmäßig mit feineren Fraktionen ausgefüllt. Besonders deutlich war der Unterschied an den Unterseiten der MPK (siehe Bild 2). Dort war durch die glattere Struktur ein höherer Schichtenverbund zu einer bestehenden, gebundenen Unterlage zu erwarten. Die Varianten mit Bindemittelgehalten um 4,0 M.-% zeigten zudem Hohlraumgehalte innerhalb des definierten Anforderungsbereichs. Aufgrund der beschriebenen Vorzüge wurde deren Rezeptur auch als Grundlage für die im Folgenden beschriebene Mischgutempfehlung eines AC 45 B/T S herangezogen.

### 3.1 Mischgutempfehlung AC 45 B/T S

Aus den Ergebnissen der Vorüberlegungen und Laboruntersuchungen wurden die nachstehend tabellarisch dargestellten Anforderungen für das Mischgut AC 45 B/T S abgeleitet. In den Grenzen dieses Anforderungsbereichs erstellte der Asphaltlieferant eine Erstprüfung für eine Probemischung im Mischwerk Hauneck und die späteren Versuchsfelder auf dem Betriebshof der Firma Kirchner in Bad Hersfeld.

Tabelle 1: Anforderungen an das Mischgut AC 45 B/T S

Bezeichnung	Einheit	AC 45 B/T S
<b>Baustoffe</b>		
Gesteinskörnungen (Lieferkörnung)		
Anteil gebrochener Kornoberflächen		C <sub>50/30</sub>
Mindestanteil von Lieferkörnungen 0/2 m E <sub>cs</sub> 35	%	50
Bindemittel, Art und Sorte		PmB 25/55-55 50/70 30/45
<b>Zusammensetzung Asphaltmischgut</b>		
Gesteinskörnungsgemisch		
Siebdurchgang bei		
63 mm	M.-%	100
45 mm	M.-%	90 bis 100
31,5 mm	M.-%	75 bis 90
22,4 mm	M.-%	
16 mm	M.-%	
11,2 mm	M.-%	
2 mm	M.-%	25 bis 33
0,125 mm	M.-%	5 bis 10
0,063 mm	M.-%	3 bis 7
Mindest-Bindemittelgehalt		B <sub>min</sub> 4,0
<b>Asphaltmischgut</b>		
minimaler Hohlraumgehalt MPK		V <sub>min</sub> 5,0
maximaler Hohlraumgehalt MPK		V <sub>max</sub> 8,0

### 3.2 Maschinenteknik

Der gleichzeitige Einbau einer sehr dicken Tragschicht und einer dünnen Deckschicht bei gleicher Einbaugeschwindigkeit wie bei üblichen Vorhaben in Kompaktasphaltbauweise stellt besondere Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Maschinenteknik des Kompaktasphaltfertigers. Einerseits ist in gleicher Zeit mehr Tragschichtmischgut lagegerecht einzubauen, andererseits unterscheidet sich dieses Mischgut durch den besonders groben Kornanteil (45 mm) von üblichen Mischgutarten. Insbesondere bedingen diese Anforderungen eine Weiterentwicklung der Bohrentechnik im Sinne einer optimalen Abstimmung der Einbaubohlen für die Trag- und Deckschicht bei gleicher Arbeitsgeschwindigkeit.

Für die Tragschichtbohle wurden folgende Änderungen vorgesehen:

- Erhöhung der Mischgutvorlage,
- Anpassungen an Kanal- und Abweisblechen, um Entmischungen zu reduzieren,
- Vergrößerung des Einzugswinkels an der Bohlenvorderwand,
- Abflachung des Tamper-Anstellwinkels und Anfasung der Vorderkante des Glättblechs,
- statische Erhöhung des Bohlen gewichts (Auflast) und Verstärkung der Bohlenabstützung,

- Adaption eines Kantenformers mit Außenvibration und ausreichender Tiefenwirkung zur Stabilisierung der Randbereiche,
- Verwendung maximaler Einstellwerte am Tamper (Hubhöhe, Drehzahl), am Glättblech (Vibration, Druck, Drehzahl) und der Pressleiste(n) (Druck, Frequenz) zur Erzielung einer hohen Vorverdichtung.

An der Deckschichtbohle sind gegenüber der konventionellen Kompaktasphaltbauweise keine wesentlichen konstruktiven Änderungen vorzusehen. Aufgrund der geringen Einbaugeschwindigkeit und geringen Schichtdicke sollte mit minimalen Einstellwerten an Tamper und Pressleiste gearbeitet werden.

### 3.3 Einbauprozesse

Die Fragestellung des Projekts umfasste die Optimierung von Prozessen auf zwei Ebenen. Einerseits müssen die technischen Einbau- und Verdichtungsprozesse für die modifizierte Kompaktasphaltbauweise mit einer sehr dicken Tragschicht angepasst werden. Andererseits erfordert das Ziel einer Bauzeitenverkürzung in Kombination mit hohem Mischgutbedarf die Verbesserung von baustellenlogistischen Prozessen.

#### 3.3.1 Fräsgutlogistik

Bei Erneuerungen mit teilweisem Ersatz der vorhandenen Befestigung (als vorrangiges Anwendungsgebiet der modifizierten Kompaktasphaltbauweise) muss gewährleistet sein, dass Fräsgut möglichst schnell vom Fräsor abtransportiert wird. Ziel ist die Reduzierung der Baustellendauer schon während der Fräszeit. Vorbereitend zum Einbau an einer projektbegleitenden Versuchsstrecke (BAB A 96) wurde ein entsprechendes, detailliertes Fräskonzept erstellt und erfolgreich umgesetzt. Folgende Punkte haben sich hinsichtlich des Umgangs mit großen Fräsgutmengen als besonders wichtig herausgestellt:

- Abstimmung des Gesamtkonzepts und der jeweiligen Kapazitäten unter allen Beteiligten vor dem Maßnahmenbeginn,
- Genaue Taktung der Transportfahrzeuge unter Vorhaltung von Reserven,
- Abstimmung der Fräsleistungen auf die Transportkapazitäten, gegebenenfalls Anpassung der Taktung bei Änderungen im Fräsbetrieb,
- Nummerierung und farbliche Markierung der Fräsen und Transportfahrzeuge,
- Bereitstellung ausreichend großer Aufstellflächen, Rangierwege und Reinigungsplätze,
- zentrale Koordination.

#### 3.3.2 Mischgutlogistik

Nur durch eine unterbrechungsfreie Mischgutversorgung der Baustelle kann der Einbau mit konstanter Geschwindigkeit durchgeführt werden. Allerdings kann der hohe Materialbedarf der Bauweise nur durch die gleichzeitige Belieferung von meh-

rerer Mischanlagen gedeckt werden. Die Koordination der Produktionsleistungen der einzelnen Asphaltmischanlagen sowie mehrerer Transportdienstleister stellt eine besondere baubetriebliche Herausforderung dar. Analog zur Optimierung der Fräsgutlogistik sollten daher auch für die Anlieferung großer Mischgutmengen inhaltlich sinngemäße Konzepte (s. o.) ausgearbeitet werden.

An den Versuchsstrecken BAB A 96 und B 68 wurden entsprechende Mischgutlogistikkonzepte erfolgreich erprobt. Beim Bauvorhaben B 68 kam überdies ein im Hause STRABAG entwickeltes Fertiger-Terminal zum Einsatz, welches die Dokumentation von Lieferscheinen und Kenndaten der Mischgutübergabe beschleunigt. Bei beiden Projekten ist zur Beschleunigung der Mischgutübergabe zudem mit Beschickern gearbeitet worden. Außerdem wurden jeweils Transportfahrzeuge mit Abschiebemodul erprobt, deren Übergabezeit aufgrund des nicht notwendigen Abkippens geringer ist.

### 3.3.3 Einbau und Verdichtung

Der eigentliche Einbau- und Verdichtungsprozess ist überwiegend von maschinentechnischen Konfigurationen und Einstellungen abhängig. Auf Prozessebene im weiteren Sinne tritt die Verwendung des richtigen Vorhaltemaßes als weitere Besonderheit im Kontext des Einbaus hinzu. Zu Beginn des Forschungsprojekts lagen keine Erfahrungen zum Verdichtungsverhalten und somit zur endgültigen Einbaudicke einer dicken Tragschicht aus grobkörnigem Mischgut nach der Bohlen- und Walzverdichtung vor. Dies betrifft auch die Stabilität der hohen

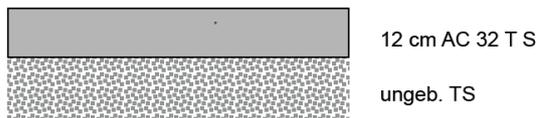
Randbereiche während der Walzübergänge. Aufgrund der hohen Relevanz des Verdichtungsergebnisses für die Gebrauchstauglichkeit (Ebenheit) und Dauerhaftigkeit (Verdichtungsgrad, Hohlraumgehalt) eines Asphaltaufbaus waren daher auf den Versuchsfeldern und -strecken verschiedene Walzstrategien zu erproben.

## 4 Versuchsfelder

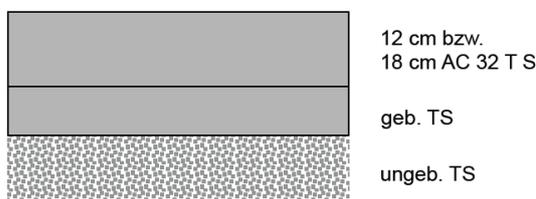
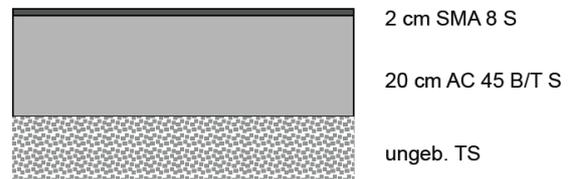
### 4.1 Konzept

Vor der erstmaligen Anwendung der modifizierten Kompaktasphaltbauweise und des zugehörigen Mischguts AC 45 B/T S auf realen Strecken war eine Erprobung auf kleinmaßstäblichen Versuchsfeldern (je ca. 4 x 25 m<sup>2</sup>) auf dem Betriebsgelände der Fa. Kirchner in Bad Hersfeld vorgesehen. Hierzu wurden als abzubildende Anwendungsfälle der Neubau einer geringbelasteten Straße (Belastungsklasse 3,2 nach RStO 12) und die Erneuerung bei teilweisem Ersatz der vorhandenen Befestigung an hochbelasteten Straßenkonstruktionen (Bk100, RStO 12) festgelegt. Zu Vergleichszwecken waren zudem Referenzfelder in konventioneller Bauweise nach RStO 12 vorgesehen (Aufbauten siehe Bild 6). Da die konventionellen Referenzaufbauten hinsichtlich der zu erzielenden Oberflächeneigenschaften Längs- und Querebenheit allgemein als unkritisch eingestuft werden und das Lastabtragungsverhalten maßgeblich von der Tragschicht abhängt, wurde auf den Einbau von Binder- und Deckschichten verzichtet.

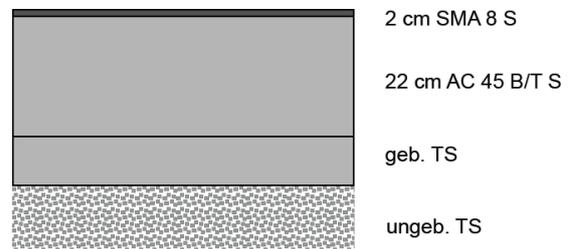
#### Referenz



#### Neubau in mod. Kompaktasphaltbauweise



#### Erneuerung in mod. Kompaktasphaltbauweise



**Bild 6: Aufbauten der Versuchsfelder in Bad Hersfeld**

### 4.2 Einbauvorbereitung

Der Mischgutlieferant Asphaltmischwerk Hauneck GmbH & Co. KG (AMH) erstellte anhand der Anforderungswerte für das Mischgut AC 45 B/T S und eigener Untersuchungen eine Eignungsprüfung. Bei der Durchführung einer Probemischung zeigten sich keine verfahrens- oder maschinentechnisch be-

dingten Probleme mit dem Größtkorn. Die Asphaltmischung wirkte homogen durchmischt und die Einzelkörner ausreichend mit Bindemittel umhüllt.

Am Einbaugerät wurden die unter Abschnitt 2.2 genannten Modifizierungen durchgeführt. Zudem sind die Unterlagen der

Versuchsfelder für den Einbau vorbereitet worden (siehe Bild 7).



**Bild 7:** vorbereitete Unterlagen (oben ungebunden, unten gebunden)

### 4.3 Einbau

Der Einbau der Versuchsfelder erfolgte am 14.05.2014 bei wechselhaften Witterungsbedingungen. Als Einbaugerät kam auf allen Versuchsfeldern der entsprechend ausgerüstete Fertiger des Fabrikats Dynapac CM 3000 mit Kompaktasphaltmodul zum Einsatz. Auf den Kompaktasphalt-Feldern wurde zusätzlich mit einem Beschicker vom Typ Dynapac MF 300 gearbeitet (s. Bild 8).



**Bild 8:** Einbau der Versuchsfelder

Die vorverdichtete Oberfläche der kombinierten Binder-/Tragschicht unmittelbar hinter der Bohle zeigte sich eben homogen (s. Bild 9). Auch die Oberfläche der Kompaktasphaldeckschicht wirkte direkt hinter dem Fertiger eben und gleichmäßig geschlossen (s. Bild 10).



**Bild 9:** Oberfläche der Binder-/Tragschicht von Versuchsfeld 3 (mod. Kompaktasphalt 22+2 cm) vor der Deckschichtbohle



**Bild 10:** Deckschicht von Versuchsfeld 3 (mod. Kompaktasphalt 22+2 cm) vor der Walzverdichtung

Die dicken Kompaktasphaltpakete wurden (aufbauend auf bisherigen Erfahrungen mit konventionellem Kompaktasphalt) zunächst angewalzt, mit vier Übergängen vibrierend verdichtet und abschließend statisch geglättet. Da zum Einbauzeitpunkt noch kein spezieller Kantenformer mit Verdichtungswirkung vorlag, zeigten sich dabei insbesondere bei den dynamischen Walzübergängen in den Randbereichen erhöhte Einsenkmaße (s. Bild 11). Der alternative Einsatz einer konventionellen Kantenwalzvorrichtung an einer statischen Walze lieferte zudem unbefriedigende Kantenbilder (s. Bild 12).



**Bild 11:** erhöhtes Einsenkmaß bei dynamischem Walzübergang am modifizierten Kompaktasphalt



**Bild 12:** ungleichmäßiges Kantenbild an den dicken Kompaktasphaltaufbauten (rechts) ggü. typischer Kantenverdichtung am 12 cm – Referenzfeld (links)

## 4.4 Einbauergebnisse

Bei der Prüfung des Einbaumischguts wurden durchweg erstprüfungskonforme Ergebnisse festgestellt. Eine Untersuchung mittels Entmischungsapparatur zeigte keine auffälligen Entmischungsneigungen des Mischguts.

Die geplanten Schichtdicken wurden zuverlässig eingehalten (s. exemplarischen Bohrkern in Bild 13).



**Bild 13:** Bohrkern aus Versuchsfeld 3 (mod. Kompaktasphalt 22+2 cm auf geb. Unterlage)

Die erzielten Längsebenheiten an den Deckschichten der Kompaktasphaltaufbauten fielen positiv auf (s. Bild 14). Die Grenzwerte von 6 beziehungsweise 4 mm nach ZTV Asphalt-StB 4.2.5 (Ausgabe 2007/Fassung 2013) wurden an keiner Stelle überschritten.

Die Querebenheit der Kompaktasphaltdecken wurde in Abständen von 5 m jeweils als Querprofil mittels 4-m-Latte erfasst. In Feldmitte wurden die Anforderungswerte von 6 beziehungsweise 4 mm nach ZTV Asphalt-StB 4.2.5 (Ausgabe 2007/Fassung 2013) zuverlässig eingehalten (max. 2 mm). An den Rändern der Befestigung nahmen die Unebenheitsmaße deutlich zu (max. 21 mm in Einbaurichtung rechts, siehe Bild 15). Es ist anzunehmen, dass die mangelnde Vorverdichtung der Kanten zu einer unzureichenden Stabilität der Randbereiche geführt hat.

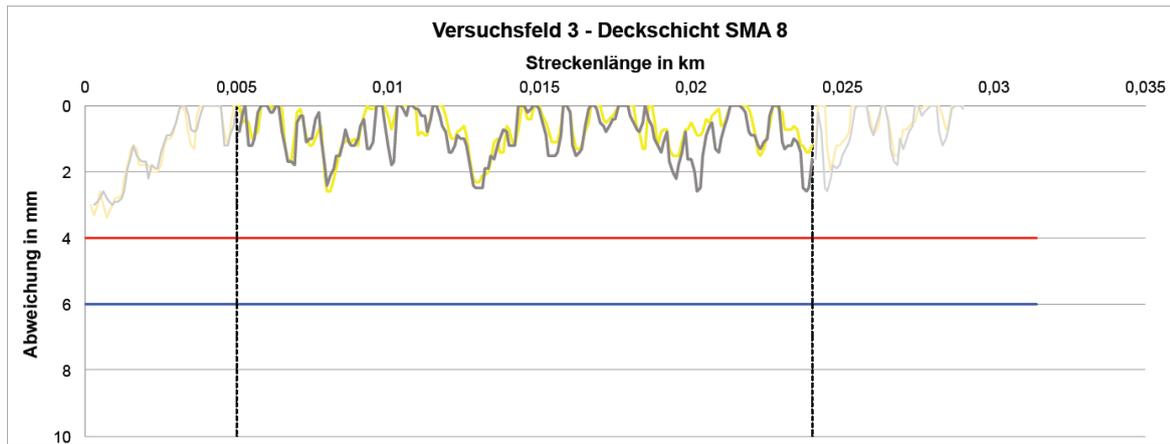


Bild 14: Längsebenheit an Versuchsfeld 3

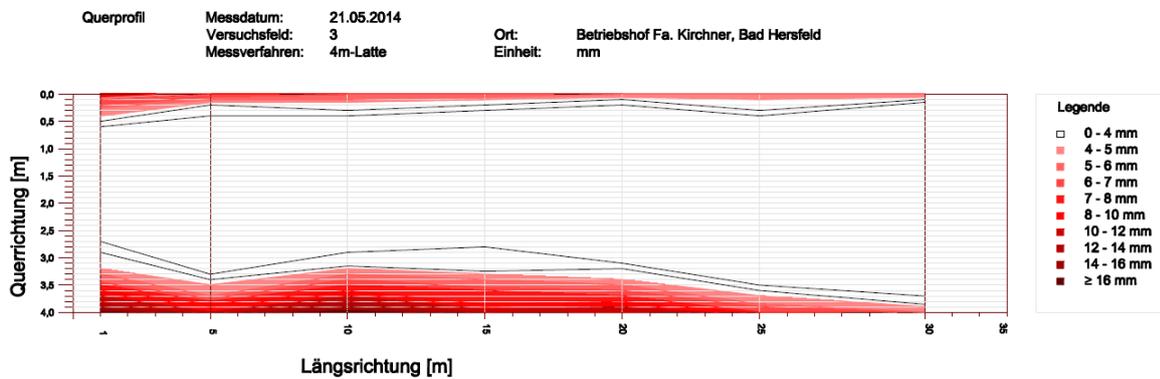


Bild 15: Querebenheit an Versuchsfeld 3

Zur Bestimmung des Schichtenverbunds wurde das "Abscherverfahren nach Leutner" angewandt. Es konnte festgestellt werden, dass der Schichtenverbund an den Schichtgrenzen innerhalb des Kompaktasphaltaufbaus höher ist als zwischen einer konventionellen Tragschicht AC 32 T S und der gebundenen Unterlage (s. Bild 16). Ursächlich für den besseren Verbund sind vermutlich die Verwendung polymermodifizierten Bitumens und der Einbau "heiß auf heiß" (zwischen Trag- und Deckschicht).

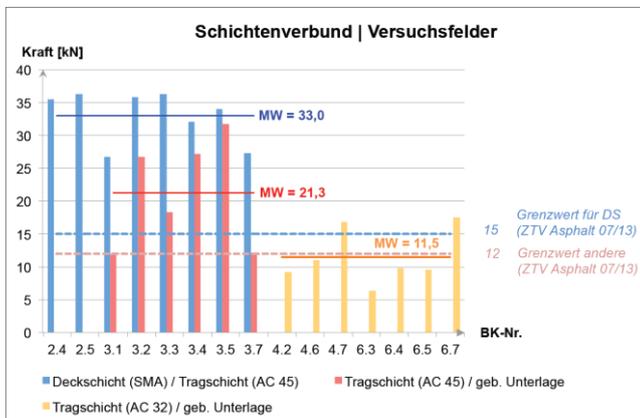


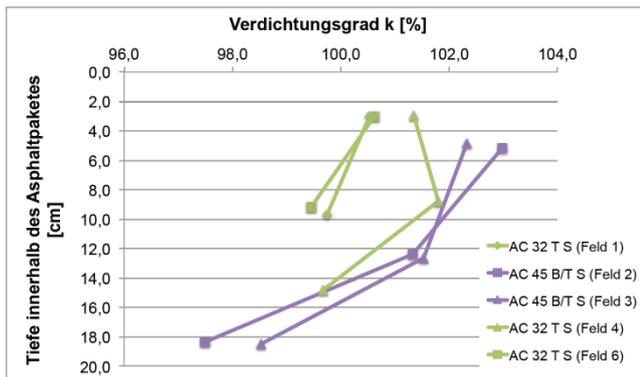
Bild 16: Schichtenverbund an den Versuchsfeldern

Um die Entwicklung der Verdichtungsgrade mit zunehmender Tiefe messen zu können, wurden die Tragschichten der untersuchten Bohrkerns in zwei beziehungsweise drei Scheiben geteilt. An den einzelnen Scheiben wurde dann der jeweilige Verdichtungsgrad bestimmt. Da die so gemessenen Werte den Mittelwert einer jeden Scheibe beziffern, wurden in nachstehendem Diagramm (Bild 17) die Messwerte stets in der Mitte der zugehörigen Scheibe verortet.

Es zeigt sich, dass an den dicken Schichten aus dem Mischgut AC 45 B/T S sehr hohe Verdichtungsgrade (bis 103,0 %) im oberen Schichtbereich festgestellt werden können. Die Werte verringern sich mit zunehmender Tiefe zunächst wenig, ehe sie einen deutlichen Abfall zur Schichtunterseite hin zeigen. Hier wurde der ungünstigste Wert zu 97,5 % bestimmt. Über die Höhe gemittelt liegen die Verdichtungsgrade der dicken Schichten bei ca. 100 %. Das 18 cm dicke Referenzfeld mit dem Tragschichtmischgut AC 32 T S weist einen ähnlichen Kurvenverlauf auf, wengleich die Verdichtungsgrade etwas geringer ausfallen.

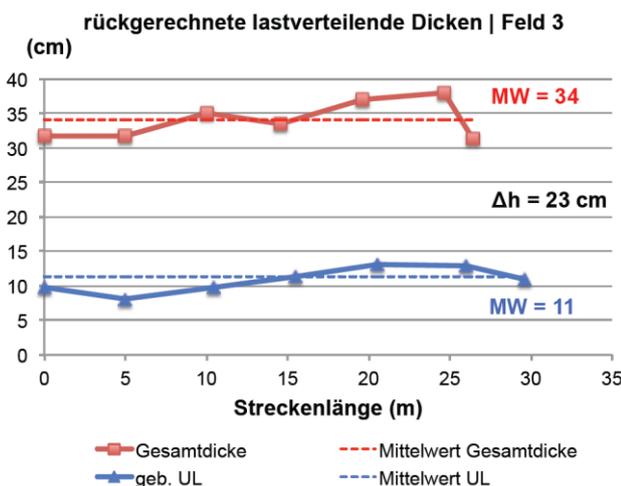
An den 12 cm dicken Referenzfeldern mit dem Tragschichtmischgut AC 32 T S fallen die Verdichtungsgrade im oberen Schichtbereich deutlich geringer aus (ca. 100,5 %) und sinken zur Schichtunterseite auf ca. 99,5 % ab. Der Abfall des Verdichtungsgrads pro Tiefeneinheit ist ungefähr gleich groß wie in den entsprechenden Abschnitten der Kurven der Kompaktasphalt-

aufbauen. Der über die Höhe gemittelte Verdichtungsgrad liegt auch hier bei ca. 100 %.



**Bild 17: Verdichtungsgrade in unterschiedlichen Tragschichttiefen der Versuchsfelder**

Die Tragfähigkeiten der einzelnen Versuchsfelder wurden vor und nach dem Einbau über dynamische Messungen mit dem Falling Weight Deflectometer (FWD) bestimmt. Dabei wurden mittlere E-Moduln von hochbelasteten Asphaltaufbauten angesetzt (s. Bald et al., 2011), um aus den gemessenen Verformungsmulden auf die Gesamtdicken der lastverteilenden Aufbauten rückrechnen zu können. Da diese Gesamtdicken durch Bohrkernentnahmen bekannt waren, konnte durch einen Vergleich zwischen Rückrechnung und gemessener Dicke festgestellt werden, ob die angenommenen Verformungsmoduln zutreffend waren. Im Falle von Versuchsfeld 3 betrug die gemessene Gesamtdicke im Mittel 35,9 cm, während die Rückrechnung mit einem typischen  $E_1$ -Modul von 1 600 N/mm<sup>2</sup> einen theoretischen Mittelwert von ca. 34 cm ergab (s. Bild 18). Im Rahmen der Genauigkeit des Verfahrens kann daraus gefolgert werden, dass die Tragfähigkeit des Kompaktasphaltaufbaus jenem typischer hochbelasteter Straßen entspricht.



**Bild 18: rückgerechnete lastverteilende Dicken an Versuchsfeld 3**

Zum Vergleich der theoretischen Lebensdauern wurden an Bohrkernen der Versuchsfelder weitere Materialparameter ermittelt. Eine Berechnung mit dem Tool PaDesTo lieferte dabei für den modifizierten Kompaktasphalt tendenziell geringere Ermüdungszustände.

## 5 Versuchsstrecke B 68

Für das vorliegende Projekt konnte ein Sanierungsvorhaben an der B 68 als Versuchsstrecke zur ersten realmaßstäblichen Erprobung der neuen Bauweise gewonnen werden. Im Abschnitt Quakenbrück – Badbergen galt es, den Oberbau durch teilweisen Ersatz der vorhandenen Schichten zu erneuern. Hierzu kam die modifizierte Kompaktasphaltbauweise mit dem gleichzeitigen Einbau einer 20 cm dicken Trag-/Binderschicht AC 45 B/T S und einer 2,5 cm dicken Deckschicht AC 8 D S zur Anwendung. Der vorhandene Oberbau wurde zuvor bis auf die entsprechende Tiefe abgefräst.

Der Asphalteinbau an dem ca. 1 200 m langen Abschnitt fand am 29.08.2014 statt und dauerte rund zwölf Stunden. Ein konventioneller Einbau von drei Asphaltsschichten hätte eine längere Einbauzeit von mindestens drei Tagen erfordert. Eine Verkürzung der üblichen Bauzeit konnte somit eindeutig erzielt werden.

Aus baubetrieblicher Sicht erwiesen sich die zuvor erarbeiteten Fräs- und Mischgutlogistikkonzepte als unabdingbar. Das Handling der großen Materialmengen erforderte eine strukturierte Koordination aller Beteiligten. Hinderlich war die geringe Einbaubreite von ca. 6,50 m. Einerseits bedingten langsame Rangierprozesse der Transportfahrzeuge längere Wechselzeiten, andererseits konnte nur mit einem einzelnen Beschicker für Trag- und Deckschichtmischgut gearbeitet werden.

Die technischen Einbauergebnisse waren größtenteils anforderungskonform und vergleichbar mit konventionellen Bauweisen. Eine Ausnahme stellt hier die Ebenheit dar. In Längs- und Querrichtung zeigten sich teils deutliche Überschreitungen der zulässigen Toleranzen. Ursächlich hierfür sind vermutlich Unregelmäßigkeiten in der Unterlagenbeschaffenheit, häufige Profilwechsel, eine unzureichende Stabilität der Randbereiche, häufige Fertigerstillstände und Schwankungen der Mischgutzusammensetzung durch erhöhten Recyclinggranulatanteil.

## 6 Zusammenfassung und Ausblick

In vorliegendem Projekt wurde die Idee einer modifizierten Kompaktasphaltbauweise zur Bauzeitenbeschleunigung durch gleichzeitigen Einbau von Trag- und Deckschicht untersucht. Das hierzu konzipierte Trag-/Binderschichtmischgut AC 45 B/T S ließ sich in konventionellen Asphaltmischanlagen großtechnisch homogen produzieren und auf Versuchsfeldern, sowie auf der Versuchsstrecke B 68 in Dicken von 20 – 22 cm gleichzeitig mit einer dünnen Deckschicht lagegerecht einbauen. Die Einbauergebnisse waren hinsichtlich technischer Anforderungen überwiegend gleichwertig mit Standardbauweisen, die Einbauzeit konnte jedoch deutlich verkürzt werden. Als problematisch erwiesen sich teils deutliche Unebenheiten in Längs- und Querrichtung. Hierfür kommen mehrere Ursachen in Betracht, die teilweise jedoch nicht dem neuen Konzept, sondern allgemeinen baupraktischen Randbedingungen geschuldet sind. Unstrittig ist, dass gegenüber dem mehrlagigen Einbau keine Ausgleichsmöglichkeiten für die Ebenheit vorliegen und somit erhöhte Anforderungen an die Unterlage und die Einbauprozesse gestellt werden müssen. Außerdem zeigte sich, dass dicke Schichtpakete in Randbereichen verformungsanfällig sind und eine Entwicklung spezieller Kantenverdichtungsmodule erfordern. Weiterer Forschungsbedarf besteht zudem in der

Beschreibung des Verdichtungsverhaltens und der Entwicklung alternativer Prüfmethode für grobkörniges Mischgut.



**Bild 19: Einbau mit modifizierter Kompaktasphaltbauweise an der Versuchsstrecke B 68**

### 7 Literaturverzeichnis

Bald, J. S.; Nguyen, A.-D.; Schwebel, N.; Böhm, S. (2011): Optimierung von Maßnahmen zur Erhaltung einer funktionstüchtigen Straßeninfrastruktur – Ermittlung des Substanzwertes, Forschungsvorhaben, FE-Nr. 88.0100 /2009, TU Darmstadt

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2012): Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen – Ausgabe 2012 (RStO 12), FGSV Verlag, Köln

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2013): Technische Lieferbedingungen für Asphaltmischgut für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen, Ausgabe 2007/Fassung 2013 (TL Asphalt-StB 07/13), FGSV Verlag, Köln

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2013): Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen aus Asphalt, Ausgabe 2007/Fassung 2013 (ZTV Asphalt-StB 07), FGSV Verlag, Köln

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2012): Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für die Bauliche Erhaltung von Verkehrsflächenbefestigungen – Asphaltbauweisen, Ausgabe 2009 (ZTV BEA-StB), FGSV Verlag, Köln

Weller, A.: Konzeption einer groben Asphalttragschicht, Diplomarbeit, Fachgebiet Straßenwesen, TU Darmstadt, 2013