



Projektmappe

-Temperaturabgesenkter Asphalt-



High-tech additives for the road industry

Progetti e prodotti eco-sostenibili per il settore stradale

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	3
1 Zielstellung.....	4
2 Produktbeschreibung – ITERLOW-T.....	5
2.1 Physikalische Eigenschaften.....	6
2.2 Dosierung.....	6
2.3 Lieferform, Verpackung und Lagerung	6
2.4 Sicherheit und Umwelt	6
3 Bitumen und ITERLOW-T	7
4 Herstellung von Asphaltmischgut unter Laborbedingungen mit ITERLOW-T.....	8
5 Referenzbaustellen mit ITERLOW-T.....	11
5.1 Baustraße Tutow, Mecklenburg Vorpommern.....	11
5.1.1 Produktion und Einbau der Asphalttragschicht	12
5.1.2 Produktion und Einbau der Asphaltdeckschicht.....	13
5.2 Fazit zum Einbau	14
6 Literaturverzeichnis	15
7 Abbildungsverzeichnis	16
8 Tabellenverzeichnis	17

Einleitung

Gemäß des ARS 09/2021 reichen wir hiermit den Nachweis zur Berücksichtigung des Additives **ITERLOW-T** für die Herstellung von temperaturabgesenktem Asphalt ein.

Zur Einhaltung des geplanten Arbeitsplatzgrenzwertes, der entsprechend den MAK-Empfehlungen auf 1,5 mg/m³ für Bitumendämpfe und -aerosole herabgesetzt wurde, stehen nach derzeitigem Stand keine qualifizierten technischen Lösungen zur Verfügung, die eine Einhaltung zielsicher gewährleisten. Daher wird geplant, die gezielte Reduktion der Asphaltmischguttemperaturen bereits heute durch die Verwendung von Bitumenadditiven positiv zu beeinflussen.

Neben der Reduzierung der Asphaltmischguttemperatur beim Einbau werden durch die Zugabe von ITERLOW-T zusätzliche Vorteile generiert, wie die Verbesserung der Verarbeitbarkeit, eine Erhöhung der Verformungsbeständigkeit oder eine vorzeitige Verkehrsfreigabe.

1 Zielsetzung

Durch die Verwendung eines Bitumenadditives ITERLOW-T unter gleichzeitiger Absenkung der Herstelltemperatur, sollen Erkenntnisse zur Verarbeitbarkeit und Verdichtungswilligkeit von Niedrigtemperaturasphalt (bzw. Warmasphalt) gesammelt werden.

Zur Erreichung der Zielstellung werden im Vorfeld unter Laborbedingungen, verschiedene Modifikationsgrade hergestellt und ihre Verdichtungs- und Verarbeitungsfähigkeit in Kombination mit unterschiedlichen Herstelltemperaturen geprüft.

Basierend auf den gewonnenen Erkenntnissen sollen anschließend großtechnische Versuche, in Kooperation mit der GP Papenburg Asphaltmischwerke GmbH bzw. der GP Asphaltmischwerke Nord GmbH, erfolgen. Im Falle der hiesigen Anwendungsbeschreibungen wurde der ITERLOW-Typ ITERLOW-T eingesetzt.

2 Produktbeschreibung – ITERLOW-T

2.1. Allgemeine Wirkungsweise

Ein wesentlicher Unterschied der ITERLOW-Reihe im Vergleich zu anderen Additiven, ist deren Wirkweise, die sich nicht **negativ** auf die Bitumenrheologie auswirkt.

Die Wirkweise von ITERLOW-T ermöglicht es, dass die Misch- und Verarbeitungstemperatur von Asphaltmischgut bei deutlich abgesenkten Temperaturen erfolgen kann. Die Herstellung von Asphaltmischgut ist bereits bei einer Erwärmung der Gesteinskörnungen auf nur 125 - 130 °C möglich. Hierdurch ergeben sich zusätzliche Energieeinsparpotentiale sowie die Chance aktiv zur Reduktion von Schadstoffbelastungen beizutragen. Parallel dazu stellt sich durch die Zugabe von ITERLOW-T ein signifikanter Wirkungsgrad als Haftvermittler ein. Das unter Verwendung von ITERLOW-T hergestellte Asphaltmischgut kann bei Temperaturen zwischen 120 °C und 90 °C verarbeitet und verdichtet werden. Das heißt in Temperaturbereichen, bei denen kaum noch heiße Bitumendämpfe emittiert werden. Auf diese Weise ist es möglich, Asphalt bei viel geringeren Temperaturen einzubauen oder im Falle höherer Starttemperaturen, das „Einbauzeitfenster“ zu verlängern.

2.2. Chemische Eigenschaften

ITERLOW ist eine flüssige chemische Reihe von Additiven, die im Allgemeinen als Tenside wirken und organische Aminogruppen enthalten (oder Polyphosphor im Fall von ITERLOW-P). Eine Besonderheit von ITERLOW ist, dass es sich um ein polyfunktionales Additiv handelt. Polyfunktionale Additive reduzieren die Grenzflächenreibung zwischen dünnen Schichten des eingesetzten bitumenhaltigen Bindemittels und den beschichteten Gesteinskörnungen. Gleichzeitig verbessern polyfunktionale Additive die Verarbeitbarkeit, indem sie die "Schmierung" (aus chemischer Sicht) erhöhen und das Mischen und Verdichten bei niedrigeren Temperaturen ermöglichen. Des Weiteren reduzieren diese Additive die freie Oberflächenenergie der Bindemittel-Gesteinskörnungs-Grenzfläche, was zu einer besseren Benetzung der Gesteinskörnung durch das Bindemittel führt. Die Tenside in ITERLOW-T beispielsweise werden an der Gesteinskörnungsoberfläche über lange Kohlenwasserstoffketten adsorbiert, die über die Gesteinsoberfläche hinausragen, was die Grenzflächenhaftung zwischen Bindemittel und Gesteinsoberfläche fördert.

2.3. Physikalische Eigenschaften

Das Produkt zeichnet sich durch folgende physikalische Eigenschaften aus:

Eigenschaften	ITERLOW-T
Aggregatzustand bei 25 °C	Viskose Flüssigkeit
Viskosität bei 25 °C	180 – 270 cP
Dichte bei 25 °C	0,95 ± 0,2 g/cm ³
Gießpunkt [°C]	-8,0
Flammpunkt [°C]	≥ 120,0

Tabelle 1: ITERLOW-T – physikalische Eigenschaften

2.4. Dosierung

Es empfiehlt sich eine Dosierung zwischen 0,2 M.-% und 0,5 M.-%, bezogen auf das Bitumengewicht. Eine Variation bzw. Anpassung der Dosiermenge ist in Abhängigkeit der baustellenspezifischen Gegebenheiten (Umgebungsbedingungen, Ziel-Temperatur des Asphaltmischgutes, Prozentsatz der zu erreichenden Hohlräume usw.) ebenfalls möglich. Grundsätzlich empfiehlt es sich, um eine höhere Effizienz des Produkts zu erreichen, ITERLOW-T direkt dem Bitumen hinzuzugeben. Wir empfehlen ein Inline-Blending in die Bitumenleitung bzw. eine Zugabe direkt in die Bitumenwaage.

2.5. Lieferform, Verpackung und Lagerung

ITERLOW-T wird flüssig in Fässern oder alternativ in IBC geliefert.

Bei der Lagerung sollte darauf geachtet werden, dass das Produkt nicht unmittelbar der Witterung ausgesetzt und vor starker Sonneneinstrahlung geschützt gelagert wird.

2.6. Sicherheit und Umwelt

ITERLOW-T ist eine kennzeichnungspflichtige, viskose Flüssigkeit bestehend aus Aminosubstanzderivaten, die bei Hautkontakt zu allergischen Reaktionen führen kann. Nähere Informationen entnehmen Sie bitte dem Sicherheitsdatenblatt.

3 Bitumen und ITERLOW-T

ITERLOW-T hat gegenüber einigen Wettbewerbsprodukten den Vorteil, dass es keine negativen Auswirkungen auf Bitumenkennwerte wie bspw. den Erweichungspunkt Ring und Kugel ausübt (siehe Tabelle 2).

Bindemittel	Penetration (1/10 mm)	Erweichungspunkt (C°)
Straßenbaubitumen 50/70	64,5	48,8
Straßenbaubitumen 50/70 + 0.5 M.-% Iterlow T	64,9	48,2
PmB 25/55-55 A + 0.4 M.-% Iterlow T	44,5	60,0

Tabelle 2: Konventionelle Bitumenkennwerte

Im Rahmen weiterer Standardtests (EN 1426, EN 1427 und EN 13302) an frischem Straßenbaubitumen bzw. Polymermodifizierten Bitumen und ITERLOW-T konnte dies ebenfalls nachgewiesen werden. Die Höhe der Modifikation, bezogen auf das Bitumengewicht, betrug bei den Straßenbaubitumen 0,4 M.-% und bei den Polymermodifizierten Bitumen 0,5 M.-%.

Anhand der Brookfield Viskosität kann der Einfluss der Modifizierung graphisch dargestellt werden. Es wird deutlich, dass auch bei einer reduzierten Materialtemperatur eine ausreichend hohe Viskosität zur Verfügung steht, um eine vertragskonforme Verdichtungsleistung ins Material einzubringen (siehe Abbildung 1).

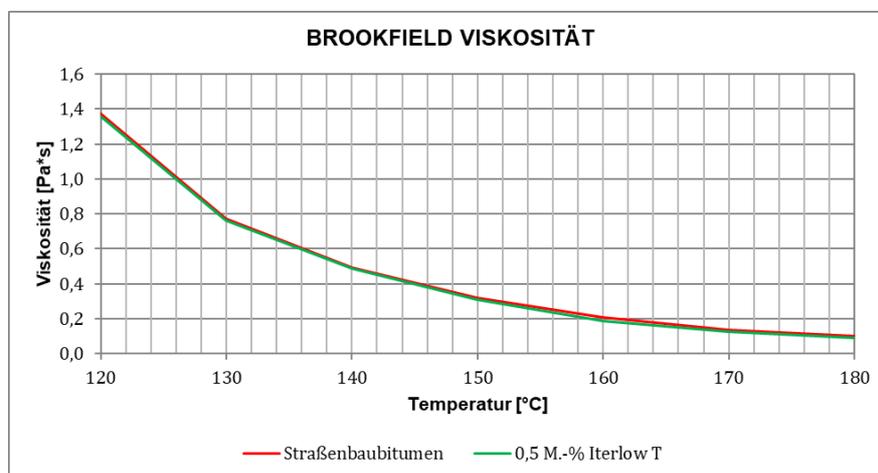
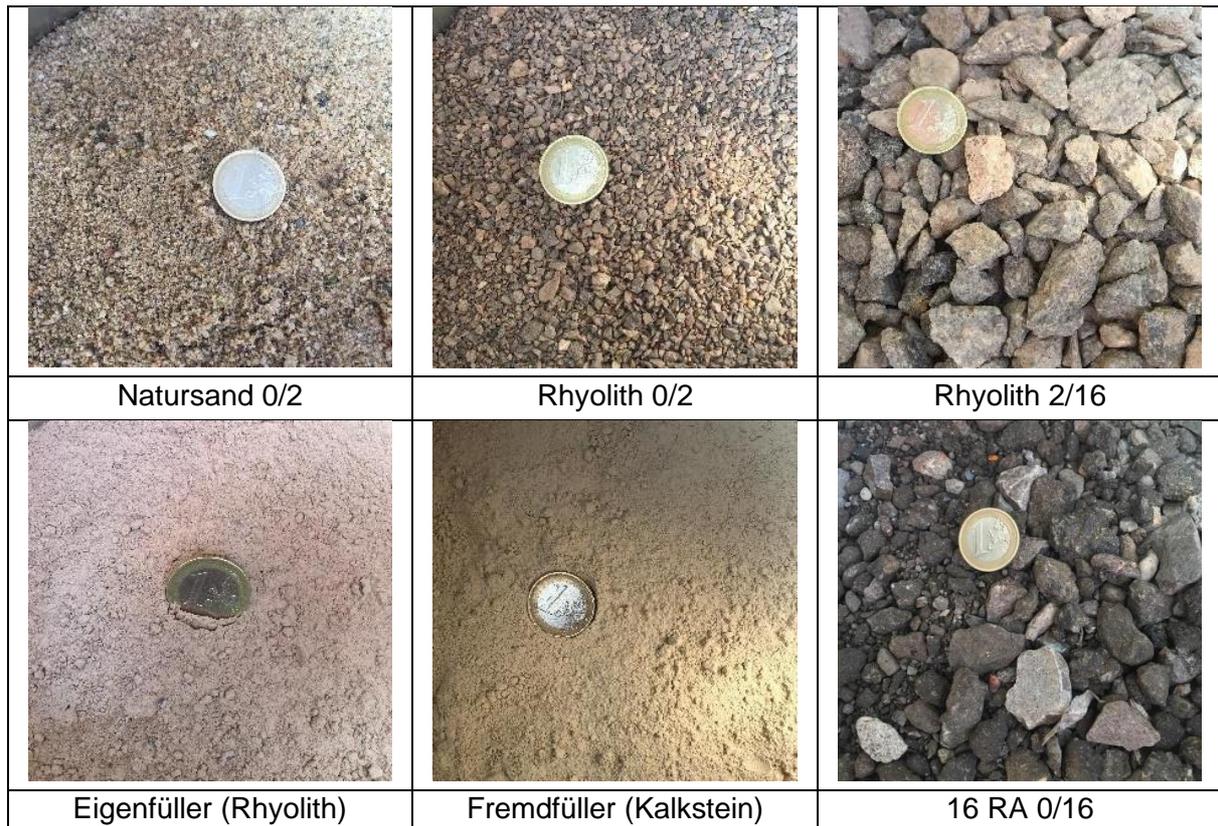


Abbildung 1: Brookfield Viskosität

4 Herstellung von Asphaltmischgut unter Laborbedingungen mit ITERLOW-T

Gemeinsam mit der GP Papenburg Asphaltmischwerke GmbH wurde unter Laborbedingungen eine AC 16 TD unter Zugabe von Recyclingasphalt und einem resultierenden Bindemittel 50/70 hergestellt. Der zugegebene Anteil an Ausbauasphalt betrug 40 M.-%.



Die verwendeten Gesteinskörnungen entstammen dem Hartsteinwerk Petersberg. Es handelt sich hierbei um Rhyolith. "Das Gestein besitzt ein feinkristallines, regelloses und porphyrisches Gefüge und zeichnet sich durch ein feinkristallines Kristallwachstum in der Grundmasse und durch deutlich größere Minerale (Phänokristalle) aus. Die Phänokristalle bestehen aus Feldspäten (Plagioklas und Kalifeldspat), aus Quarz und Biotit. Die Grundmasse setzt sich aus Quarz, Kalifeldspat und Plagioklas zusammen, wobei stark untergeordnet und fein verteilt eine Erzphase (Hämatit) vorhanden ist. Ebenso ist auf feinen Rissen oder Mineralrändern fein verteilt Kalzit vorhanden." (BBN Nordharz).

Der eingesetzte Natursand wird vom Kieswerk Schladebach bezogen. Als Kalksteinfüller wurde Füller der Mitteldeutschen Hartstein-Industrie GmbH (MHI) aus Bad Kösen eingesetzt. Das verwendete Asphaltgranulat wurde mittels Granulator aus Asphaltaufruch gezielt hergestellt und fraktioniert.

Unter Laborbedingungen wurden anschließend, unter Variation der ITERLOW-T Menge, die Verdichtungseigenschaften der Asphalttragdeckschicht überprüft. Parallel dazu wurde die Verdichtungstemperatur variiert. Hieraus ergab sich folgender Prüfplan:

Dosierung	0,0 M.-%	0,2 M.-%	0,3 M.-%	0,4 M.-%	0,5 M.-%
Temperatur					
135 °C	x	x	x	x	x
120 °C	x	x	x	x	x
110 °C	x	x	x	x	x
90 °C	x	x	x	x	x

Tabelle 3: Prüfplan

Der unter Standardbedingungen hergestellte Marshall-Probekörper wird fortan als Referenz betrachtet.

Nach Herstellung aller Probekörper konnten die Ergebnisse, wie in Tabelle 4 bzw. Abbildung 2 gezeigt, ausgewertet werden. Zu beachten: Ziel war es, Ergebnisse für Relativvergleiche zu generieren. Auf das Einhalten der Anforderungen aus den TL Asphalt-StB wurde hier verzichtet.

Wert:	Name	Dosierung	°C	Rohdichte	Raumdichte	Vol.-%	Verdichtungsgrad	R+K
Referenz	Referenz	0	135	2,461	2,3485	4,57%	100,00%	58,8
Versuch 1	0 120	0	120	/	2,3395	4,94%	99,62%	/
Versuch 2	0 105	0	105		2,3065	6,28%	98,21%	
Versuch 3	0 90	0	90		2,2785	7,42%	97,02%	
Dosierung 1	0,2 135	0,2	135	2,448	2,3655	3,37%	100,72%	63,4
Versuch 1	0,2 120	0,2	120	/	2,335	4,62%	99,43%	/
Versuch 2	0,2 105	0,2	105		2,306	5,80%	98,19%	
Versuch 3	0,2 90	0,2	90		2,2595	7,70%	96,21%	
Dosierung 2	0,3 135	0,3	135	2,431	2,355	4,31%	100,28%	57,8
Versuch 1	0,3 120	0,3	120	/	2,3265	5,47%	99,06%	/
Versuch 2	0,3 105	0,3	105		2,3145	5,95%	98,55%	
Versuch 3	0,3 90	0,3	90		2,2825	7,25%	97,19%	
Dosierung 3	0,4 135	0,4	135	2,444	2,371	3,66%	100,96%	62,8
Versuch 1	0,4 120	0,4	120	/	2,3515	4,45%	100,13%	/
Versuch 2	0,4 105	0,4	105		2,322	5,65%	98,87%	
Versuch 3	0,4 90	0,4	90		2,272	7,68%	96,74%	
Dosierung 4	0,5 135	0,5	135	2,444	2,383	3,17%	101,47%	65
Versuch 1	0,5 120	0,5	120	/	2,375	3,49%	101,13%	/
Versuch 2	0,5 105	0,5	105		2,3425	4,82%	99,74%	
Versuch 3	0,5 90	0,5	90		2,298	6,62%	97,85%	

Tabelle 4: Ergebnisse der Laborversuchsreihe

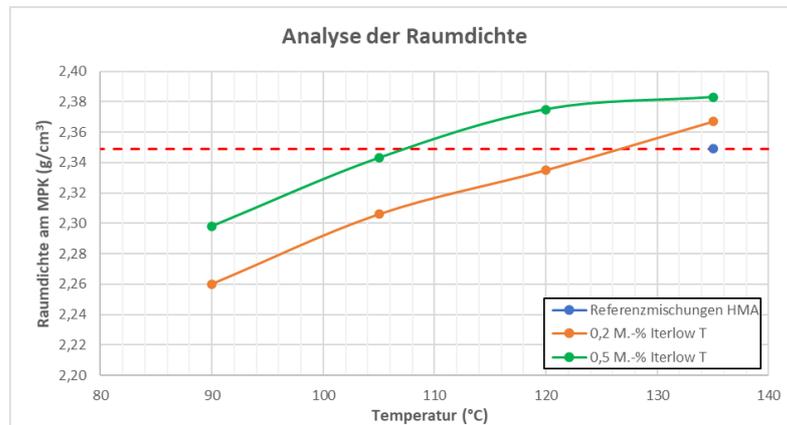


Abbildung 2: Analyse der Raumdichte

Insgesamt kann festgestellt werden, dass durch Zugabe von ITERLOW-T die Verdichtungseigenschaften bei Absenkung der Verdichtungstemperatur positiv beeinflusst werden. So gelang es bspw. bei einer Zugabe von 0,5 M.-% ITERLOW-T und einer Verdichtungstemperatur von 105 °C noch, einen Hohlraumgehalt am Marshall-Probekörper von 4,82 Vol.-% zu erzielen.

Dieser Hohlraumgehalt liegt nahe bei dem erzielbaren Hohlraumgehalt der Referenzvariante (4,57 Vol.-%), der allerdings bei 135 °C ermittelt wurde. D.h. es konnte mit ITERLOW-T eine Temperaturabsenkung von fast 30 Kelvin realisiert werden.

Bei einer Zugabe von 0,2 M.-% ITERLOW-T und einer Verdichtungstemperatur von 120 °C liegt der Hohlraumgehalt am Marshall-Probekörper bei 4,62 Vol.-%. D.h. hier ist bei geringerer ITERLOW-T-Dosierung immerhin noch eine Temperaturabsenkung von 15 Kelvin möglich.

Im Temperaturniveau von 90 °C konnte keine Modifikationsvariante zufriedenstellende Werte für den Hohlraumgehalt liefern. Eine Absenkung der Verdichtungstemperatur auf 90 °C sollte auf Basis der aktuellen Erkenntnisse, nicht erfolgen.

Für zukünftige Untersuchungen im Labormaßstab sollte das o.a. Prüfschema an Asphaltmischgutsorten für Asphaltdeckschichten erprobt werden. Hierfür wäre ein konventionelles Asphaltbetonmischgut für Asphaltdeckschichten AC 11 D S unter Verwendung von polymermodifiziertem Bitumen 25/55-55 A und Recyclingasphalt prädestiniert, da es in der praktischen Anwendung häufig realisiert wird.

5 Referenzbaustellen mit ITERLOW-T

5.1 Baustraße Tutow, Mecklenburg Vorpommern

Am 5. Juli 2021 konnte in Zusammenarbeit mit der GP Asphaltmischwerke Nord GmbH (Standort: Grimmen) eine Baustraße in Tutow unter Verwendung von ITERLOW-T realisiert werden. Geplant war die Herstellung einer temporären Baustraße im Bereich der Ortslage Tutow. Auf einer Gesamtlänge von ca. 300 Metern sollte, für einen Zeitraum von ca. 2 Monaten, eine Umfahrung der B 110 vor dem Ortseingang Tutow hergestellt werden. Innerhalb dieser Zeit sollte der bestehende Teilabschnitt der B 110 neu angebunden werden (siehe Abbildung 33).



Abbildung 3: Lage Baustelle – Einbaubereich
Quelle: OpenStreetMap – Deutschland

Im Rahmen dieser Baumaßnahme war es möglich, erste großtechnische Erfahrungen bei der Produktion von temperaturabgesenktem Asphaltmischgut mit ITERLOW-T am Mischwerk und dem anschließenden Einbau mittels Fertiger zu sammeln.

Im Vorfeld wurde mit allen am Bau Beteiligten eine sorgfältige Planung durchgeführt. Das erforderliche Einbaugerät und die zur Verdichtung notwendigen Walzen wurden ermittelt und die Einbaugeschwindigkeit den örtlichen Bedingungen angepasst. Für den Transport des Asphaltmischgutes kamen ausschließlich Thermomulden zum Einsatz (siehe Abbildung 4).



Abbildung 4: Transport mit Thermomulde

Insgesamt wurden ca. 270 t Asphaltmischgut für Asphalttragschichten (AC 22 T S) und ca. 140 t Asphaltmischgut für Asphaltdeckschichten (AC 8 D N) temperaturabgesenkt eingebaut. Zur Feststellung der Eigenschaften der fertigen Schicht wurde das Ingenieurbüro IBB Bischof aus Stralsund mit der Analyse beauftragt. Der Prüfbericht (Pb-Nr.: 13745) liegt als Anlage bei.

5.1.1 Produktion und Einbau der Asphalttragschicht

Die Produktion des Asphaltmischgutes für Asphalttragschichten erfolgte unter Verwendung von 0,5 % ITERLOW-T und einer RA-Menge von durchschnittlich 53,1 % M.-%. Die geplante Zieltemperatur für das Asphalttragschichtmischgut wurde im Vorfeld auf 135 °C festgelegt. Im Rahmen der Produktion wurde im Mittel eine Asphaltmischguttemperatur von ca. 123 °C ermittelt. Die Zielvorgaben der Iterchimica bezüglich Temperaturabsenkung wurden demnach sogar noch unterschritten. Gegenüber der konventionellen Herstellung wurde auf diese Weise das Asphaltmischgut mit einer um ca. 40 K abgesenkten Temperatur hergestellt. Die damit verbundene Reduktion der Dämpfe und Aerosole dürfte sich auf ca. 50 % belaufen. Auch die dadurch generierte Energieeinsparung wird beachtlich sein. Um sicherzustellen, dass eine ausreichend lange Zeit zur Additivierung zur Verfügung steht, wurde zusätzlich die Chargengröße auf 3000 kg begrenzt und die Nachmischzeit auf 20 Sekunden erhöht. Einbaubegleitend wurde die Temperatur jedes Fahrzeugs sowohl im Fertigerkübel als auch hinter der Bohle ermittelt. Im Mittel wurde eine Einbautemperatur von ca. 120 °C festgestellt (siehe Abbildung 5). Die anschließende Walzverdichtung erfolgte ohne Probleme. Zur Feststellung der realisierten Verdichtungsleistung wurden zusätzlich Bohrkerne aus der fertigen Schicht entnommen und durch das Ingenieurbüro IBB Bischof in Stralsund untersucht. Dem Prüfbericht ist zu entnehmen, dass ein Verdichtungsgrad von 99,7 % erzielt wurde. Im zweiten Abschnitt, in welchen die Verdichtung aufgrund örtlicher Randbedingungen ausschließlich statisch erfolgen durfte, liegt der erzielte Verdichtungsgrad bei 97 %. Die Anforderungen der ZTV Asphalt-StB an den Verdichtungsgrad der fertigen Schichten mit ≥ 98 % wären hier nicht erfüllt worden. Eine rein statische Verdichtung von Asphalttragschichten ist aber auch extrem unüblich, so dass dies bei

einer Bewertung unberücksichtigt bleiben sollte. Der Hohlraumgehalt der fertigen Schicht wurde nicht ermittelt.



Abbildung 5: Einbau Asphalttragschicht - Tutow

5.1.2 Produktion und Einbau der Asphaltdeckschicht

Die Produktion des Asphaltmischgutes für Asphaltdeckschichten erfolgte unter Verwendung von 0,5 M.-% ITERLOW-T und einer RA-Menge von durchschnittlich 44,3 M.-%. Die geplante Zieltemperatur für die Produktion des Asphaltmischgutes für Asphaltdeckschichten wurde im Vorfeld analog zu der vom Asphalttragschichtmischgut, auf 135 °C festgelegt. Im Rahmen der Produktion konnte im Mittel sogar bis auf eine Mischguttemperatur von ca. 124 °C abgesenkt werden. Die Zielvorgaben der Iterchimica wurden auch hier übertroffen. Gegenüber der konventionellen Herstellung konnte auch beim Asphaltmischgut für Asphaltdeckschichten die Produktion mit einer um ca. 40 K geringeren Herstelltemperatur realisiert werden. Die damit verbundene Reduktion der Dämpfe und Aerosole dürfte sich ebenfalls auf ca. 50 % belaufen. Das dadurch generierte Energieeinsparpotenzial wird ebenfalls beachtlich sein. Um sicherzustellen, dass eine ausreichend lange Zeit zur Additivierung zur Verfügung steht, wurde zusätzlich die Chargengröße auf 3000 kg begrenzt. Einbaubegleitend wurde die Temperatur jedes Fahrzeugs sowohl im Fertigerkübel als auch hinter der Bohle ermittelt. Im Mittel wurde eine Einbautemperatur von ca. 120 °C festgestellt. Die anschließende Walzverdichtung erfolgte ohne Probleme. Zur Feststellung der realisierten Verdichtungsleistung wurden zusätzlich Bohrkerne aus der fertigen Schicht entnommen und durch das Ingenieurbüro IBB Bischof in Stralsund untersucht. Dem Prüfbericht ist zu entnehmen, dass ein Verdichtungsgrad von 98,6 % erzielt wurde. Im zweiten Abschnitt, in welchem die Verdichtung aufgrund örtlicher Randbedingungen erneut nur statisch erfolgen konnte, liegt der erzielte Verdichtungsgrad bei 98 %. Die Anforderungen der ZTV Asphalt-StB an den Verdichtungsgrad der fertigen Schichten mit ≥ 98 % wären demnach erfüllt. Der Hohlraumgehalt der fertigen Schicht, im konventionell verdichteten Bereich beträgt 2,4 Vol.-%. Im zweiten Abschnitt liegt der Hohlraumgehalt bei ebenfalls guten 3,0 Vol.-%. In beiden Abschnitten werden die Anforderungen der ZTV Asphalt-StB an den Hohlraumgehalt der fertigen Schicht eingehalten.



Abbildung 6: Einbau Asphaltdeckschicht - Tutow

5.2 Fazit zum Einbau

Durch den gezielten Einsatz von ITERLOW-T zur Herstellung von Asphaltmischgut für Asphalttrag- und Asphaltdeckschichten ist es gelungen, vertragsgerechte Verkehrsflächenbefestigungen herzustellen. Die Absenkung der Produktions- sowie Einbautemperaturen um ca. 40 K hatten beim Einsatz von Vibrationsverdichtung keinen negativen Einfluss auf das Verdichtungsergebnis. Demnach wäre auch eine frühere Verkehrsfreigabe nach Abschluss der Einbauarbeiten einer Asphaltdeckschicht anzustreben.

6 Literaturverzeichnis

Baustoff-und Bodenprüfung Nordharz GmbH (BBN). (2020). *Prüfbericht nach den TL Gestein-StB (EN 13034) Asphalt.*

Deutscher Asphaltverband e.V. (DAV). (2009). *Temperaturabgesenkte Asphalte.* Bonn: DAV.

FGSV - Verkehrswesen, F. f.-u. (2011). *Merkblatt für Temperaturabsenkung von Asphalt (M TA 2011).* FGSV.

Hutschenreuther, J. u. (2017). *Asphalt im Straßenbau, 3. Auflage.* Bonn: Kirschbaum Verlag Bonn.
ZTV Asphalt-StB

7 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Brookfield Viskosität	7
Abbildung 2: Analyse der Raumdichte	10
Abbildung 3: Lage Baustelle - Einbaubereich	11
Abbildung 4: Transport mit Thermomulde	12
Abbildung 5: Einbau Asphalttragschicht - Tutow	13
Abbildung 6: Einbau Asphaltdeckschicht - Tutow	14

8 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: ITERLOW-T – physikalische Eigenschaften	6
Tabelle 2: Konventionelle Bitumenkennwerte	7
Tabelle 3: Prüfplan	9
Tabelle 4: Ergebnisse der Laborversuchsreihe	9