

Die Zukunft des Straßenbaus ist digital. QSBW 4.0 soll zu einer erhöhten, flächendeckenden Qualität und Homogenität der neu einzubauenden Asphalt-schichten beitragen. (Quelle: Pixabay)



Qualitäts-Straßenbau Baden-Württemberg 4.0

Digitalisierung im Asphaltbau – Praxiserfahrung aus Baden-Württemberg

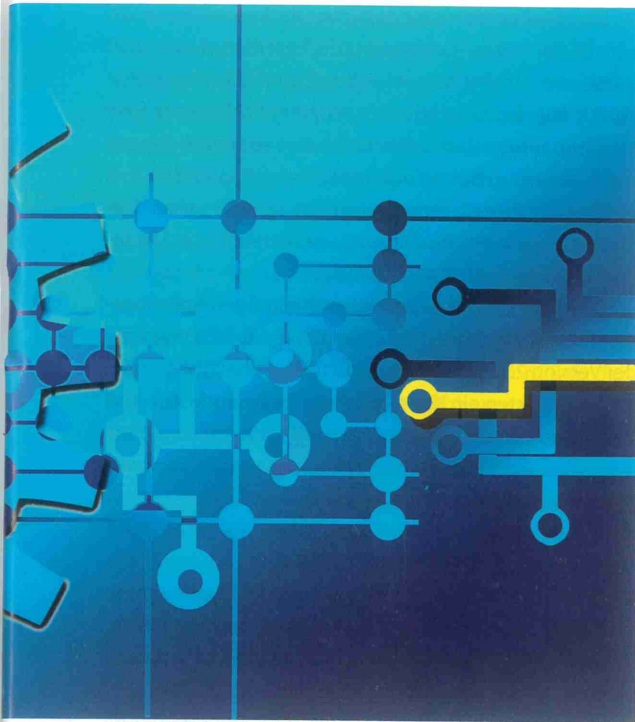
Seit 2018 sind in Baden-Württemberg Regelungen für den Bau von Asphaltbefestigungen mit erhöhten Qualitätsstandards in der Erprobungsphase. Die erhöhten Anforderungen betreffen dabei sowohl die Planung als auch die Ausführung entsprechender Baumaßnahmen. Durch das Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg wurden die Standards in Form des Handbuches: „Qualitäts-Straßenbau Baden-Württemberg 4.0 – QSBW 4.0“ [1] im Oktober 2018 veröffentlicht. Dem Handbuch liegen Muster für Baubeschreibungen und Leistungsverzeichnisse bei. Nachfolgend sollen Inhalte von QSBW 4.0 vorgestellt und über die Erfahrungen bei der Ausführung der Bauleistung und der Durchführung der Qualitätsüberwachung in Pilotprojekten berichtet werden. Der erste Teil des zweiteiligen Beitrages geht dabei auf Themen wie Netzabdeckung, Fräsen mit variabler Tiefe und Dynamische Logistik- und Einbausteuerung ein.

Von Dipl.-Ing. Sven Gohl

QSBW 4.0 beinhaltet einen in der Ausführung digital kontrollierten Bauprozess, der zu einer erhöhten, flächendeckenden Qualität und Homogenität der neu einzubauenden Asphalt-schichten beitragen kann. Hierfür werden moderne Technologien im Straßenbau verwendet. Beispielhaft ist der Einsatz von Softwarelösungen für eine intelligente Bauprozesssteuerung oder die flächendeckende Asphaltverdichtung während der Bauausfüh-

rung zu nennen. Auf Basis der eingeführten Regelungen ist jedoch nicht automatisch eine Erhöhung der Einbaugüte im Vergleich zum bisherigen Vorgehen abzuleiten. Vielmehr dienen alle nachfolgend dargestellten Inhalte von QSBW 4.0 dazu, einen prozesssicheren Einbau zu gewährleisten.

Grundvoraussetzung für den Erfolg der Umsetzung von QSBW 4.0 sind zwei Aspekte:



- eine fundierte Vorbereitung der Baumaßnahme durch den Auftraggeber, insbesondere durch eine detaillierte Bestandserhebung mit umfangreichen Vorkundungen und einer daraus abgeleiteten, sachgerechten Planung mit dem Ziel, durch variable Frästiefen ein neu erstelltes Deckenbuch über den nachfolgenden Einbau konstanter Asphalteinbaudicken in die Örtlichkeit umsetzen zu können sowie
- eine ausführliche Arbeitsvorbereitung des Auftragnehmers, die zu einem kontrollierten, qualitätsgerechten und unterbrechungsfreien Asphalteinbau mit konstanten Einbaudicken führt.

In den nächsten Abschnitten werden Inhalte aus QSBW 4.0 vorgestellt. Weiterhin wird über die Erfahrungen bei der Umsetzung von QSBW 4.0 in der Asphaltproduktion, der Bauausführung sowie der prüftechnischen Begleitung seitens der Verfasser anhand von Beispielen berichtet.

Aus Sicht des Ministeriums für Verkehr Baden-Württemberg werden folgende Prozessschritte während der Bauausführung als maßgeblich betrachtet und daher in QSBW 4.0 mit erhöhten Anforderung belegt:

- die Asphaltherstellung,
- die Logistik,
- der Einbau und
- die Verdichtung.

Diese Prozessschritte sind aufeinander abzustimmen. Hierfür ist es notwendig, dass seitens des Auftragnehmers eine genaue Planung der Logistik und des Einbauprozesses erfolgt. Beim Bau werden dabei die in den jeweiligen Prozessen digital gewonnenen Daten in einer Cloud miteinander vernetzt, dem geplanten Bau-Soll

gegenübergestellt und dynamisch während der Ausführung optimiert. Alle seitens des Auftraggebers geforderten Auswertungen zu den Prozessen sind in Echtzeit für bestimmte Projektbeteiligte mithilfe mobiler Geräte (Dashboards, z. B. Tablet oder Smartphone) aufzuzeigen. Die Online-Überwachung nach QSBW 4.0 umfasst bisher:

- eine Kartendarstellung mit Positionsanzeige der Mischanlage aller Transportfahrzeuge, der Straßenfertiger und der Walzen in Echtzeit,
- eine Ansicht über die berechnete Ankunftszeit je Lieferfahrzeug am Straßenfertiger sowie über die geplanten Abfahrtszeiten der beladenen Transportfahrzeuge am Mischwerk,
- eine Ansicht, in welcher „Ist“ und „Soll“ der Einbauleistung über die Zeit verglichen werden.

Alle Einbauprozesse sind auch mit einem erhöhten „Qualitätscontrolling“ [1] zu begleiten. Dies ist mit einem gegenüber den ZTV Asphalt-StB 07/13, Abschnitt 5.2 [2] erhöhtem Umfang der Eigenüberwachung gleichzusetzen. Die zusätzliche Eigenüberwachung umfasst die Messung der Verladetemperatur des Asphaltmischgutes an der Mischanlage sowie die Messung der Asphaltmischguttemperatur hinter der Fertigerbohle, die Aufnahme der Einbaugeschwindigkeit des Straßenfertigers, die Aufzeichnung der flächendeckenden Asphaltverdichtung beim Walzen, die Verdichtungsmessung mittels radiometrischen Messverfahren und die Schichtdickenmessung

Vollisoliert & Nutzlastoptimiert



Die Sattelkipper S.KI 7.2 LIGHT mit Thermo-Vollisolierung für Stahl-Rundmulde oder für Alu-Kastenmulde: Mehr Nutzlast, dauerhafte Isolierwirkung und maximaler Werterhalt. Ihre zukunftsichere Komplettlösung mit dem SMART PLUS Paket und mit innovativer S.KI Control App für mehr Komfort und Sicherheit. www.cargobull.com

**SCHMITZ
CARGOBULL** 
The Trailer Company.

mittels elektromagnetischen Messverfahren während des Asphalteinbaus. Eine Online-Überwachung in Echtzeit ist für die Inhalte des Qualitätscontrollings beim Einbau bisher nicht gefordert.

Da es sich bei Baumaßnahmen nach QSBW 4.0 um Erhaltungsmaßnahmen handelt, müssen den Prozessen des Asphalteinbaus noch die gezielten Fräsarbeiten zur Herstellung einer geeigneten Unterlage vorangestellt werden. Dies ist notwendig, um den Asphalteinbau mit konstanten Einbaudicken zu ermöglichen.

Historie

Erste Erfahrungen mit dem digitalen Bauprozess konnte die Baden-Württembergische Straßenbauverwaltung bereits im Jahre 2016 mit der praktischen Umsetzung des Forschungsprojektes „Smart-Site“ sammeln. Weitere Baumaßnahmen folgten in den Jahren 2016 bis 2018. Im Oktober 2018 wurden die gewonnenen Erfahrungen mit der Veröffentlichung des genannten Handbuchs [1] dokumentiert. Damit wurden die Grundlagen für die Ausführung weiterer Baumaßnahmen festgelegt.

Nach dem System „QSBW 4.0“ wurden bis Ende 2019 insgesamt zwölf Pilotprojekte durch die Straßenbauverwaltung ausgeschrieben und durch sechs unterschiedliche Baufirmen in Baden-Württemberg ausgeführt. Weitere Projekte folgten in 2020.

Aufbauend auf den mit QSBW 4.0 eingeführten Technologien und Prozessen wurde seitens der Straßenbauverwaltung für geeignete Baumaßnahmen in der Erhaltung QSBW 4.0 im Bereich der Landesstraßen für Flächen > 18.000 m² ab 2021 verbindlich eingeführt. Auch für kleinere Flächen ist der Bau nach QSBW 4.0 möglich. Ab 2022 gilt die verbindliche Einführung für Flächen größer 6.000 m².

Um die Umsetzung eines flächendeckenden Einsatzes von QSBW 4.0 zu prüfen, wurde bereits Anfang 2020 durch die Straßenbauverwaltung ein Erfahrungsaustausch mit den beteiligten Baufirmen, Prüflaboren und Straßenbaureferaten initiiert. Die Befragungen dienten der Evaluierung der geforderten Inhalte. Es wurden Vorschläge für Prozessverbesserungen, sowohl in der Planung als auch der Ausführung, gesammelt und bestehende Defizite offen angesprochen.

Die sich daraus ergebenden notwendigen Anpassungen des Handbuchs erfolgten mit der Veröffentlichung der Version 2.0 im November 2020 [3], wobei bisher nicht in allen Punkten ein Konsens zwischen Bauindustrie und Verwaltung erreicht wurde.

Inhalte der Bauausführung

Netzabdeckung

Die Verfügbarkeit globaler Navigationssatellitensysteme (GNSS) ist eine notwendige Grundvoraussetzung bei der Umsetzung von QSBW 4.0. Diese werden für die Standortermittlung der am Prozess beteiligten Maschinen und Fahrzeuge zwingend benötigt und sind daher bereits im Zuge der Ausschreibung durch den Auftraggeber zu überprüfen. In dieser Überprüfung müssen auch die voraussichtlichen örtlichen Verhältnisse (z. B. die Belaubung der Bäume) zum Zeitpunkt der Bauausführung mit einbezogen werden. Um zu gewährleisten, dass dem eingesetzten Prozess- und Logistiksteuerungssystem permanent die notwendigen Daten zur Verfügung gestellt werden können, wird bei allen Prozessbeteiligten ein lückenloser Zugang zu einem mobilen Netz in ausreichender Qualität benötigt. Um dies auf der gesamten Einbaustrecke zu gewährleisten, wird in QSBW 4.0 ein Baustellen WLAN gefordert. Die Einrichtung eines

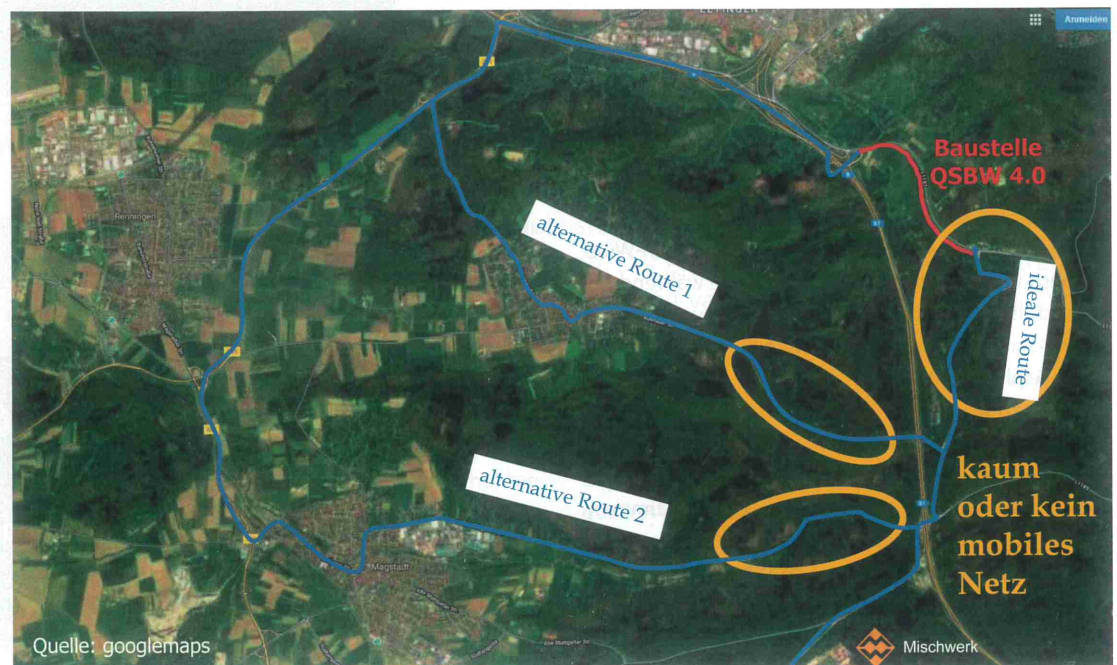


Abb. 1: Netzabdeckung bei der Baumaßnahme „L1187 FDE zwischen Glemseck und Leonberg“

WLAN-Netzwerkes erwies sich bisher als ungeeignet, die Baustellen mit mobilem Netz zu versorgen. Für die reibungslose Datenübertragung sollte daher ein stabiles Mobilfunknetz (mindestens Mobilfunkstandard 4G) auf dem Großteil der Strecke vorhanden sein.

Die mobile Netzabdeckung ist jedoch nicht nur für die Baustelle erforderlich. Ebenso muss diese auf allen Fahrwegen zwischen Asphaltmischanlage bis zur Baustelle verfügbar sein, da nach QSBW 4.0 die Ortung von Transportfahrzeugen auf den Lieferwegen in Echtzeit gefordert wird. Dadurch können mögliche Fahrzeitverlängerungen, beispielsweise infolge Staus, erkannt und dazu genutzt werden, über einen intelligenten Rechenalgorithmus Empfehlungen für die Veränderung der Einbaugeschwindigkeit an den Fertigerfahrer/Einbaupolier weiterzugeben, um den unterbrechungsfreien Einbau zu gewährleisten. Auf diesen Prozess wird in Abschnitt „Dynamische Logistik- und Einbausteuerung“ nochmals eingegangen.

Die genaue Ortung der Fahrzeuge sowie der Datenaustausch mit der Cloud können sich generell als schwierig erweisen. Beispielhaft ist in Abbildung 1 das Problem des nicht vorhandenen, flächendeckenden Mobilfunknetzes für die Baustelle „L1187 FDE zwischen Glemseck und Leonberg“ aufgezeigt.

Auf allen möglichen Routen vom nahe liegenden Asphaltmischwerk (ca. 8 km zur Baustelle) gab es Bereiche ohne Netzabdeckung durch Mobilfunkbetreiber. Ebenso führten die Routen durch bewaldetes Gebiet, sodass auch der Satellitenempfang gestört war. Aufgrund fehlender Signale wurden Ankunftszeiten von Lieferfahrzeugen auf der Baustelle falsch berechnet und dargestellt. Die aus unvollständigen Daten berechneten Empfehlungen für die Anpassung der Einbaugeschwindigkeit des Asphaltstraßenfertigers waren in der Folge ebenso fehlerbehaftet.

Für die Baustelle war der Wegfall der Echtzeitortung aufgrund der kurzen Routen nicht weiter entscheidend. Die wichtigen Informationen über die Verwiegung des Asphaltmischgutes an der Mischanlage und somit über den Materialzulauf waren vorhanden. Für Baustellen mit größerer Entfernung zum Asphaltmischwerk, insbesondere bei Nutzung stark befahrener Routen (mit erhöhter Staugefahr), kann sich eine nicht vorhandene mobile Netzabdeckung stärker auf die dynamische Logistik- und Einbausteuerung auswirken.

Das Beispiel belegt, dass nicht für jede Baumaßnahme die Inhalte aus QSBW 4.0 umgesetzt werden können. Die permanente Ortung der Transportfahrzeuge wird erst dann möglich sein, wenn in Deutschland ein flächendeckendes Mobilfunknetz (mindestens EDGE) zur Verfügung steht. Seitens der Straßenbauverwaltung ist im Rahmen der Ausschreibung deshalb genau zu prüfen, welche Prozesse aus QSBW 4.0 in der jeweiligen Baumaßnahme abgebildet werden können.

Daher wurde mit Einführung des QSBW-4.0-Handbuches in der Version 2.0 [3] auch ein Prüfablauf für die Auswahl geeigneter Strecken festgelegt, bei dem die

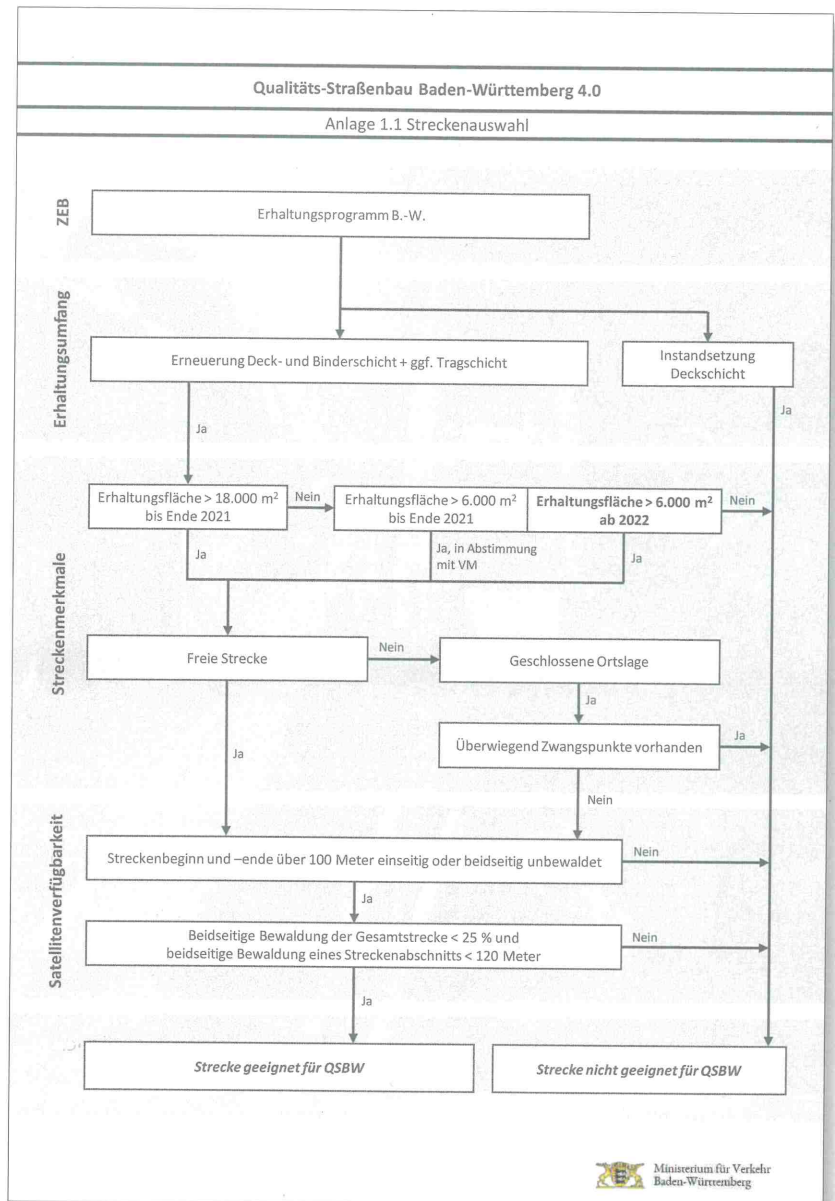


Abb. 2: Prüfablauf für die Streckenauswahl von Baumaßnahmen nach QSBW 4.0
(Quelle: Handbuch Qualitäts-Straßenbau Baden-Württemberg 4.0, Version 2.0, M VI [3])

Satellitenverfügbarkeit und die daran geknüpften Randbedingungen enthalten sind. Weiterhin werden Erhaltungsumfang und Streckenmerkmale in die Auswahl geeigneter Strecken einbezogen. Der Prüfablauf im Zuge der Ausschreibung ist in Abbildung 2 dargestellt.

Fräsen mit variabler Tiefe

Ziel von QSBW 4.0 ist u. a. der Einbau von konstanten Asphaltschichtdicken zur Verbesserung der Einbauhomogenität (z. B. gleichbleibende Walzmaße, bessere Ebenheit). In Verbindung mit der Umsetzung neu geplanter Deckenbücher zur Verbesserung der bestehenden Ebenheit oder zur Verbesserung des Wasserabflusses durch Veränderung von Längs- oder Querneigung bedingt dies, dass bestehende Asphaltschichten in variable Tiefe gefräst werden (3D-Fräsen). Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass schichtenweises Fräsen der bestehenden Asphaltfahrbahn vorzusehen ist, um eine höchstmög-



Abb. 3: 3D-Fräsen mittels Tachymetersteuerung auf der Pilotstrecke „L1138 Freiberg–Benningen“

liche Wertschöpfung für die Wiederverwendung des Ausbausphaltes zu erreichen. Lokale Schadstellen in Schichten unterhalb der zu erneuernden Asphaltsschichten werden idealerweise ebenso erfasst.

Die dafür notwendigen Vorerkundungen des Auftraggebers umfassten bisher

- Erfassung und Festlegung von Passpunkten und Zwangspunkten,
- Drohnenflüge/hochauflösende Straßenscans zur Ermittlung der bestehenden Quer- und Längsneigungen, Fahrbahnbreiten und Höhenlagen der Bestandsfahrbahn sowie
- Georadarmessungen und Bohrkernentnahmen zur Festlegung des Erhaltungsaufwandes und Festlegung von Schichthorizonten zum Fräsen der Schichten.

Aus den gewonnenen Daten werden durch den Auftraggeber Deckenbücher generiert. Diese enthalten Informationen über den Aufbauhorizont der bestehenden Fahrbahn, ggf. Zwischenhorizonte aus den Schichtenfolgen von Asphaltsschichten der bestehenden Fahrbahn sowie über die künftige Fahrbahnoberfläche. Durch

genaue Fräsarbeiten soll ein planparalleler Aufbauhorizont zur späteren Fahrbahnoberfläche geschaffen werden, um den Einbau der Asphaltsschichten in konstanter Dicke zu ermöglichen.

Der Auftragnehmer muss aus dem übergebenen Deckenbuch ein 3D-Frässmodell erstellen. Für das profilgerechte Fräsen steht es ihm dann frei, ein Steuerungssystem auszuwählen. Möglich sind hierbei Systeme auf Basis GNSS über Differenzmodelle oder, wie in Abbildung 3 gezeigt, terrestrische Systeme mittels Tachymetersteuerung. Je nach Erfordernis und gewähltem System hat der Auftragnehmer das bestehende Festpunktfeld eigenständig zu ergänzen.

Bei Ausführung der Fräsarbeiten zeigte sich oft, dass auf Grundlage von Georadaruntersuchungen bzw. punktuellen Untersuchungen der Bestandsfahrbahn über Bohrkernentnahmen die Schichtenmodelle für die Fräsarbeiten zu ungenau sind. So blieben sehr oft dünne, lose Schichten bestehen, die nochmals aufgenommen werden mussten. In der Folge war die Ausführung der neuen Asphaltsschicht auf der gefrästen Unterlage in konstanter Schichtdicke nicht durchgängig möglich. Auch die angewendeten, modernen Steuerungssysteme schafften hier keine Abhilfe.

Die Ursache der Abweichungen zur Planung war auch auf die Wahl der Pilotstrecken zurückzuführen. Bei allen ausgeführten Maßnahmen handelte es sich um Landesstraßen. Diese zeichnen sich oftmals durch einen sehr inhomogenen Fahrbahnaufbau, auch über die Fahrbahnbreite, aus. Die Dicken der Asphaltsschichten in der Bestandsfahrbahn wechselten häufig. Die bisher mit dem Georadar durchgeführte Vorerkundungen zeigten sich diesbezüglich noch nicht als ausreichend. Seitens des Auftraggebers wird daher der Umfang der Vorerkundungen nochmals deutlich erhöht [3], um größere Sicherheit bei der Festlegung von Frästiefen zu erhalten.

Beim Fräsen selbst musste festgestellt werden, dass die Positionsermittlung der Fräse oftmals zu ungenau war oder gestört wurde. Probleme ergaben sich einerseits aus der Genauigkeit und Konstanz der Satellitenortung, andererseits wurde bei der Steuerung mittels Lasertechnik die Distanzmessung zwischen Tachymeter und Fräse oftmals durch Transportfahrzeuge gestört. Eine optimale Positionierung des Tachymeters erwies sich hier als schwierig. Ebenso musste festgestellt werden, dass aufgrund der permanenten Anpassung der Frästiefe in Abhängigkeit der Position die Fräsleistung deutlich gemindert wurde. Dies stand meist im Widerspruch zur verfügbaren Bauzeit, die bei den Baumaßnahmen stark begrenzt war. Besonders bei Wochenendaßnahmen wurde dadurch die fristgerechte Fertigstellung der Arbeiten gefährdet.

Um weiterhin die Vorteile des Fräsens mittels 3D-Steuerung zu nutzen wird vorgeschlagen, den ersten Fräsgang bzw. die ersten Fräsgänge in konstanter Dicke unter Berücksichtigung der bestehenden Art der Asphaltsschichten durchzuführen. Einzig die geplante unterste Fräslage kann dann mittels 3D-Steuerung gefräst werden,

wohlwissend, dass dann eine Vermischung von Asphaltfräsgut aus unterschiedlichen Asphaltschichten mit unterschiedlicher Qualität erfolgt. Das Problem der losen Schichten, die nachträglich entfernt werden müssen, bleibt bei unzureichender Bestandsaufnahme bestehen. Weiterhin sind bereits bei der Ausschreibung die zusätzlichen zeitlichen Aufwendungen des 3D-FräSENS zu berücksichtigen.

Dynamische Logistik- und Einbausteuerung

Ein maßgeblicher Baustein von QSBW 4.0 ist die intelligente, dynamische Logistiksteuerung. Diese muss u. a. in der Lage sein, die Abfahrzeitpunkte an der Asphaltmischanlage in Abhängigkeit der Fahrzeit der Transportfahrzeuge zur Baustelle und der geplanten Einbaugeschwindigkeit des Straßenfertigers zu berechnen. Während der Fahrt von der Asphaltmischanlage zur Baustelle muss auf Basis einer genauen Ortung in Echtzeit die Ankunftszeit der Transportfahrzeuge und somit der Materialzulauf prognostiziert werden. Sofern sich eine Verzögerung der Ankunftszeit ergibt, muss die dynamische Logistiksteuerung in der Lage sein, rechtzeitig Empfehlungen für die Reduzierung der Einbaugeschwindigkeiten des Straßenfertigers zu geben. Gleiches gilt auch bei einer möglichen Beschleunigung des Einbaus, wobei dies nur im sehr geringen Maße erfolgen sollte. Somit ergibt sich die fortlaufende Neuplanung des Logistikprozesses.

! Auf der Baustelle werden die permanenten Empfehlungen zur Änderung der Einbaugeschwindigkeit durch das Einbaupersonal sogar oft als störend bzw. irritierend empfunden.

Am Markt sind diverse Soft- und Hardwarelösungen für eine intelligente Bauprozesssteuerung verfügbar, um die Forderung nach QSBW 4.0 umzusetzen. Der gesamte Prozess ist für den Auftraggeber anhand einer Online-Überwachung sichtbar zu machen.

Weiterhin sind an der Asphaltmischanlage ebenso das Wiegesystem einzubinden bzw. die Lieferscheine digital zu erfassen, damit diese in die gewählte Software eingebunden werden können.

Um einen Soll-Ist-Vergleich der Einbauleistung permanent digital durchführen zu können, bedarf es einer detaillierten Planung durch den Auftragnehmer, welche im Vorfeld an den Auftraggeber zu übergeben ist. Der Umfang der Planung wird über die Baubeschreibung vorgegeben und umfasst folgenden Mindestumfang:

- geplante Tageseinbaumenge/-leistung,
- maximal mögliche und tatsächlich geplante Mischleistung der eingesetzten Asphaltmischanlagen unter



BANKETT- UND STRASSENBAU

Mit über 60 Jahren Erfahrung Ihr Partner für

- Maschinelle Bankettherstellung und -pflege
- Grader- und Beschickervermietung



CARL RUMPEL GmbH

Lehmkamp 3 • 23701 Süsel

Telefon 0 45 24 / 70 30 800 • Fax 0 45 24 / 70 30 80 29

info@rumpel-suesel.de • www.rumpel-suesel.de



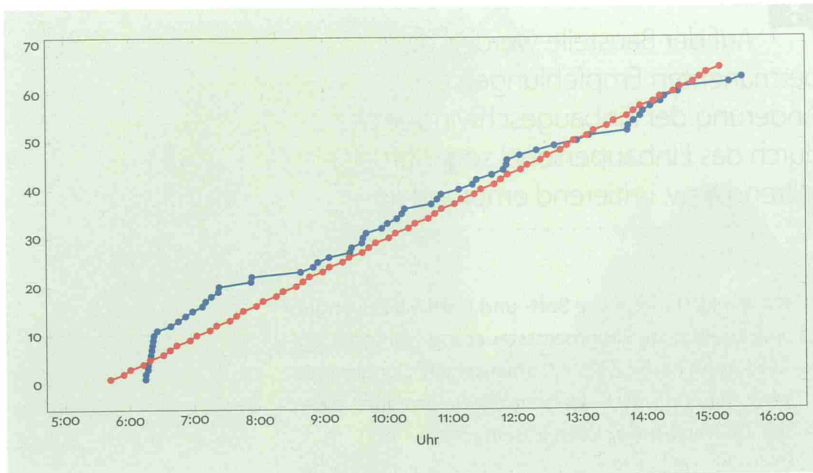


Abb. 4: Beispiel für die Gegenüberstellung von Planung und Umsetzung – verwogenes Asphaltmischgut an der Mischanlage SOLL-IST in %.

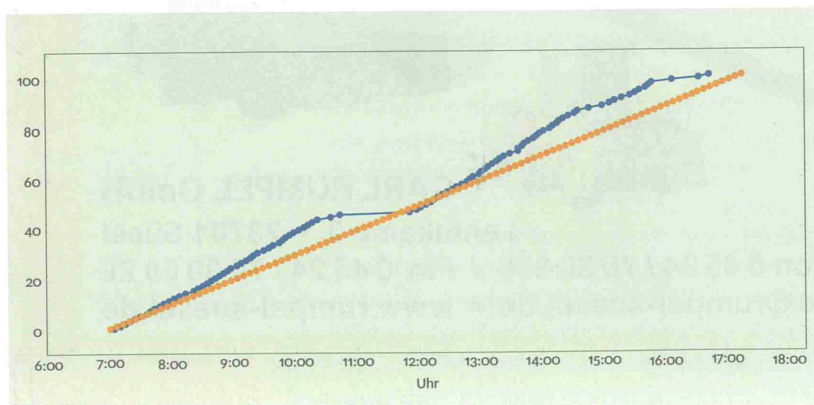
Berücksichtigung der zur Verfügung stehenden Silokapazität,

- geplante Einbaugeschwindigkeit des Straßenfertigers,
- Anzahl an Transportfahrzeugen mit Umlaufzeiten von Baustelle zur Mischanlage sowie
- Anzahl und Art der Maschinen für den Einbau (Straßenfertiger, Asphaltbeschicker) und die Verdichtung (Walzenanzahl, Walzenart).

Wie bereits in Abschnitt „Inhalte der Bauausführung: Netzabdeckung“ erwähnt, kann die vorhandene Netzabdeckung, sowohl Satellitenempfang als auch Mobilfunkverbindungen, den reibungslosen Ablauf der dynamischen Logistiksteuerung nach den Forderungen aus QSBW 4.0 behindern. Weiterhin sind die eingesetzten Routingsysteme bzw. GPS-Tracker der Transportfahrzeuge genau auf das eingesetzte Logistiksteuerungssystem abzustimmen. Auch hier kommt es immer wieder zu Differenzen in der Kompatibilität, die eine Echtzeitortung verhindert. Deshalb wird es aktuell für die Umsetzung von QSBW 4.0 als Regelbauweise aufgrund unterschiedlicher Systeme bei Einbaufirmen und Speditionen schwierig sein, dauerhaft in Echtzeit alle Transportfahrzeuge in das System einzubinden.

Bei Betrachtung der dynamischen Einbau- und Logistiksteuerung sollte nicht vergessen werden, dass auch

Abb. 5: Beispiel für die Gegenüberstellung von Planung und Umsetzung – Einbauleistung auf der Baustelle SOLL-IST in %.



ohne QSBW 4.0 ein unterbrechungsfreier Asphalt einbau Ziel einer genauen Planung war und ist. Hierfür wurde jedoch stets eine konstante Einbaugeschwindigkeit angestrebt und die Anzahl und Art der Walzen entsprechend geplant. Das eigene Einbaupersonal wurde dahingehend geschult, möglichst wenig Änderungen zur Planung vorzunehmen bzw. notwendige Änderungen nur im geringen Maße vorzunehmen. Weiterhin ist in-situ zu beobachten, dass nur selten die sensible, notwendige Änderung der Bohleneinstellung des Straßenfertigers (Stampfer- und Vibrationsdrehzahl) bei Veränderung der Einbaugeschwindigkeit durch das Einbaupersonal erfolgt, was ein weiterer Grund ist, konstante Einbaugeschwindigkeiten anzustreben. Die möglichen negativen Auswirkungen einer Anpassung der Einbaugeschwindigkeit auf die Einbauqualität sind in [4] ausführlich beschrieben.

Auf der Baustelle werden die permanenten rechnerisch ermittelten Empfehlungen zur Änderung der Einbaugeschwindigkeit durch das Einbaupersonal sogar oft als störend bzw. irritierend empfunden. Wichtig ist für den Einbaupolier die Information, ob sich Transportfahrzeuge verspäten oder die Mischanlage zu spät verlassen haben. Auch eine Prognose, für wie viele Minuten/Stunden des Einbaues sich Asphaltmischgut noch im Zulauf befindet, ist für ihn eine weitere hilfreiche Information. Aufgrund dieser Angaben soll der Einbaupolier, in Abhängigkeit der Situation auf der Baustelle, weiterhin entscheiden, ob er eine Veränderung im Einbauprozess vornimmt.

Bei der Umsetzung eines Logistikkonzeptes sind vom Mischwerkspersonal die Vorgaben hinsichtlich des Belade- und Abfahrtstaktes genauestens einzuhalten. Dies ist auch dann der Fall, wenn sich alle vorgesehenen Transportfahrzeuge frühzeitig an der Mischanlage befinden. Ebenso muss die Disposition der Transportfahrzeuge unter Berücksichtigung der Lenk- und Ruhezeiten eingehalten werden. Weiterhin muss die Einbaukolonne mit der geplanten, konstanten Geschwindigkeit einbauen. Es sind demnach weiterhin an 3 Stellen Menschen am Handeln, die für den Erfolg bei der Umsetzung der Planung entscheidenden Beitrag leisten müssen. Wird an einer Stelle die Vorgabe der Planung nicht umgesetzt, kann es beim Einbau zu veränderten Verhältnissen kommen.

Nachfolgend sind die Folgen einer nicht umgesetzten Planung für eine Baumaßnahme dargestellt, die letztlich zu Einbauunterbrechungen führten. Abbildung 4 zeigt den „Soll-Ist“-Vergleich des verwogenen Asphaltmischgutes an der Asphaltmischanlage, wobei jeder Punkt ein Transportfahrzeug darstellt. Abbildung 5 bildet demgegenüber den „Soll-Ist“-Vergleich der Einbauleistung auf der Baustelle ab. An der Mischanlage sollte um 05:40 Uhr das erste Lieferfahrzeug abfahren (vorgesehener Zeitpunkt der Verwiegung). Tatsächlich erfolgt die erste Verwiegung um ca. 06:15 Uhr, wobei hierfür kein Grund bekannt war. Innerhalb der nächsten 15 min wurden dann zwölf weitere Fahrzeuge verwogen. Alle nachfolgenden Verwiegungen folgten bis ca. 7:15 Uhr in einem kurzen Abstand. Die Abweichung der Vorgabe führte dazu, dass danach innerhalb der nächsten Stunde lediglich drei Fahr-

! Die dynamische Logistik- und Einbausteuerung wird als Entscheidungshilfe zur Anpassung von Prozessen und der Neuplanung genutzt und hat sich hierfür bewährt.

zeuge verwogen wurden. Ab dem fünften Fahrzeug hätten Mischwerkspersonal und Lkw-Fahrer richtig reagieren können und ihren vorgesehenen Belade- und Abfahrtstakt einhalten können. Da dies nicht der Fall war, kamen die Transportfahrzeuge nahezu gleichzeitig auf der Baustelle an. Die Einbaukolonne reagiert ebenso falsch auf den erhöhten Materialzulauf, indem die Einbaugeschwindigkeit erhöht wurde. Dadurch konnte im „Soll-Ist“-Vergleich zu Beginn eine höhere Einbauleistung nachgewiesen werden. Durch die Erhöhung der Einbaugeschwindigkeit wurde jedoch um ca. 10:00 Uhr ein Fertigerstillstand von rund einer Stunde verursacht. Gleiches Szenario folgte auch am Bauende.

Insgesamt konnte nachgewiesen werden, dass die Tageseinbauleistung in geplanter Einbauzeit eingebaut wurde. Da dies jedoch mit Fertigerstopps und diskontinuierlichen Einbaugeschwindigkeiten verbunden war,

steht dies nicht im Einklang mit den Zielen der Planung und Prozessoptimierung.

Das Beispiel soll die Abhängigkeit einer Logistik- und Einbauplanung von den handelnden Personen aufdecken. Wird an einer Stelle ein geplanter Prozess nicht umgesetzt, führt dies unweigerlich dazu, dass die Kontinuität des Einbauprozesses gestört ist. Umfangreiche Vorbesprechungen zur Sensibilisierung der handelnden Prozessbeteiligten, die darauf abzielen, dass Vorgaben der Einbauplanung strikt umgesetzt werden, sind daher generell zu empfehlen. Durch Einsatz von Softwarelösungen werden die einzelnen Prozesse in der Ausführung transparent. Rückblickend kann dadurch auch eine Beurteilung der erbrachten Leistung mit Mischanlagen- und Einbaupersonal, aber auch den Fuhrunternehmen erfolgen, um das Bewusstsein für die eingeführten Prozesse für weitere Baumaßnahmen weiter zu schärfen bzw. eine Motivation für Optimierung der eigenen Tätigkeiten zu schaffen.

Die dynamische Logistik- und Einbausteuerung wird als Entscheidungshilfe zur Anpassung von Prozessen und der Neuplanung genutzt und hat sich hierfür bewährt. Sie ersetzt jedoch nicht den Faktor „Mensch“ an den maßgebenden Stellen, um einen unterbrechungsfreien Asphalt einbau zu gewährleisten. ■

AUTOR

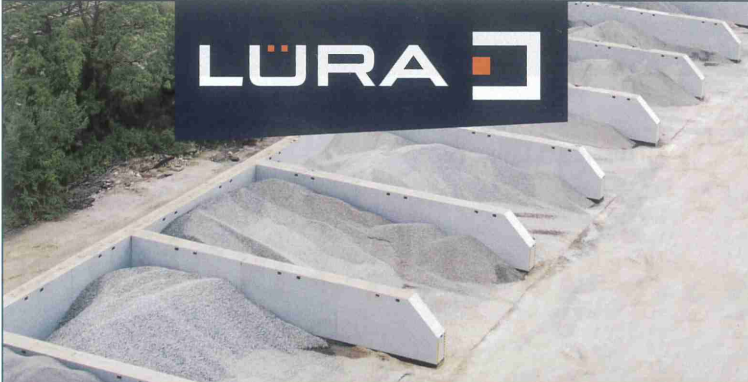
Dipl.-Ing. Sven Gohl
Makadamlabor Schwaben GmbH
Leonberger Str. 208/1
71063 Sindelfingen

Unter Mitwirkung von:
Wolff & Müller Tief- und Straßenbau GmbH & Co. KG, Stuttgart
Eurovia Teerbau GmbH, NL Stuttgart

QUELLEN

- [1] Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg, Handbuch Qualitäts-Straßenbau Baden-Württemberg 4.0 – QSBW 4.0, Version 1.0, Stuttgart 10/2018
- [2] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen aus Asphalt, ZTV Asphalt-StB 07/13, FGSV Köln Januar 2014
- [3] Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg, Handbuch Qualitäts-Straßenbau Baden-Württemberg 4.0 – QSBW 4.0, Version 2.0, Stuttgart 11/2020
- [4] FGSV, H VAE, Leitfaden zur Herstellung von Verkehrsflächenbefestigungen aus Asphalt – Hinweise zur Sicherstellung einer anforderungsge-rechten Ebenheit, Ausgabe 2019, Köln 2019
- [5] Utterodt, R.: Flächendeckende kontrollierte Verdichtung beim Einbau von Asphalt – Erarbeitung eines Kennwertes, Straße und Autobahn, Ausgabe 11/2020, Kirchbaumverlag
- [6] BPO Asphalt, Volz Consulting GmbH, Mühlacker
- [7] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Allgemeines Rundschreiben Straßenbau 223/13, Einsatzankündigung von Maßnahmen zur Steigerung der Asphalteinbauqualität, Bonn 10/2013
- [8] FGSV, TP D-StB 12: Technische Prüfvorschriften zur Bestimmung der Dicken von Oberbauschichten im Straßenbau, Köln 2013
- [9] FGSV, Arbeitsanleitung für den Einsatz radiometrischer Geräte für zerstörungsfreie Dichtemessungen auf Asphaltschichten, Ausgabe 2001, Köln Juli 2001
- [10] Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg, Ergänzungen zu den Technischen Vertragsbedingungen im Straßenbau Baden-Württemberg (ETV-StB-BW), Teil 3 (Asphalt), Ausgabe 2018, Stuttgart 10/2018





SCHÜTTGUTBOXEN AUS STAHL

- Höchste Stabilität
- 2,0m-8,0m Höhe und mehr
- Keine Abplatzungen
- Brandschutz bis EI 240
- Schnelle, einfache Montage
- Flexibel & mobil

- Schüttgutboxen & Schüttguthallen
- Brandschutzwände
- Lärmschutzwände
- LÜRA-Basic & LÜRA-Combi: Wirtschaftliche Lösung für viele Anwendungen

SCHÜTTGUTHALLEN





Pultdach

Bogendach

Schiebedach

RMS GmbH · Am Schornacker 121a · 46485 Wesel · Tel 0281.20 60 500
www.rms-luera.de

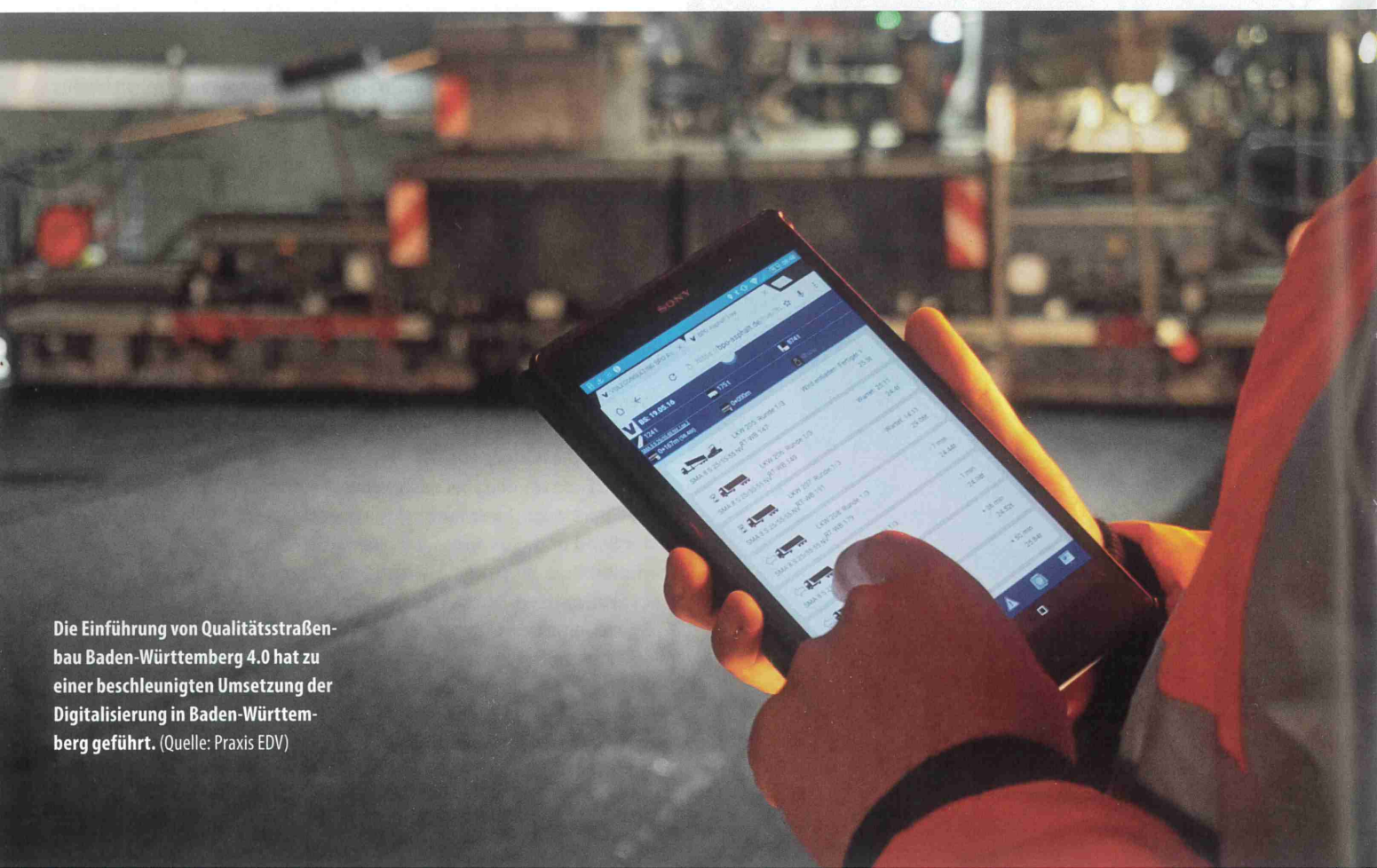
Qualitäts-Straßenbau Baden-Württemberg 4.0

Digitalisierung im Asphaltbau – Praxiserfahrung aus Baden-Württemberg

Seit 2018 sind in Baden-Württemberg Regelungen für den Bau von Asphaltbefestigungen mit erhöhten Qualitätsstandards in der Erprobungsphase. Die erhöhten Anforderungen betreffen dabei sowohl die Planung als auch die Ausführung entsprechender Baumaßnahmen. Durch das Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg wurden die Standards in Form des Handbuches: „Qualitäts-Straßenbau Baden-Württemberg 4.0 – QSBW 4.0“ [1] im Oktober 2018 veröffentlicht. Dem Handbuch liegen Muster für Baubeschreibungen und Leistungsverzeichnisse bei. Nachfolgend sollen Inhalte von QSBW 4.0 vorgestellt und über die Erfahrungen bei der Ausführung der Bauleistung und der Durchführung der Qualitätsüberwachung in Pilotprojekten berichtet werden. Der zweite Teil des zweiteiligen Beitrages schließt die Bauausführung ab und widmet sich dem Qualitätscontrolling.

Von Sven Gohl

Die Einführung von Qualitätsstraßenbau Baden-Württemberg 4.0 hat zu einer beschleunigten Umsetzung der Digitalisierung in Baden-Württemberg geführt. (Quelle: Praxis EDV)



In Teil 1 des Beitrages wurde die Historie von QSBW 4.0 vorgestellt und auf die Inhalte der dynamischen Logistiksteuerung und die Anforderungen zur Herstellung der Unterlage eingegangen. Teil 2 widmet sich der Herstellung der neuen Asphaltsschichten und den damit verbundenen erhöhten Qualitätscontrolling.

Maschinensteuerung Straßenfertiger und Walzen

Da gemäß QSBW 4.0 eine erhöhte Anforderung an die Ebenheit der Asphaltdeckschicht gegenüber [2] gestellt wird, wird der Einsatz geeigneter Nivelliermittel am Straßenfertiger gefordert, wobei die Auswahl dem Auftragnehmer obliegt.

Zur Erhöhung der Homogenität der Asphaltverdichtung sind Systeme zum Nachweis der Flächendeckenden Asphaltverdichtung (nachfolgend kurz FDAV) einzusetzen. Das System soll in Echtzeit den Walzenfahrern eine Übersicht der erfolgten und noch zu erbringenden verdichtungsrelevanten Walzübergänge in Abhängigkeit der Walzbahnen geben. Alle verdichtungsrelevanten Walzen sind daher mit einer Echtzeitortung auszustatten und untereinander zu vernetzen. Je nach ausgewähltem Aufzeichnungssystem sollten entsprechende Rüstzeiten eingeplant werden. Die Einbeziehung von Walzen, die beispielsweise ausschließlich für das Abstreuen und Glätten der Schicht vorgesehen sind, muss nicht erfolgen, da sie keinen entscheidenden Verdichtungsbeitrag leisten.

Weiterhin sollen Walzen eingesetzt werden, die mit einem System zur automatischen Steuerung der einzubringenden Verdichtungsenergie ausgestattet sind, um eine Überverdichtung der Asphaltsschicht zu vermeiden. Gemeint ist hiermit, dass die bekannten steifigkeitsbasierten Messverfahren der Walzenhersteller, bei denen der Verdichtungsfortschritt auf Basis der Wechselwirkung des Asphaltes und der vibrierenden Bandage messtechnisch erfasst und dadurch die Art der Verdichtung reguliert wird, genutzt werden.

In Abb. 7 sind die mit GPS-Ortung ausgestatteten und vernetzten Walzen auf der Baumaßnahme „L1138 FDE Freiberg-Benningen“ dargestellt. Die nachlaufende Tandem-Vibrationswalzen sind mit Dashboards ausgestattet. Mit diesen Walzen werden die maßgebenden, verdichtungsrelevanten Walzübergänge bis hin zur Endverdichtung erbracht.

Bisher liegen keine standardisierten Auswertverfahren vor, mit denen aus den walzengestützten Messverfahren auf die relative Dichte der verdichteten Asphaltsschicht geschlossen werden kann. Als Ersatz der Kontrollprüfung am Bohrkern ist die FDAV daher aktuell nicht geeignet. Über den Stand der Technik und die initiierten Forschungsvorhaben wurde in [5] ausführlich berichtet. Für QSBW 4.0 besteht daher die zusätzliche Vorgabe, dass zur Kalibrierung der FDAV radiometrische Vergleichsmessungen durchzuführen sind und aus den dabei gewonnenen Erkenntnissen die Anzahl an Walzübergängen und die dabei eingesetzten Verdichtungsarten (statisch/

vibrierend) festzulegen und im eingesetzten FDAV-System als „Soll“ zu hinterlegen sind.

Verschiedenste am Markt vorhandene Systeme der FDAV wurden von den Verfassern getestet. Grundsätzlich erfüllen alle Systeme die Anforderungen nach QSBW 4.0, die erbrachten Walzübergänge in Echtzeit für den Walzenfahrer darzustellen. Abb. 8 zeigt die Anordnung des Dashboards in der Walze sowie die Auswertung von Walzübergängen auf einer Asphaltbinderschicht.

In der Auswertung sind alle statischen und dynamischen Walzübergänge, ohne Unterscheidung, abgebildet. Weiterhin wurde die Anzeige nicht auf die Darstellung der verdichtungsrelevanten Walzübergänge reduziert. Dies ist sowohl für Walzenfahrer als auch in der Auswertung wenig sinnvoll. Allein aus der Farbgebung entsteht der Eindruck, dass eine Minderverdichtung an den Fahrbahnrandern im Vergleich zur Fahrbahnmitte stattfand. Bei der Beurteilung solcher Schaubilder ist jedoch zu berücksichtigen, dass allein durch die technologisch notwendigen Walzüberlappungen besonders in Fahrbahnmitte eine erhöhte Anzahl an Walzübergängen stattfindet. Weiterhin ist die Genauigkeit der Ortung der

! Weiterhin ist die Genauigkeit der Ortung der Position der Walzen zu berücksichtigen, was gerade am Fahrbahnrand zu visuellen Abweichungen in der Anzahl erfolgte Walzübergänge führt.

Position der Walzen zu berücksichtigen, was gerade am Fahrbahnrand zu visuellen Abweichungen in der Anzahl erfolgter Walzübergänge führt. Eine geringere Anzahl an Walzübergängen an den Fahrbahnrandern heißt auch nicht, dass die Mindestanzahl an Walzübergängen nicht im erforderlichen Umfang stattfand. Hier finden keine Überlappungen der Walzbahnen statt, weshalb grundsätzlich weniger Walzübergänge erfolgen. Die farblichen Darstellungen sind daher teils irreführend für den Walzenfahrer, sofern diese nicht auf die vorab festgelegten, notwendigen Walzübergänge reduziert werden. Es wird empfohlen, einzig den Nachweis der verdichtungsrelevanten Übergänge für den Walzenfahrer darzustellen. Sind diese flächendeckend erreicht, sollten keine Farbänderungen auf dem Heat-Diagramm aufgrund einer erhöhten Anzahl an Walzübergängen mehr erfolgen. Eine reduzierte Darstellung ist auch innerhalb QSBW 4.0 gefordert. Für die Walzenfahrer sind Schulungen mit den eingesetzten Systemen durchzuführen, um Voreinstellungen selbstständig vornehmen zu können.

Grundsätzlich ist festzuhalten, dass von den Walzenfahrern, bei zweckmäßiger Einstellung der eingesetzten Systeme, die FDAV zum Erkennen von Verdichtungs-lücken und als Hilfestellung zur Festlegung von Walzbahnen genutzt und als hilfreich empfunden wird. Neben der Aufzeichnung der Walzbahnen wird auch die bei Verdich-

Abb. 7: Einsatz der FDAV auf der Pilotstrecke „L1138 FDE Freiberg-Benningen“
(Quelle: Wolff & Müller)



tung vorhandene Oberflächentemperatur aufgenommen. Die Vorgabe einer Mindest-Oberflächentemperatur, bei der verdichtungsrelevante Walzübergänge erbracht sein sollen, kann ebenso helfen, die Homogenität der Verdichtung zu gewährleisten. Bei Festlegung dieser Temperatur sind unter anderem die Abhängigkeiten vom einzubauenden Asphaltmischgut und dem eingesetzten Bindemittel, der Dicke der Asphaltsschicht sowie der Witterung zu berücksichtigen. Zur Festlegung einer Mindest-Oberflächentemperatur ist es auf der Baustelle sinnvoll eine Vergleichsmessung durchzuführen, bei der die Abweichung zwischen der tatsächlichen Temperatur der Schicht zu der mit der Sensorik der Walze gemessenen Oberflächentemperatur bestimmt wird. Während der Verdichtung könnte dann automatisiert ein Hinweis an den Walzenfahrer erfolgen, der darüber informiert, wenn die mit der Sensorik der Walze gemessene Oberflächentemperatur den festgelegten Grenzwert erreicht. Wenn bis dahin die geforderte Anzahl an verdichtungsrelevanten Walzübergängen nicht erreicht werden kann, könnte eine der notwendigen Korrekturmaßnahmen die Reduzierung der Einbaugeschwindigkeit des Asphaltstraßenfertigers sein. Hierüber hat der Einbaupolier mit den Walzenfahrern auf Basis ihrer Erfahrungen und unter Berücksichtigung der messtechnischen Ergebnisse des Labors zu entscheiden.

Dem Auftraggeber ist eine Dokumentation zur FDAV zu übergeben. Da auch hierfür keine Standards vorhanden sind, wird vorgeschlagen, ein Dokument in Form eines Heat-Diagramms zum Nachweis der durchgeführten, verdichtungsrelevanten Walzübergänge über die Einbaustrecke zu erstellen. Auch hier sollte die Darstellung auf die festgelegte Mindestanzahl der verdichtungsrelevanten Walzübergänge zur Vermeidung von Fehlinterpretationen aufgrund von Farbänderungen reduziert werden. Die Ergebnisse können im Anschluss mit den Ergebnissen der Kontrollprüfungen am Bohrkern plausibilisiert werden.

Qualitätscontrolling im Rahmen der Eigenüberwachung

Qualitätscontrolling nach QSBW 4.0 bedeutet, dass der Auftragnehmer einen deutlich erhöhten Umfang an Eigenüberwachungsprüfungen durchführen muss, welcher den Umfang nach [2] überschreitet. Dazu zählen die messtechnische Überprüfung und Dokumentation von

- Einbaugeschwindigkeit,
- Verlade- und Einbautemperaturen,
- Schichtdicken und
- Verdichtung.

Weiterhin ist vom Auftragnehmer ein Prüfstellenplan zu erstellen, in welchem die Lage der Messreflektoren zur Bestimmung der Schichtdicken sowie Entnahmestellen für Asphaltmischgut und Bohrkern für Kontrollprüfungen festgelegt sind.

Durch den erhöhten Prüfaufwand in der Eigenüberwachung sollen noch zielgenauer Abweichungen vom vertraglichen Soll erkannt und der Einbauprozess angepasst werden. Die Dokumentation zur Eigenüberwachung ist dem Auftraggeber nach Abschluss der Asphaltarbeiten zu übergeben.

Aus den Formulierungen von QSBW 4.0 und der Herausstellung als eigene Leistungsposition innerhalb des Bauvertrages wird deutlich, dass die Eigenüberwachungsprüfungen des Auftragnehmers nicht die Kontrollprüfungen des Auftraggebers ersetzen sollen. Dies ist schon deshalb nicht möglich, da auch indirekte Prüfverfahren (radiometrische Verdichtungsmessung, Temperaturerfassung mittels Infrarotsonden) zum Einsatz kommen, welche gegenüber dem Absolutwert abweichende Ergebnisse erbringen. Ebenso besteht keine Notwendigkeit, bei der prüftechnischen Begleitung des Einbauprozesses auf eine nach den RAP Stra anerkannte Prüfstelle zurückzugreifen. Für Eigenüberwachungsprüfungen dürfen die Prüfstellen des Auftragnehmers bzw. Prüfstellen nach Wahl eingesetzt werden.

Prüfung der Verlade- und Einbautemperaturen des Asphaltmischgutes

Die Asphaltmischguttemperatur kann als dominante Kenngröße des Verdichtungswiderstandes einer Asphalt-schicht angesehen werden. Daher ist es nachvollziehbar, dass auch eine höhere Gleichmäßigkeit/geringe Spannweite der Asphaltmischguttemperaturen bei Anlieferung zu einer homogenen Verdichtung beiträgt. Daher soll bei Maßnahmen nach QSBW 4.0 eine gegenüber den ZTV Asphalt-StB 07/13, Tabelle 5 [2] eingeschränkte Liefertemperatur vom Auftragnehmer festgelegt werden. Hierfür ist die Mindesttemperatur für die Anlieferung des Asphaltmischgutes auf der Baustelle um 10 °C gegenüber den Grenzen nach [2] zu erhöhen. Weiterhin ist das Abkühlverhalten des Asphaltmischgutes beim Transport aus den bestehenden Erfahrungen abzuleiten. Dabei sind die Entfernung des Asphaltmischwerkes und die notwendige Transportzeit zur Baustelle zu berücksichtigen. Da die maximal zulässige Spannweite zwischen der selbst festgelegten minimalen und maximalen Produktions-temperatur nur 20 °C betragen darf, ergibt sich zusätzlich ein oberer Grenzwert für die Produktions- und Liefertemperatur des Asphaltmischgutes. Das Vorgehen zur Festlegung der Produktions- und Verladetemperatur ist beispielsweise in Abb. 9 dargestellt.

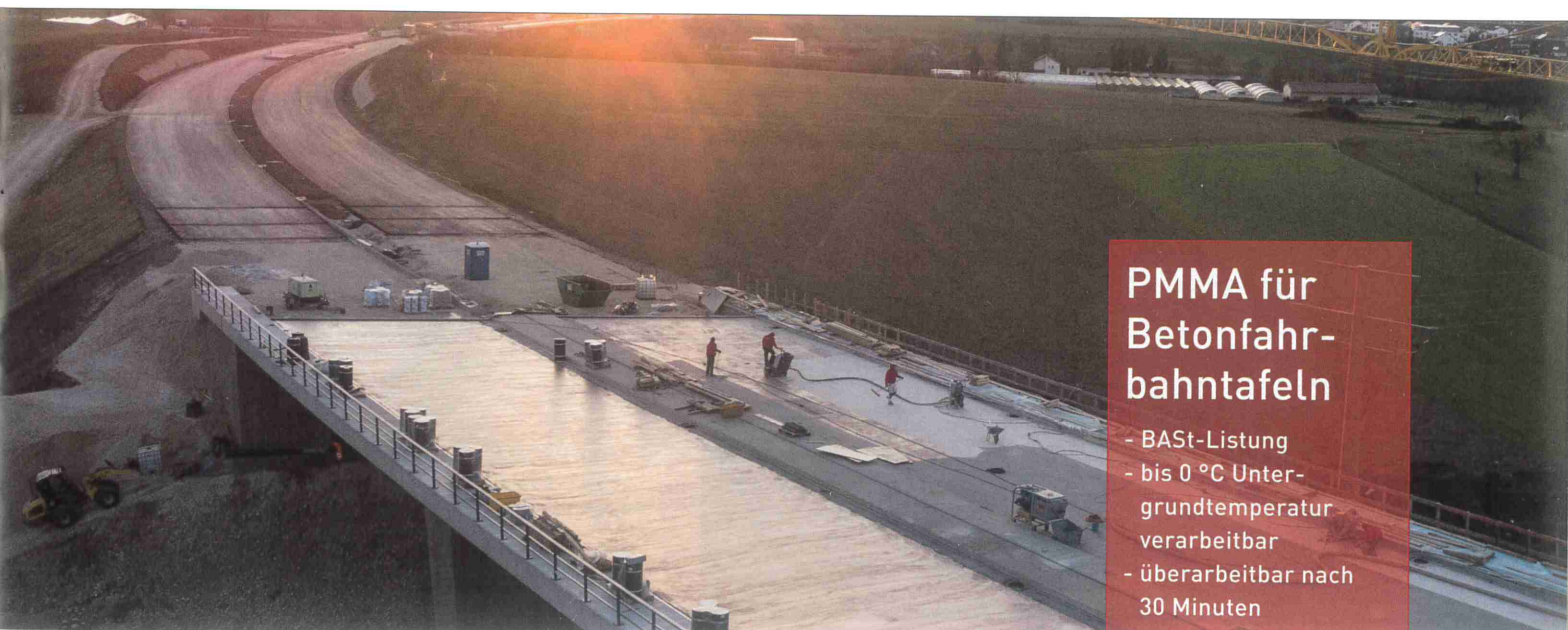
Werden am Mischwerk Asphaltmischguttemperaturen außerhalb der selbst festgelegten Spannweite festgestellt, ist dies nicht mit einem bauvertraglichen Mangel gleichzusetzen, solange die Grenzen nach [2] eingehalten sind. Eine Auslieferung darf dann dennoch stattfinden. Als Folge ist die Asphaltmischguttemperatur vor dem Abladen in den Beschicker auf der Baustelle nochmals zu kontrollieren. Weiterhin sind Messungen auf der Baustelle durchzuführen, wenn die Fahrzeiten der Transportfahrzeuge die Vorgaben der Planung deutlich überschreiten.

Um Transportfahrzeuge kenntlich zu machen, bei

denen sich die Temperatur des transportierten Asphaltmischgutes außerhalb der festgelegten Spannweite befindet, wurde mit der bisher eingesetzten Software [6] ein Algorithmus entwickelt, um das Einbaupersonal auf die betroffenen Fahrzeuge hinweisen. Der Erfassung des Arbeitsstatus „Abladen des Asphaltmischgutes“ ist mit dem eingesetzten System erst dann möglich, wenn für die betroffenen Transportfahrzeuge manuell die Kontrollen der Temperatur bei Anlieferung auf der Baustelle erfolgen und die nach [2] vertragsgerechte Asphaltmischguttemperatur bestätigt wird.

Das Vorgehen nach QSBW 4.0 bringt den Vorteil, dass auf der Baustelle Asphaltmischgut mit Temperaturen außerhalb der eingeschränkten Spannweite bereits bekannt ist. Somit kann gezielt vor dem Abladen des Asphaltmischgutes in den Beschicker nochmals kontrolliert werden, ob weiterhin geltende bauvertragliche Forderungen nach [2] eingehalten sind. Ist dies nicht der Fall, darf das Asphaltmischgut nicht abgeladen werden.

Gegenüber dem ARS 223/2013 [7], welches die kontinuierliche Temperaturmessung des Asphaltmischgutes auf der Baustelle regelt, hat das Vorgehen nach QSBW 4.0 zusätzlich den Vorteil, dass Asphaltmischgut außerhalb der vertraglich festgelegten Temperatur nach den ZTV Asphalt-StB 07/13, Tabelle 5 [2] erst gar nicht die Mischanlage verlässt und dadurch den geplanten Einbauprozess stört. Zusätzlich wird damit aber auch klar, dass eine Vereinbarung zwischen Mischgutlieferanten und Einbauer im Liefervertrag notwendig wird. Darin ist u. a. zu klären, welche Produktions-/Verladetemperaturen vom Asphaltmischguthersteller anzustreben sind und wer die Messung der Asphaltmischguttemperaturen bei der Verladung vornimmt. Grundsätzlich handelt es sich bei den Vorgaben nach QSBW 4.0 um bauvertragliche Regelungen, die ohne gesonderte Vereinbarung nicht für den Mischgutlieferanten gelten.



PMMA für Betonfahrbahntafeln

- BAST-Listung
- bis 0 °C Untergrundtemperatur verarbeitbar
- überarbeitbar nach 30 Minuten



Die Asphaltmischguttemperaturen sind nach QSBW 4.0 möglichst automatisiert im Verladestrom der Asphaltmischanlage zu messen, digital auf dem Lieferschein zu erfassen und somit für die Prozessbeteiligten sichtbar zu machen. Der Prozess der Temperaturmessung des Asphaltmischgutes am Siloauslauf des Verladesilos ist jedoch bisher kaum umgesetzt, da viele Fragestellungen bez. der Messtechnik und der Messgenauigkeit noch ungeklärt sind. Folgende Punkte bedürfen einer Klärung:

- Die Temperaturmessung erfolgt bei den bekannten Systemen mittels Infrarotsensoren. Diese reagieren jedoch empfindlich auf verschiedene Einflüsse aus der Umgebung, beispielsweise der Dampfbildung, Wind, Lufttemperaturen oder Volumen des Materialstroms. Die gemessenen Temperaturen unterliegen somit größeren Ungenauigkeiten.
- Der Zeitpunkt der Messung nach Öffnung der Verladeklappen ist nicht festgelegt. Ein zeitlicher Versatz des Beginns der Messung nach dem Öffnen der Verladeklappen ist jedoch grundsätzlich notwendig, um einen gleichmäßigen Materialstrom während der Messung zu gewährleisten.
- Welche gemessene Temperatur ist digital zu erfassen und weiterzugeben? Hierfür bietet sich der Mittelwert aller durchgeführten Messungen einer Verladung an. Die Messhäufigkeit innerhalb einer Verladung ist nicht festgelegt.
- Wie ist der Mittelwert der gemessenen Temperatur bei der Beladung eines Fahrzeuges aus mehreren Verladeklappen oder sogar Verladesilos aufzunehmen?
- Wie kann die Übergabe der mittleren Temperatur automatisiert auf den Lieferschein erfolgen?

Es besteht demnach ein weiterer Entwicklungsbedarf bez. der automatisierten Messung der Mischguttemperatur bei der Verladung. Bisher wurde bei den von den Verfassern gebauten Pilotstrecken nach QSBW 4.0 auf die punktuelle, händische Messung der Mischguttemperatur mittels Einstichthermometer am Asphaltmischwerk für jedes Lieferfahrzeug zurückgegriffen. Dies ist nach QSBW 4.0 so auch alternativ zulässig, jedoch mit hohen Perso-

nalaufwand verbunden. Ebenso erfolgte die händische Übertragung der Verladetemperatur auf dem Lieferschein bzw. in die eingesetzte Software.

Da die Ausrüstung der Verladesilos ebenso mit hohen Kosten für den Mischwerksbetreiber verbunden ist, wird auch auf absehbare Zeit eine digitale Erfassung kaum stattfinden, zumindest bis zur Klärung der offenen Punkte bez. der Mess- und Übertragungstechnik.

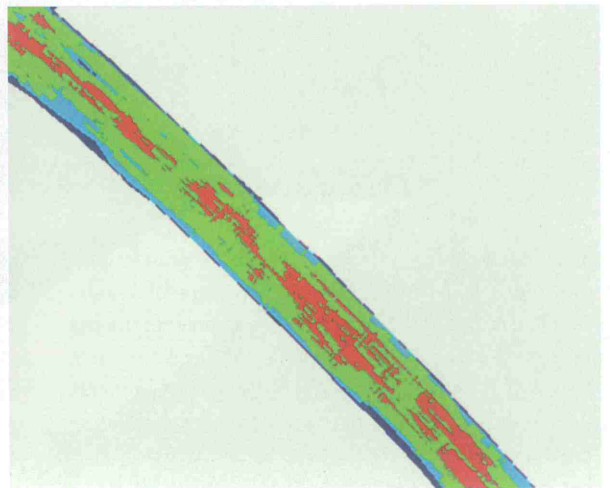
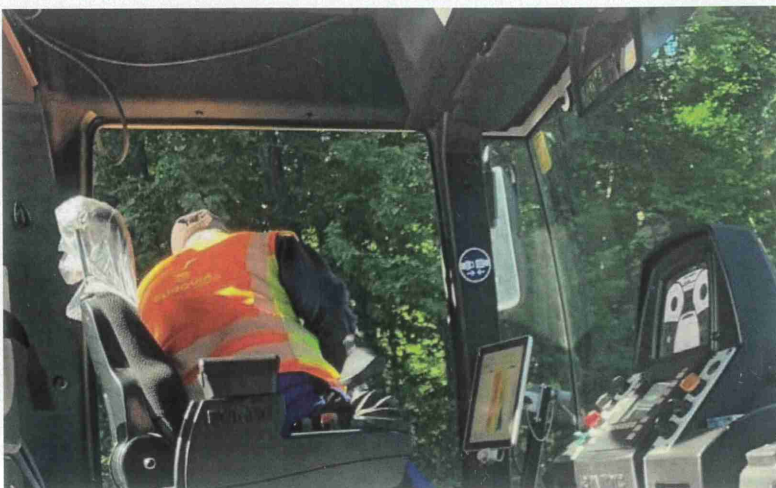
Als zusätzliche Überprüfung der Einbautemperatur des Asphaltmischgutes auf der Baustelle und zusätzlicher Plausibilitätsprüfung der Anlieferungstemperaturen war es bisher gefordert, eine Thermografie unmittelbar hinter der Bohle durchzuführen. Temperaturen wurden hierfür in einem Raster von 25 x 25 cm erfasst. Die gemessenen Oberflächentemperaturen sind als Heat-Diagramm auf einem Dashboard am Straßenfertiger in Echtzeit anzuzeigen. Die Abb. 10 zeigt das Thermografie-Messsystem der Firma Moba.

Die Echtzeitdarstellung auf weiteren Dashboards ist mittlerweile ebenso möglich.

Die Aufnahme der Oberflächentemperaturen hat sich als Standard durchgesetzt. Da viele Einbaufirmen mittlerweile über eine entsprechende Geräteausrüstung verfügen, wird die Thermografie für die Eigenüberwachung auch außerhalb QSBW 4.0 genutzt.

Bisher ist jedoch festzustellen, dass kein Mehrwert aus den zusätzlich erfassten Informationen beim Einbau entstanden ist. Das Einbauverhalten der Einbaukolonne wird auf Basis der festgestellten Oberflächentemperaturen nicht verändert, auch dann nicht, wenn größere Schwankungen detektiert wurden. Sowohl für den Einbaupolier als auch den Fertigerfahrer bleiben die maßgebenden Elemente des Einbauprozesses die Logistik und Materialzulauf des Asphaltmischgutes sowie der Fortschritt der Walzverdichtung. Das Dashboard wird daher vom Einbaupersonal nicht fortlaufend betrachtet und wird als Instrument zum Erkennen von Schwachstellen nicht genutzt. Zukünftig wird die Thermografie in QSBW 4.0 daher nicht mehr standardmäßig im Rahmen der Eigenüberwachung verlangt.

Abb. 8: Einsatz der Flächen-deckenden Asphaltverdichtung auf einer Asphaltbinderschicht, Baumaßnahme L509 Leopoldshafen. (Quelle: Eurovia, NL Karlsruhe)



Möglicherweise ist die kontinuierliche Erfassung von Oberflächentemperatur mittels Thermografie im Rahmen der Eigenüberwachung dennoch sinnvoll, um die Gleichmäßigkeit von Asphaltmischguttemperaturen beim Einbau zu plausibilisieren. Ebenso wäre eine Weitergabe der Oberflächentemperatur an den Walzenfahrer hilfreich, um diesen auf mögliche Bereiche mit reduzierter Einbautemperatur hinzuweisen. Dies dürfte jedoch nicht in der bisherigen kleinteiligen Auflösung stattfinden, sondern müsste für den Walzenfahrer anhand größerer Segmente, etwa 10 x 2 m Abschnitte, dargestellt werden. Auch die Kontinuität des Einbaus kann im Nachgang verdeutlicht werden. So werden anhand der Heat-Diagramme z. B. Fertigerstillstände sichtbar. Gerade für Schulungszwecke des Einbaupersonals sind die erzeugten Informationen daher sehr gut geeignet.

Aufzeichnung der Einbaugeschwindigkeit

Wie bereits in Abschnitt „Fräsen mit variabler Tiefe“ (s. asphalt Ausgabe 1/2021) erwähnt, soll mithilfe der dynamischen Logistiksteuerung ein unterbrechungsfreier Einbauprozess realisiert und somit Fertigerstopps vermieden werden. Dies wirkt sich positiv auf die Ebenheit der Asphaltdecken aus, welche bei QSBW 4.0 mit einem Grenzwert für die Unebenheiten von 3 mm/4 m für die Asphaltdeckschicht belegt ist. Über GPS-Tracker wird die Position des Asphaltstraßenfertigers über die Zeit genau bestimmt. Hieraus kann dann die Einbaugeschwindigkeit berechnet werden. Die Einbaugeschwindigkeit ist als Geschwindigkeits-Weg-Diagramm mit ergänzten Stillstandsdauern zu dokumentieren und dem Auftraggeber nach Beendigung der Baumaßnahme vorzulegen. Nachweisliche Stillstände werden nicht als mangelhafte Leistung gewertet. Stellvertretend werden nach wie vor die Ebenheitsmessungen mittels Planograf herangezogen.

Da die Erhöhung der Ebenheit eines der maßgebende Ziele ist, werden auch erhöhte Anforderung an die Ausgleichsteuerung des Straßenfertigers zur Ebenheitsregulierung gestellt, wobei das System frei wählbar ist. Hier hat sich der Einsatz des Multiplex-Ski am Straßenfertiger durchgesetzt.

Messung der Schichtdicke

In einem festgelegten Raster sind kontinuierlich Schichtdicken zu erfassen. Die Schichtdicke wird über elektromagnetische Verfahren nach den TP D-StB, Ausgabe 2012 [8] bestimmt. Die Vorteile der messtechnisch genauen, baubegleitenden Schichtdickenmessung liegen auf der Hand. Zum einen kann das Walzmaß der einzubauenden Asphaltdecke genau bestimmt werden und somit die Einstellung der Einbaudicke an der Fertigerbohle angepasst werden. Zum anderen wird die vertrags- und abrechnungsrelevante Kenngröße sofort nach dem Walzen erfasst. Diese kann dann sogar mit den Messungen des Auftraggebers in Rahmen der Kontrollprüfung verglichen werden, da es sich bei den gemessenen Dicken um Absolutwerte handelt.

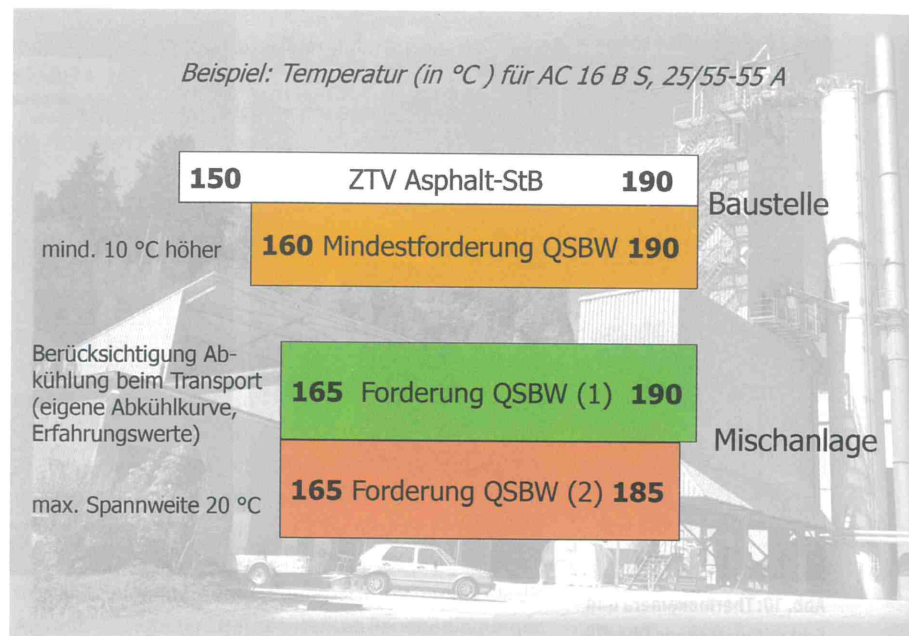


Abb. 9: Beispiel für die Festlegung einer angestrebten Produktions- und Verladetemperatur des Asphaltmischgutes

Die rechnerische Überprüfung der Schichtdicke auf Basis von Verbrauchskontrollen während des Einbaues unterliegt Ungenauigkeiten, da hier eine Raumdichte der Schicht angenommen wird. In der Regel handelt es sich bei der angenommenen Raumdichte um die in der Erstprüfung angegebene Raumdichte des Asphaltmischgutes, welche jedoch produktionsbedingten Schwankungen unterliegt. Daher hat sich die baubegleitende Schichtdickenmessung schon seit langer Zeit bewährt, insbesondere dann, wenn im Leistungsverzeichnis der Baumaßnahme für die Asphaltdecken Schichtdicken gefordert werden.

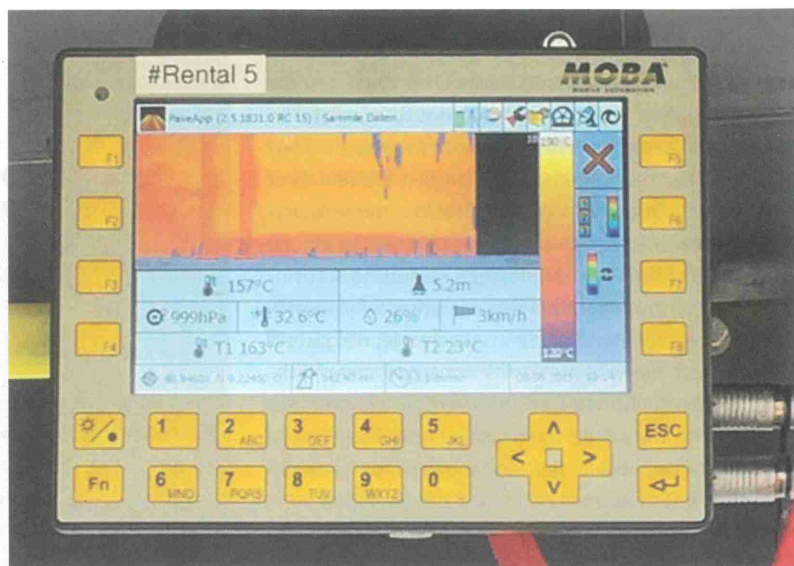
Nach QSBW 4.0 wird bisher keine Echtzeitdarstellung der gemessenen Einbaudicke auf der Baustelle bzw. in die Cloud des Projektes gefordert. Dies wird jedoch als absolut sinnvoll erachtet, da auf Basis dieser Informationen Einstellungen am Straßenfertiger direkt reguliert werden können. Der Einbaupolier hat dadurch permanent den Vergleich von „Soll“ zu „Ist“ der Schichtdicke.

Es besteht hierfür die Notwendigkeit, dass sich auch die beauftragten Prüfstellen digitalisieren und ihre Messdaten entweder über offene Schnittstellen mit eigener Software oder per Direkteingabe in der eingesetzten Software zur Bauprozesssteuerung mittels Tablet oder Smartphone erfassen.





Abb. 10: Thermokamera und Echtzeitanzeige von Oberflächentemperaturen, System der Firma Moba (Quelle: Wolff & Müller)



Dem Auftraggeber ist als Dokumentation der Eigenüberwachung ein Schichtdicken-Weg-Diagramm nach Beendigung der Bauarbeiten zu übergeben.

Messung der Asphaltverdichtung

Wie bereits erwähnt, ist die Durchführung von Verdichtungsmessungen nach der „Arbeitsanleitung für den Einsatz radiometrischer Geräte für zerstörungsfreie Dichtemessungen auf Asphaltschichten“, Ausgabe 2001 [9], nach QSBW 4.0 ebenso verlangt. Auch hier ergeben sich für den Auftragnehmer keine Veränderungen zu den sonst zu erbringenden Leistungen, da in Baden-Württemberg über die Ergänzenden Technischen Vertragsbedingungen, Teil 3 [10] bereits seit 2018 bei Verkehrsflächen ab einer Belastungsklasse Bk3,2 radiometrische Verdichtungsmessungen im Rahmen der Eigenüberwachungen durchzuführen sind. Der alternative Einsatz elektromagnetischer Messsysteme ist bisher nicht zulässig.

Wichtig ist es, mit Auftraggeber und Einbaupersonal zu kommunizieren, dass es sich um ein indirektes Messverfahren handelt. Es können sich Verschiebungen zu den tatsächlichen Verhältnissen der eingebauten Schicht einstellen. Ursachen können Dichteanomalien in den verwendeten Gesteinskörnungen im Asphalt, atmosphärische Einflüsse, Verschiebungen in den Bezugswerten der Erstprüfungen (Roh- und Raumdichte) oder die vorhandene Oberflächenstruktur einer Asphaltschicht sein. Als Prüfverfahren in der Kontrollprüfung mit Ableitung von absoluten Eigenschaften der eingebauten Schicht ist das Verfahren daher nicht geeignet und auch vordergründig nicht vorgesehen.

Verdichtungsmessungen mit indirekten Prüfverfahren dienen vielmehr dazu, die erforderliche Anzahl an Walzübergängen und Art der Walzübergänge festzulegen. Hierfür muss zu Einbaubeginn in situ ein Prüffeld angelegt werden, mit welchem die Walzparameter für die fortlaufende Verdichtung festgelegt werden. Der Laborant misst hierfür die Raumdichte des eingebauten Asphaltmischgu-

tes hinter der Einbaubohle (Vorverdichtung) sowie die Raumdichteerhöhung mit jedem Walzübergang. Die Art der Verdichtung (statisch/dynamisch) ist für jeden Walzübergang ebenso zu dokumentieren. Daraus kann dann abgeleitet werden, mit welchem Verdichtungskonzept eine maximale Raumdichte erreicht werden kann. Unter der Voraussetzung eines homogenen Asphaltmischgutes mit gleichmäßiger Temperatur kann die so ermittelte Raumdichte als Maß einer maximal erreichbaren Verdichtung angenommen werden. Die Festlegung der Anzahl an statischen und dynamischen Walzübergängen wird weiterhin als Referenz für die Einstellung des FDAV-Systems benötigt. Fortlaufend sind dann stationsgenau weitere Messwerte für die Raumdichte/Verdichtung der eingebauten Schicht nach Erreichen der verdichtungsrelevanten Walzübergänge zu erfassen und das Ergebnis zu dokumentieren, wobei in QSBW 4.0 nicht festgelegt wird, in welchem Umfang diese Messungen stattfinden sollen. Es hat sich hier bewährt, die Messungen an den gleichen Stationen durchzuführen, an denen auch die Schichtdicke bestimmt wird, da dies in der Regel durch die gleiche Person erfolgt. Zu einem späteren Zeitpunkt ist auf der Baustelle ein weiteres Probefeld anzulegen, mit dem die Gültigkeit des ursprünglich festgelegten Verdichtungskonzeptes nochmals überprüft wird. Bei Bedarf sind auf Basis dieser Validierung nochmals Anpassungen im Konzept vorzunehmen.

Um die radiometrischen Messungen genau und richtig zu bewerten, ist es notwendig, sehr gut geschulte und erfahrene Laboranten einzusetzen, welche auch bei veränderten Randbedingungen die richtigen Rückschlüsse aus den Messwerten ziehen. Bei deutlichen Abweichungen zu den aus dem Probefeld festgelegten Sollwerten sind notwendige Korrekturen des Einbauprozesses mit dem zuständigen Einbaupolier abzustimmen und an das Einbaupersonal weiterzugeben.

Auch die Ergebnisse der Verdichtungsmessungen sollten in Echtzeit an das Einbaupersonal und an die Baulei-

tung weitergegeben werden, wohlwissend, dass sich die bereits genannten Abweichungen zu den Absolutwerten aufgrund des indirekten Messverfahrens ergeben können. Dennoch wird dadurch die Kommunikation zwischen Laborant, Einbaupolier und Bauleiter deutlich erleichtert. Eine bauvertragliche Abweichung darf aus den berechneten Verdichtungsgraden der radiometrischen Messungen innerhalb der Eigenüberwachung aus den bereits genannten Gründen nicht abgeleitet werden.

Fazit

Die Einführung von Qualitätsstraßenbau Baden-Württemberg 4.0 hat zu einer beschleunigten Umsetzung der Digitalisierung unter Einsatz moderner Technologien auf Asphaltbaustellen innerhalb der Bauindustrie in Baden-Württemberg und somit auch für einen Innovationschub gesorgt. Hervorzuheben ist, dass die ausgehende Initiative seitens der Straßenbauverwaltung erfolgte.

QSBW 4.0 führt in der Bauausführung nicht direkt zu einer besseren Einbaugüte, sondern zu sicheren Prozessen beim Asphaltbau.

Bisher konnten noch nicht alle Inhalte aus QSBW 4.0 vollständig umgesetzt werden. Probleme entstanden oftmals aufgrund einer unzureichenden Vorerkundung der Baumaßnahme im Zuge der Erstellung der Ausschreibung und durch die nicht durchgängig verfügbare Mobilfunk- und Satellitenabdeckung auf der Baustelle sowie auf den Transportwegen zwischen Mischanlage und Baustelle. In der Folge waren Arbeiten gemäß den bauvertraglichen Vorgaben nicht immer möglich. Als Beispiel ist das Fräsen mit 3D-Steuerung zu nennen.

Das Einbaupersonal nimmt grundsätzlich die geforderten Technologien aus QSBW 4.0 als zusätzliche Hilfsmittel an. Teilweise ist jedoch auch eine Überlastung des Einbaupersonals mit Aufgaben und/oder Informationen festzustellen. Die zusätzlichen und veränderten Aufga-

ben bedürfen eines Eingewöhnungsprozesses, welcher nur auf Basis von eigenen Erfahrungen erweitert werden kann.

QSBW 4.0 befindet sich nach wie vor im Entwicklungsstatus. Positiv ist in diesem Zusammenhang zu bewerten, dass die Straßenbauverwaltung im Kontakt mit der Bauindustrie die bisherigen Bauvorhaben ausgewertet hat und das Handbuch Qualitäts-Straßenbau Baden-Württemberg 4.0 mit der Fassung 2.0 Ende 2020 fortgeschrieben hat. Die geschilderten Schwierigkeiten bei der Umsetzung einiger Inhalte aus QSBW 4.0 werden mit fortschreitender Ausschreibung von Baumaßnahmen weiter abgebaut. Ebenso kann es aber auch notwendig werden, Anforderungen aus QSBW 4.0 auf bestehende und funktionierende Technologien anzupassen. Daher ist es richtig, dass die Straßenbauverwaltung Baden-Württemberg QSBW 4.0 verbindlich für geeignete Erhaltungsmaßnahmen im Bereich der Landstraßen eingeführt hat und dadurch weitere Entwicklungsschritte fördert. Da die Auswahl geeigneter Strecken stark an Randbedingungen geknüpft wird [s. Abb. 3 (asphalt Ausgabe 1/2021)] muss jedoch davon ausgegangen werden, dass die Anzahl an Ausschreibungen dennoch begrenzt bleibt. Es wäre daher seitens der Straßenbauverwaltung zu prüfen, ob QSBW 4.0 immer im vollen Umfang erfolgen muss. Beispielsweise kann der geforderte Umfang des Qualitätscontrollings oder der Einsatz der flächendeckenden Asphaltverdichtung auch dann geeignet sein, wenn nur eine Deckschichterneuerung geplant ist. Bei Neu-, Um- und Ausbaumaßnahmen kann auf Basis der Ausführungsplanung ebenfalls QSBW 4.0 zum Einsatz kommen, wodurch die Anzahl an Baumaßnahmen noch mal gesteigert werden würde.

Alles in allem ist QSBW 4.0 der richtige Schritt in der Digitalisierung des Asphaltstraßenbaus. Alle Beteiligten müssen weiterhin daran arbeiten, die eingeführten Prozesse und Technologien fortzuentwickeln. ■

AUTOR

Dipl.-Ing. Sven Gohl
Makadamlabor Schwaben
GmbH
Leonberger Str. 208/1
71063 Sindelfingen

Unter Mitwirkung von:

Wolff & Müller Tief- und
Straßenbau GmbH & Co. KG,
Stuttgart
Eurovia Teerbau GmbH,
NL Stuttgart

LITERATUR

- [1] Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg, Handbuch Qualitäts-Straßenbau Baden-Württemberg 4.0 – QSBW 4.0, Version 1.0, Stuttgart 10/2018
- [2] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen aus Asphalt, ZTV Asphalt-StB 07/13, FGSV Köln Januar 2014
- [3] Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg, Handbuch Qualitäts-Straßenbau Baden-Württemberg 4.0 – QSBW 4.0, Version 2.0, Stuttgart 11/2020
- [4] FGSV, H VAE, Leitfaden zur Herstellung von Verkehrsflächenbefestigungen aus Asphalt – Hinweise zur Sicherstellung einer anforderungsgerechten Ebenheit, Ausgabe 2019, Köln 2019
- [5] Utterodt, R.: Flächendeckende kontrollierte Verdichtung beim Einbau von Asphalt – Erarbeitung eines Kennwertes, Straße und Autobahn, Ausgabe 11/2020, Kirchbaumverlag
- [6] BPO Asphalt, Volz Consulting GmbH, Mühlacker
- [7] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Allgemeines Rundschreiben Straßenbau 223/13, Einsatzankündigung von Maßnahmen zur Steigerung der Asphaltbauqualität, Bonn 10/2013
- [8] FGSV, TP D-StB 12: Technische Prüfvorschriften zur Bestimmung der Dicken von Oberbauschichten im Straßenbau, Köln 2013
- [9] FGSV, Arbeitsanleitung für den Einsatz radiometrischer Geräte für zerstörungsfreie Dichtemessungen auf Asphalt-schichten, Ausgabe 2001, Köln Juli 2001
- [10] Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg, Ergänzungen zu den Technischen Vertragsbedingungen im Straßenbau Baden-Württemberg (ETV-StB-BW), Teil 3 (Asphalt), Ausgabe 2018, Stuttgart 10/2018