

Im Auftrag der
Region Hannover

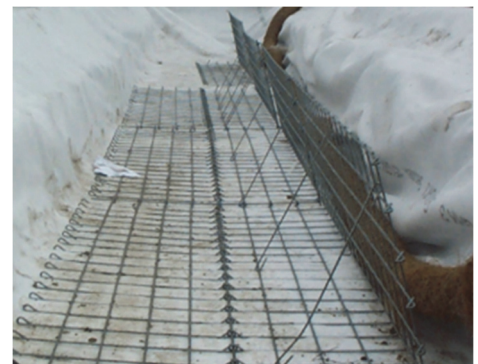
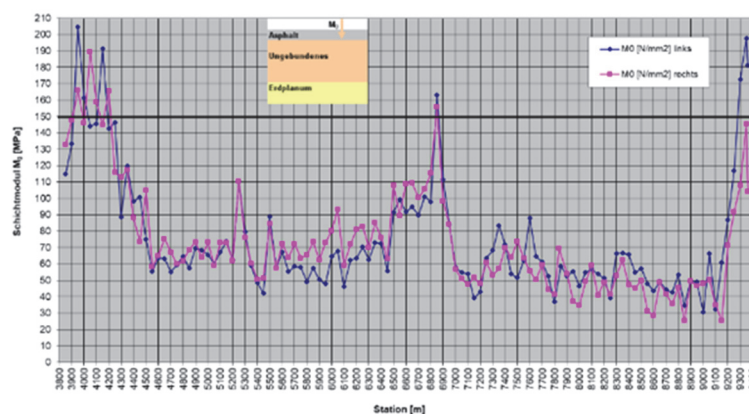
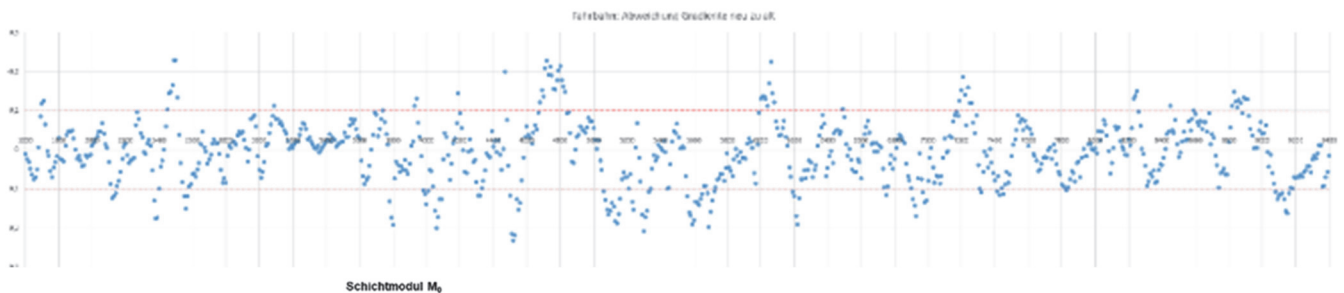
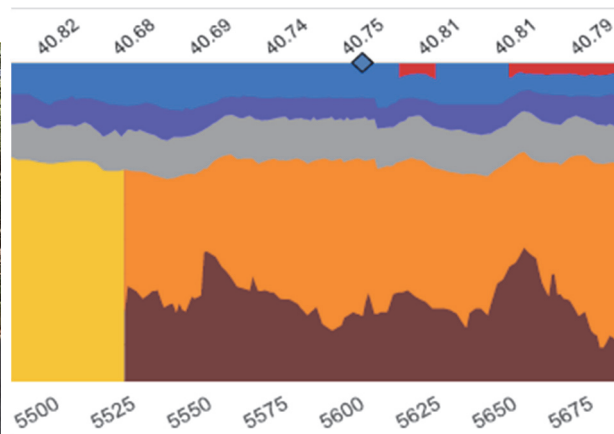
FB Verkehr, Team 86.06 Infrastruktur Straße

Hildesheimer Straße 18

30169 Hannover

Hannover, 8. Februar 2021

19008 – Stellungnahme zur Grundhaften Erneuerung der K 347 Moorstraße, Weißer Berg – Neustadt



Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Vorgang	3
2. Zielsetzung und zu berücksichtigende Inhalte bzw. Randbedingungen	4
3. Impulsradar	7
4. Konventionelle Erkundungen	10
5. Bewertung der FWD-Ergebnisse	14
5.1. Allgemeines	14
5.2. Bewertung der FWD-Ergebnisse für die K347 zwischen Neustadt a. R. und Mardorf	15
6. Entwicklungsgeschichte bis zu den zur Erneuerung empfohlenen, dargestellten Fahrbahn- und Radwegaufbauten	22
7. Technischer Teil des Einbaus von Schaumbeton und Blähglasschotter Geocell Red	28
7.1 Allgemeines und Materialparameter	28
7.1.1 Schaumbeton	28
7.1.2 Blähglasschotter Geocell Red	29
7.2 Referenzen und Ausschreibungstext für den Schaumbeton und Blähglasschotter	30
7.2.1 Schaumbeton	30
7.2.2 Blähglasschotter Geocell Red	32
7.2.3 Hinweise zu Leichtbaustoffen	33
8. Empfehlung der auszuführenden Erneuerungs- und Sanierungsabschnitte sowie Kostenberechnung	33
8.1 Zur Ausführung empfohlene Erneuerungsabschnitte	33
8.2 Kostenberechnung	38
9. Zukünftig bei der Planung der Erneuerung der Straßen- und Radwegkonstruktion zu berücksichtigenden Inhalte	39
9.1 Bauen mit Schaumbeton im Längsschnitt	39
9.2 Bauen mit Schaumbeton	40
9.3 Sonstiges	40

1. Vorgang

Die Fahrbahnkonstruktion der K 347 zwischen Weißer Berg und Neustadt a. R. muss mit viel Unterhaltungsaufwand verkehrssicher gehalten werden, da immer wieder Setzungen, Verformungen und größere Risse die Verkehrssicherheit gefährden. Die Abbildung 1.1 dokumentiert die Schäden.



Abb. 1.1: Foto der K347 mit sichtbarer „Wellenbildung“ an der Asphaltoberfläche (Quelle: Region Hannover)

Mittlerweile gibt es Geschwindigkeitsbegrenzungen auf der Strecke, da die Verformungen sehr groß – im Dezimeterbereich – geworden sind.

Was will man denn auch anderes erwarten, in einem Gebiet, in dem großräumig Torf abgebaut und dieser auch unter der Straße – z.B. in der Geologie vermerkt – vermutet wird.

Leider stehen der Region Hannover keine historischen Unterlagen über die K 347 zur Verfügung.

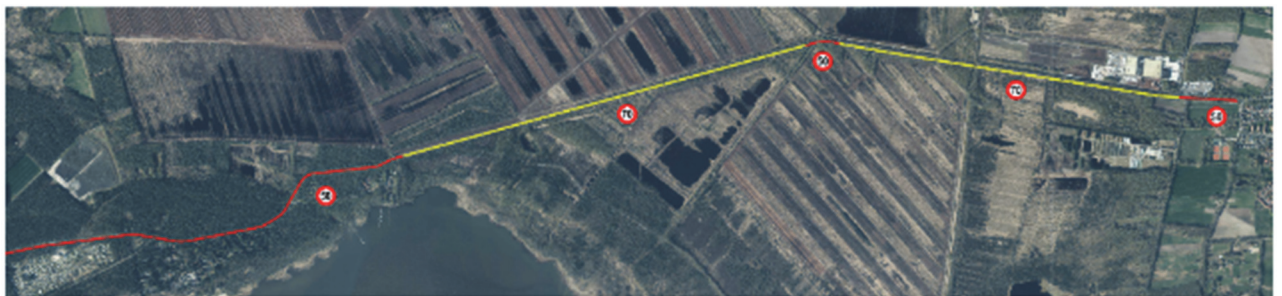
In der Anlage 2.1 ist eine Übersichtskarte der K347 zwischen dem Weißen Berg und Neustadt a. R. zu sehen, die in der Abbildung 2.1 verkleinert dargestellt ist.

2. Zielsetzung und zu berücksichtigende Inhalte bzw. Randbedingungen

Für die K347 Moorstraße vom Weißen Berg bis Neustadt a. R. soll ein prinzipielles Konzept für die Erneuerung der Fahrbahnkonstruktion und den Radwegaufbau entwickelt werden.

Die folgenden Inhalte sind in das im Kapitel 8. dargestellte Baukonzept eingeflossen:

- Wasserschutzgebiet: Im Einzugsgebiet der Straße ist kein Wasserschutzgebiet ausgewiesen (s. Anlage 1.1).
- FFH Gebiet: Die aktuelle Planung befindet sich ausnahmslos außerhalb des FFH Gebietes.
- Verrohrung des nördlichen Grabens (von Station 4+462 bis 7+850) wegen zukünftiger einfacherer Moorvernässung (s. Anlage 2.1 Untersuchter Querschnitt) wurde nach eingehender Diskussion im Wesentlichen aufgrund der anzusetzenden Kosten verworfen.
- Bushaltestellen, Busbuchten und Querungshilfe: Es wurde so geplant, dass die Flächen des FFH Gebietes nicht in Anspruch genommen wurden unter Berücksichtigung der Verkehrssicherheit.
- Bahnübergänge: Es kann erst im Laufe des Jahres 2021 entschieden werden, ob die Bahnübergänge erhalten bleiben müssen. Die Gradienten wurde so gerechnet, dass die Bahnübergänge bestehen bleiben können.
- Brückenanbindung im Fahrbahn- und Radwegbereich: Die Höhen für die Brückenbauwerke wurden der Brückenplanungsabteilung der Region Hannover übermittelt.
- Verarbeitung des Höhenunterschieds der Gradienten alt gegenüber neu für die Fahrbahn und den Radweg: Diese Daten wurden berechnet und werden im Laufe dieser Arbeit vorgestellt.
- Seitens der Verkehrsbehörde aus Neustadt a. R. wurde ein Geschwindigkeitskonzept erarbeitet,



welches oben dargestellt ist und nach der Erneuerung bzw. Sanierung der K 347 greifen wird. Die entsprechenden Trassierungselemente wurden bei der Erarbeitung des Lage- und Höhenplans bzw. der Gradienten schon geschwindigkeitsabhängig gewählt. Die Abbildung 2.1 ordnet diesen späteren Geschwindigkeiten die geplanten Bauabschnitte zu.

- Es fehlen noch Vermessungsdaten, die für die weitere Planung von Nöten wären: Einmündung „Hubertusstraße“ einschließlich dem Naturpfad (ersten 20m), Bereich südliche Bushaltestelle bei Station km ca. 4+400 bis 4+450, Einmündung sowie Wirtschaftsweg ASB (Kompostwerk) beim Brückenbauwerk, generell könnte die Werkszufahrt der ASB noch gut 10 m weiter gemessen werden, Bahnquerungen im Detail (falls diese bestehen bleiben).
- Herstellen der Längsneigung der Trasse beim Bauen mit Schaumbeton: Die Möglichkeiten werden in dieser Stellungnahme vorgestellt.
- Auftriebsermittlung und Gleichgewichtsbetrachtung für den Straßen- und Radwegkörper: Beide Inhalte werden in dieser Arbeit ermittelt.
- Kostenberechnung: Diese wird in dieser Stellungnahme benannt.
- Umweltrelevante Untersuchungsergebnisse: Asbest, PAK, PIX und LAGA; werden vorgestellt und sind in das Baukonzept eingeflossen.
- Berücksichtigung der Auswirkungen der RPS – Richtlinie für Passive Schutzeinrichtungen.
- Die neue Gradienten sollte +/- 10 cm von der alten Gradienten abweichen: Dies ist weitestgehend gelungen, jedoch wurden die Vorgaben an Stellen großer Verformungen des Bestandes um ca. 10 cm überschritten.

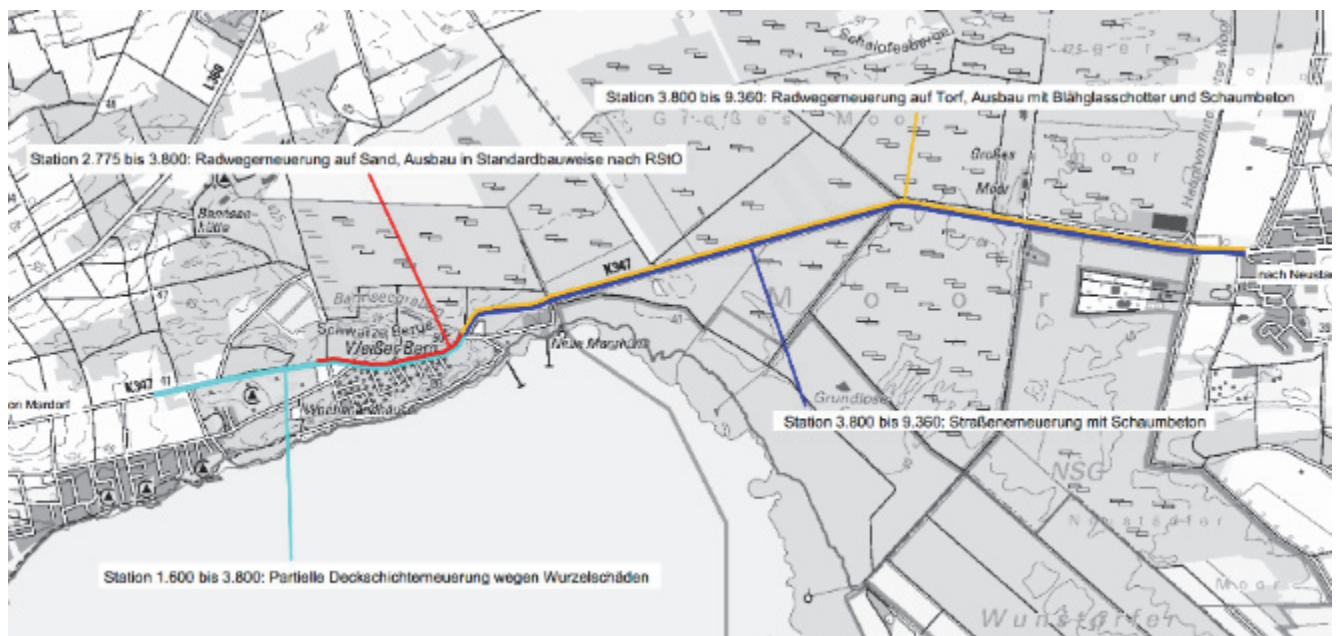


Abb. 2.1.: Übersicht der geplanten, zu erneuernden Abschnitte der K347 zwischen Weißer Berg und Neustadt a. R. (Quelle: Region Hannover, Anlage 2.1)

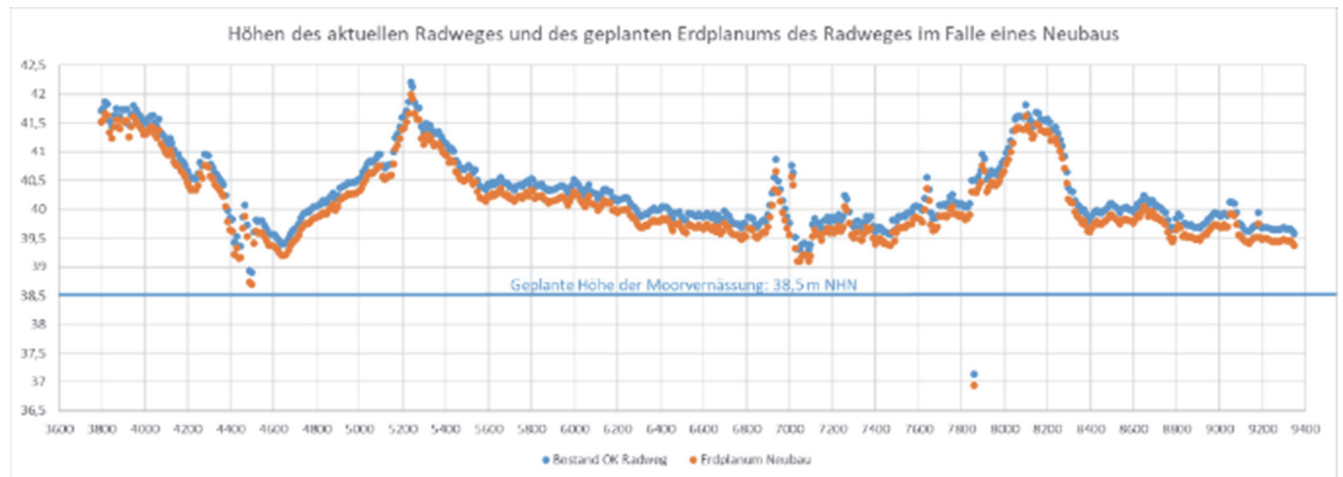


Abb. 2.2.: Höhen des aktuellen Radweges (Bestand), des geplanten Erdplanums des Radwegneubaus und der geplanten Moorvernässungshöhe

- Es soll eine Moorvernässung auf +38,5 m NHN stattfinden. Die tiefsten Punkte der Trasse während der Bauausführung sind die grabenseitige Radwegoberfläche und das um 0,2 m tiefere Erdplanum des Radwegneubaus. Wie der Grafik der Abbildung 2.2 zu entnehmen ist, gibt es selbst beim geplanten Bau der tiefsten Orte des Radwegeerdplanums – bis auf eine Stelle – keinen Grund für eine Wasserhaltung.
- Der Untergrund teilweise bestehend aus Sand sowie aus Sand und Torf wurde im Baukonzept berücksichtigt.
- Entwässerungssituation der Fahrbahn und des Radweges sind in die Planung eingeflossen. Eine abschließende Entwässerung ist in den nächsten Planungsphasen zu realisieren. Der Vorschlag, den mit Hochbord geführten Radweg zwischen der ASB (Kompostwerk) und Ortseingang Neustadt a. R. aus Platzgründen auszubilden, wurde noch nicht abschließend behandelt. PA würde in den abflussschwachen Bereichen eine Alternative darstellen.
- Wir haben die Orthofotos in die Planung eingebunden, die georeferenziert sind. Uns wurden auch seitens der Region Hannover Laserscan-Daten des Katasteramtes zur Verfügung gestellt, mit denen wir aufgrund von Drohnenbefliegungen Höhendaten ca. 500 m links und rechts der Straße haben. Beide Datenpools, die Orthofotos und die Laserscandaten, sind zusammen hilfreich.
- Die Trassierungselemente sind bei der Planung weitestgehend an den Bestand angepasst worden und entsprechen nicht einem Neubau nach den aktuellen Richtlinien. Es sollte eine Erneuerung durchgeführt werden, deren Ziel es ist, Setzungen, Verformungen und Risse zukünftig zu vermeiden und nicht die Straße in eine andere geometrische Lage zu bringen.

- Uns wurden auch Laserscan-Daten der Straße zur Verfügung gestellt. Diese Daten haben wir aber erst nach zähem Ringen mit dem Messenden erhalten und es hat uns viel Zeit gekostet. Diese Erfahrungen und das Arbeiten mit den Daten haben gezeigt, dass auf freier Strecke das Scannen der Fahrbahn nur notwendig bzw. sinnvoll ist, wenn eine Deckenerneuerung stattfinden soll und ein Deckenhöhenplan auf Grundlage des Bestandes erarbeitet werden muss. Bei einer grundhaften Erneuerung ist ein Fahrbahnskan meines Erachtens nach nicht notwendig.
- Das Kompostwerk ASB Grünland Helmut Aurenz GmbH hat in einem Gespräch mit den Herren Veuskens und Schneider von der Region Hannover die Bereitschaft bezeugt, dass sie der Erneuerung der K347 offen gegenüberstehen. Es wurden Wünsche geäußert hinsichtlich einer zweiten offiziellen Zufahrt und erörtert, dass im Herbst seitens der ASB die beste Zeit wäre, im Bereich des Kompostwerkes die Straße zu erneuern.

3. Impulsradar

Die Längs- und Querprofile als Ergebnisse der Impulsradarmessungen und der Festlegung der Bohrpunkte sowie die Durchführung der Bohrungen und deren Ergebnisse, liegen der Region Hannover vor. Ungeachtet dessen haben wir die Impulsradarergebnisse in den Anlagen 3.1 bis 3.3 noch einmal dargestellt, damit der geneigte Leser die beschriebenen Inhalte besser nachvollziehen kann. Mit dem Impulsradar ist es häufiger nicht möglich, die verschiedenen Schichten durchgängig darzustellen, da die Reflexionsintensität differiert, Wasser bzw. Feuchtigkeit die Schichtgrenzen verschwimmen lässt und bei geringerer Reflexionsintensität keine eindeutigen Schichtgrenzen erkennbar sind. Beispielhaft sind nachfolgend ein Ausschnitt zweier Längsprofile und Querprofile (Abbildungen 3.1 und 3.2) dargestellt.

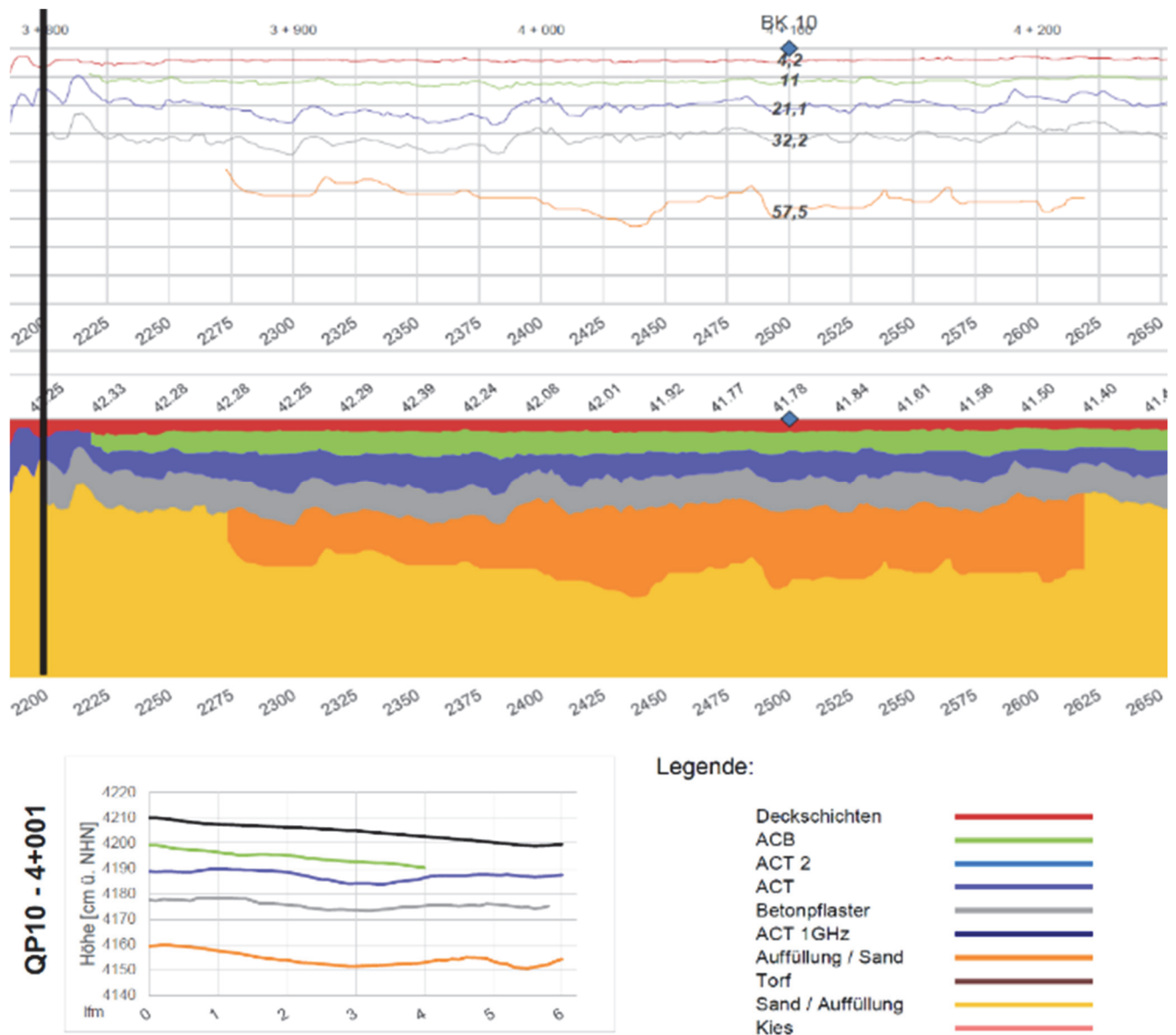


Abb. 3.1.: Ausschnitt eines Längsprofils (von ca. 3.800 m bis 4.200 m) und Querprofils des Impulsradars. Die Zahlen beim Bk10 dokumentieren die Tiefe unter der Fahrbahnoberkante. Das Raster in der obigen Grafik ist vertikal alle 10 cm dargestellt. Legende s. Querprofil (Quelle: PTM Dortmund)

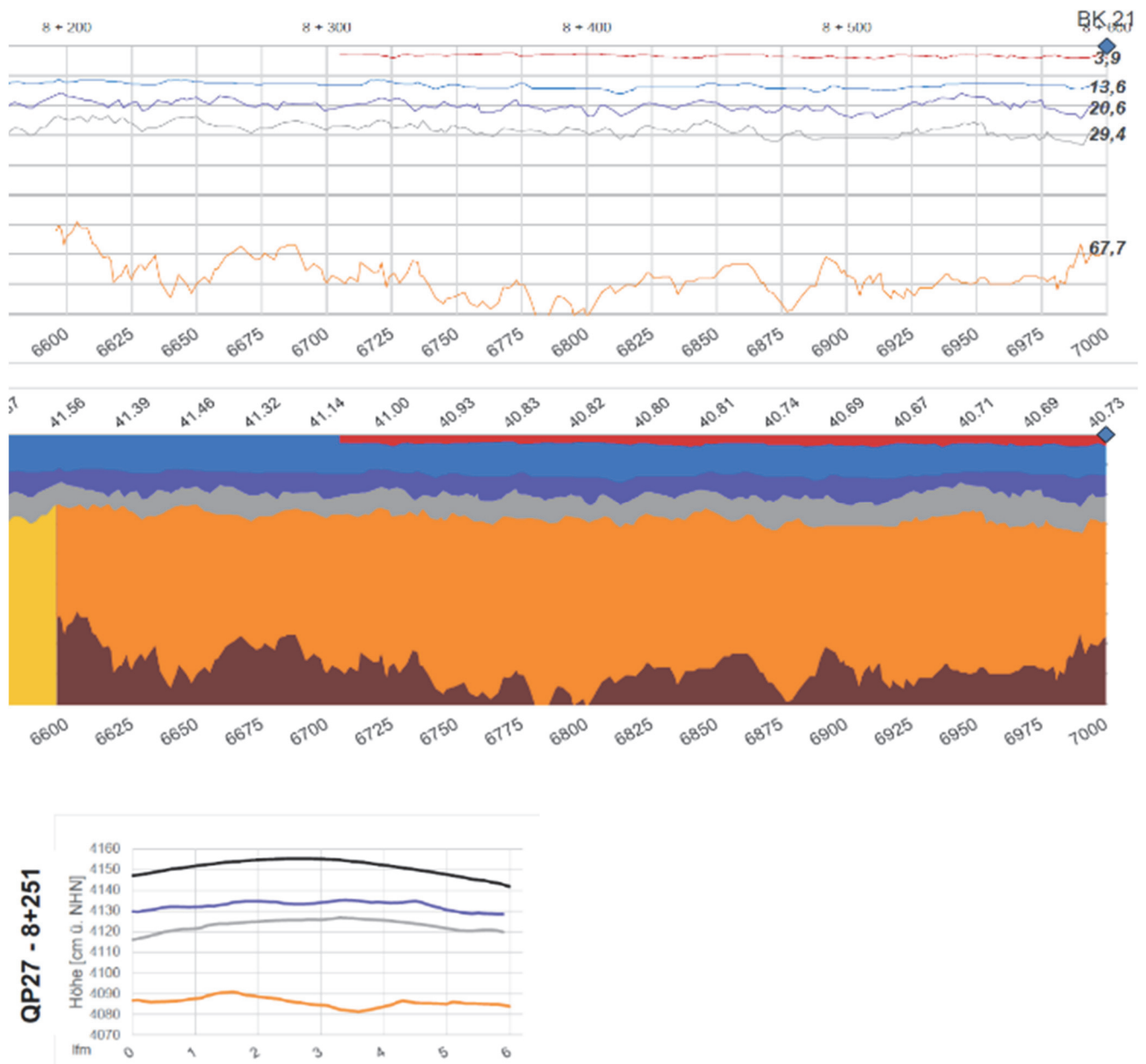


Abb. 3.2.: Ausschnitt eines Längsprofils (von ca. 8.200 m bis 8.600 m) und Querprofils des Impulsradars. Die Zahlen beim Bk21 dokumentieren die Tiefe unter der Fahrbahnoberkante. Das Raster in der obigen Grafik ist vertikal alle 10 cm dargestellt. – Legende s. Querprofil (Quelle: PTM Dortmund)

Es sind in den Querprofilen jeweils die Schichtgrenzen der Materialien an deren Oberseite als Linien dargestellt. Die Bezeichnung der Schichten ist anhand der Legende, die dem Querprofil zugeordnet wurde, nachvollziehbar. Da die Tiefenlage und Dicke der Torfschichten für die Tragfähigkeit und Setzungen entscheidend sind, wurden diese Schichten noch flächenhaft bräunlich eingefärbt, sofern der Torf in den Schichtenprofilen des Impulsradars erfasst wurde. Es wird in den Querschnitten in den Abbildungen 3.1 und 3.2 auch deutlich, dass eine Einseitneigung und auch ein Dachprofil erfasst wurde.

Die für die Kalibrierung des Impulsradars in diesen Abschnitten (Abbildungen 3.1 und 3.2) zugehörigen Bohrerergebnisse Bk10 und Bk21 sind in den Abbildungen 4.1 und 4.2 dargestellt.

Die Zusammenarbeit mit der PTM Dortmund, die mit den Impulsradarmessungen und -auswertungen betraut waren, gestaltete sich schwierig, da zwar in den Längsprofilen nach der ersten Ergebnisvorlage Verbesserungen – z.B. alle Schichtgrenzen, die erkannt wurden, auch wenn sie unterbrochen sind, dargestellt wurden, die Flächen farblich ausgefüllt und die letzte Schicht vor „Messtiefenende“ dargestellt - vorgenommen wurden, aber die Radwegdaten und Querprofile in alter Form bestehen blieben. Auch können die einzelnen Schichten in Ihrer Ausdehnung in Längsrichtung meistens nicht identifiziert werden. Die PTM Dortmund hatte auch meiner Meinung nach ein falsches Konzept der Messlinien und der Kalibrierungsbohrungen vorgesehen und durchführen lassen, da die beiden relevanten Antennen zur Messung des Asphaltes und des Ungebundenen nicht auf einer Linie lagen, sondern einen seitlichen Abstand von mehr als einem Meter hatten und sich zwei verschiedene Messlinien ergaben, deren Ergebnisse schließlich „übereinandergelegt“ wurden. Die Bohrkernentnahme erfolgte an einer Stationierung, an der aber keine Angabe als Abstand zum Fahrbahnrand erfolgte. Die Kalibrierungsbohrungen fanden nicht an den Schnittpunkten der Längs- und Querprofile statt, sondern irgendwo auf der Längsachse. Fazit: Der Auswertende hat zu wenig Ahnung von der praktischen Messdurchführung und der praktischen Auswertung sowie dem Setzen der Bohrungen für die Kalibrierung der Impulsradarergebnisse. Dies war für uns Mehraufwand.

4. Konventionelle Erkundungen

In den Anlagen 4.1 und 4.2 sind die Ergebnisse der Konventionellen Erkundung dargestellt, deren Lage in der Fahrbahn ausschließlich aufgrund der Ergebnisse des Impulsradars festgelegt wurden. Die Aufschlusstiefe von 3 m in der Fahrbahn wurde aufgrund der früheren Ergebnisse der Fahrbahn- und Seitenraumerkundung festgelegt.

Bei den Erkundungsergebnissen gibt es immer nur punktuelle Untersuchungen, aber diese werden im Rahmen einer Kalibrierung mittels Impulsradar in Längs- und Querprofile in kontinuierliche Schichtenprofile überführt.

Beispielhaft sind in den Abbildung 4.1 und 4.2 Profile zweier Bohrungen dargestellt. Die gesamte Auswertung der Konventionellen Erkundungen liegt der Region Hannover vor. In dieser Stellungnahme sind die Bohrprofile in den Anlagen 4.1 und 4.2 beigegefügt, um auf kurzem Wege manche der hier beschriebenen Inhalte nachvollziehen zu können.

ENTNAHMESTELLE			
Probenbezeichnung	BK10		
Stationierung	4.100		
Fahrspur	links		
PROBENAHME			
Probennehmer	J. Wiers		
Entnahmedatum	14.05.2020	Entnahmegesät	Diamantkernbohrer (DN 100)
ENTNAHMEDATEN			
Kernlänge [mm]	315		
Tiefe [mm]	Schichtbeschreibung		
44	DS 11		
110	ABi 16		
212	Bit TS 22		
309 - 315	Betonpflaster (erdbraun)		

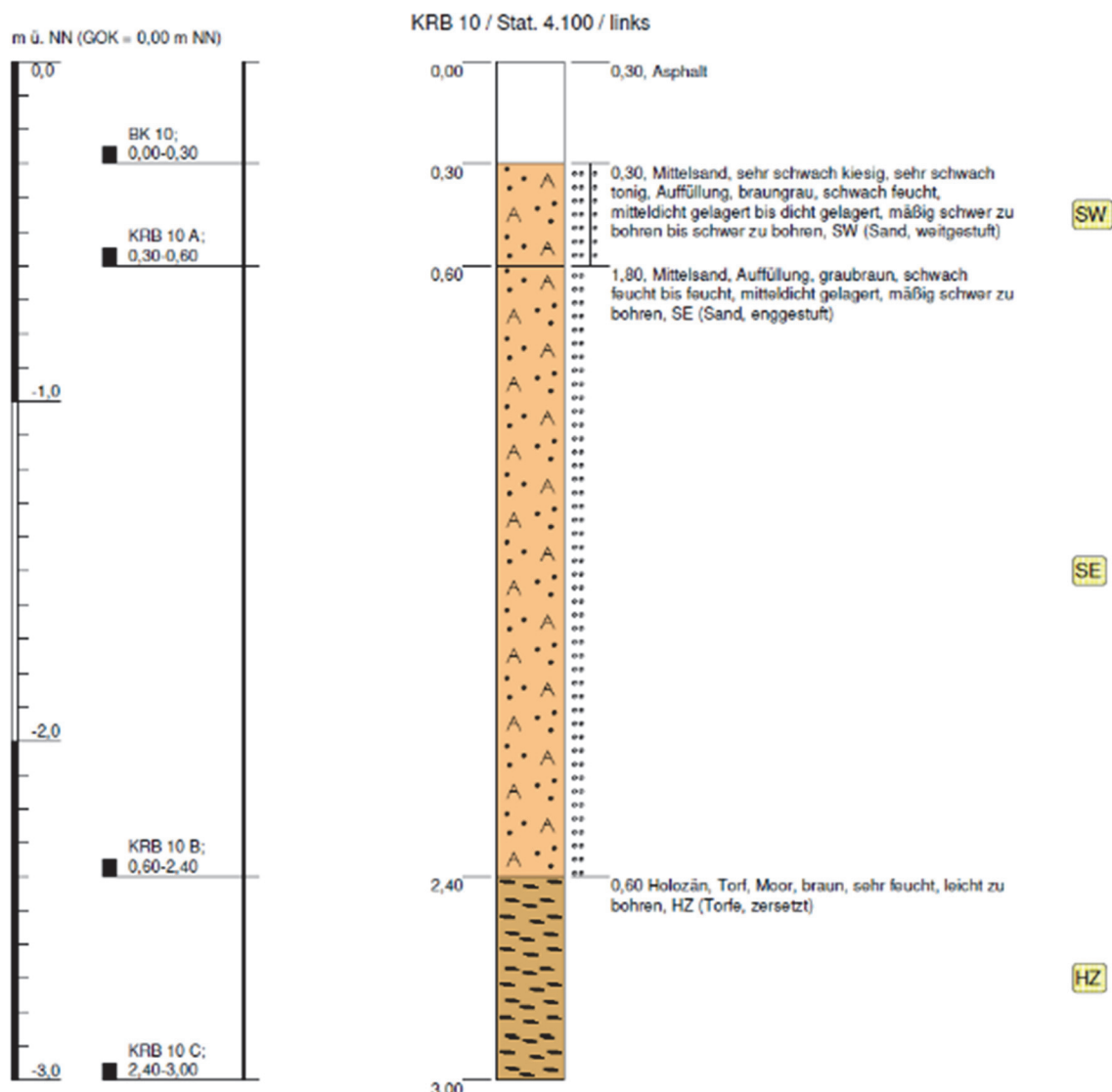
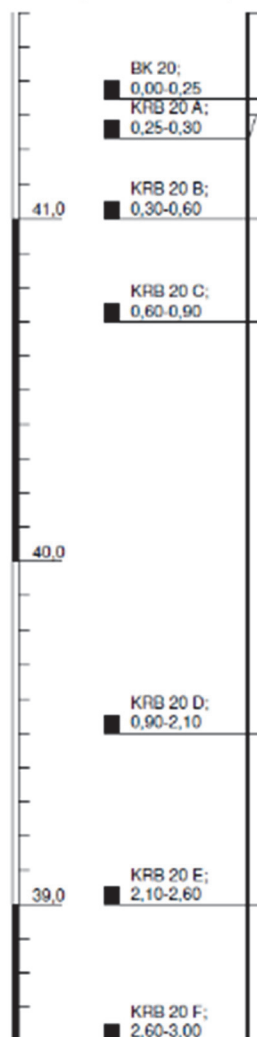


Abb. 4.1: Bohrprofil an der Station 4+100 links (Quelle: Böker und Partner)

ENTNAHMESTELLE			
Probenbezeichnung	BK21		
Stationierung	8.600		
Fahrspur	rechts		
PROBENAHEME			
Probenehmer	J. Wiers		
Entnahmedatum	20.05.2020	Entnahmegesät	Diamantkernbohrer (DN 100)
ENTNAHMEDATEN			
Kernlänge [mm]	177		
Tiefe [mm]		Schichtbeschreibung	
40		DS 11	
132		Bit TS 32	
165 - 177		Bit TS 32	
		Betonpflaster, anhaftender Schotter	

m ü. NN (GOK = 41,60 m NN)



KRB 20 / Stat. 8.200 / links

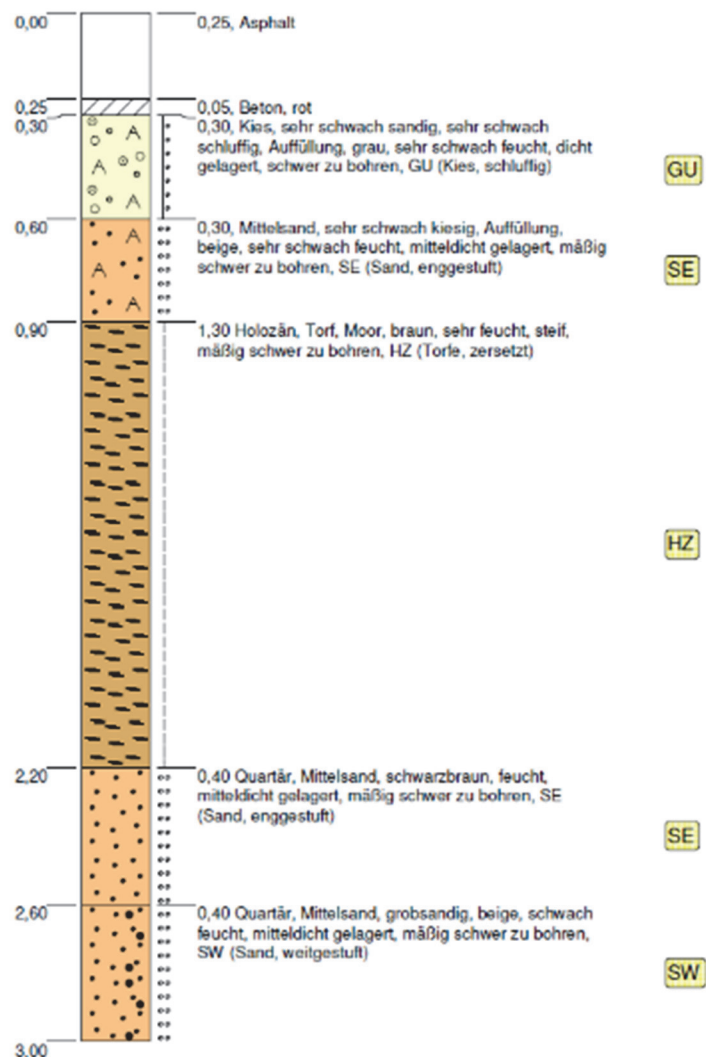


Abb. 4.2: Bohrprofil an der Station 8+200 links (Quelle: Böker und Partner)

Die beiden Bohrerergebnisse sind als Kalibrierungsbohrungen für das Impulsradar der Abbildungen 3.1 und 3.2. herangezogen worden.

Die Bezeichnungen der Schichtarten und deren Eigenschaften sind eindeutig, aber ich weise darauf hin, dass die Dicke des Asphaltes in der Profildarstellung in Abbildung 4.1, nicht genau der tabellarischen Darstellung entspricht, die Herr Sawall und ich bei Betrachtung der Bohrkerne ausgearbeitet haben. Das ist noch bei anderen Bohrungen zu beobachten. An dieser Stelle würde ich mir sorgfältigere Arbeit wünschen. Zudem erschloss sich mir auch nach vielfacher Ansicht die Durchnummerierung der Radweg- und Fahrbahnbohrungen nicht.

Es wurde in allen Bohrungen in der Straße kein Grundwasser bis in 3 m Tiefe angetroffen.

In der Abbildung 4.3 sind die Torfhorizonte in Meter unter der Fahrbahnoberkante (FOK) dargestellt. Demnach ist ab der Stationierung ca. 4.000 m bis zum Ende der Strecke mit einem wenig tragfähigen, setzungsempfindlichen Untergrund zu rechnen.

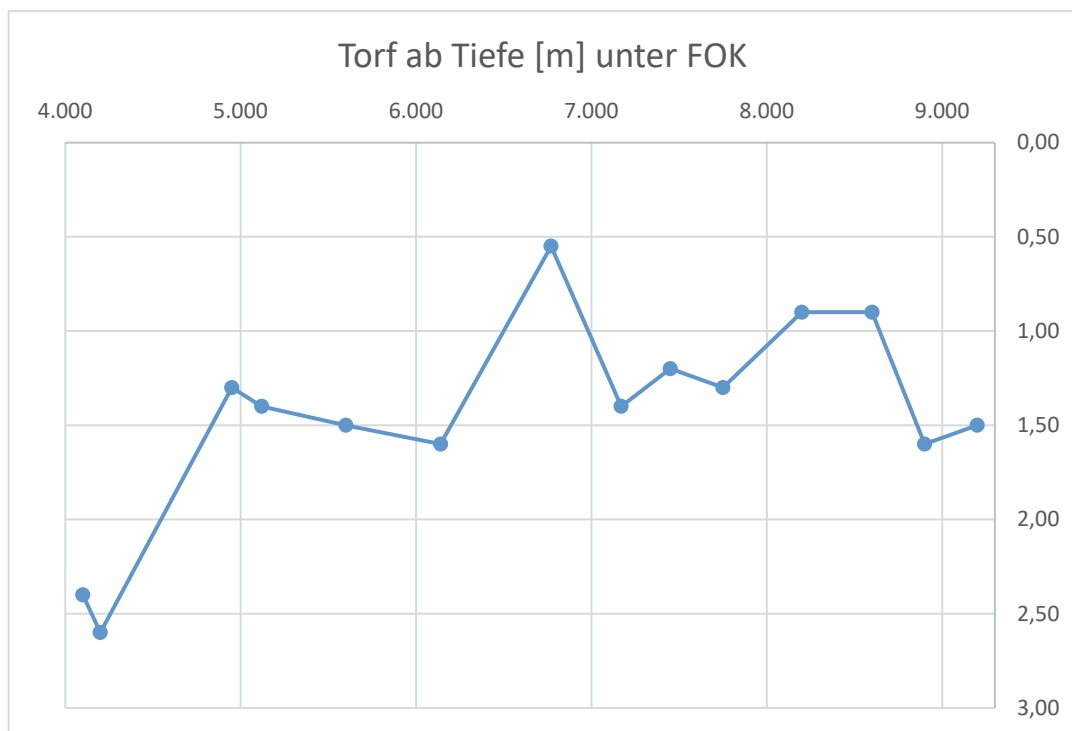


Abb. 4.3: Torfhorizont [m unter FOK: Vertikale Achse] bei den Bohrungen in der Straße

Die umweltspezifischen Materialuntersuchungen nach PAK, PIX, Asbest und LAGA sind in den Anlagen 4.3 und 4.4 dokumentiert.

5. Bewertung der FWD-Ergebnisse

5.1. Allgemeines

Die Auswertung der im April 2020 im Trassenbereich ausgeführten **Messungen mit dem Falling-Weight-Deflectometer (FWD)** erfolgt nach dem Verfahren von Dr. Grätz. Die Darstellung der Ergebnisse ist in den folgenden Abbildungen gegeben.

Zu den Ergebnissen der mit dem FWD entlang der untersuchten Straßen durchgeführten Messungen werden noch einige grundsätzliche Erläuterungen gegeben:

1. Zur Bewertung der Tragfähigkeit werden die aus den FWD-Messungen berechneten Kennwerte **Untergrundmodul M_U** , **Schichtmodul M_0** und **elastische Länge l** herangezogen. Zudem werden jeweils die Kennwerte M_U und M_0 sowie l und M_0 gegenübergestellt und in belastungsklassenabhängige Bewertungsdiagramme für den ungebundenen Oberbau / Erdplanum und für den Asphaltoberbau / ungebundenen Oberbau eingetragen.
2. Es gibt vier Betriebsphasen einer Fahrbahnbefestigung, die Bau-, Konsolidierungs-, Beharrungs- und Ermüdungsphase. Die Beharrungsphase nimmt den längsten Zeitraum der Nutzungsdauer einer Fahrbahnbefestigung ein. Das Verformungsverhalten des Fahrbahnaufbaus ist in der Beharrungsphase überwiegend elastisch, in der Ermüdungsphase elastisch und plastisch. Die Ermüdungsphase kündigt das Ende der Nutzungsdauer einer Fahrbahnbefestigung oder einer ihrer Schichten sowie das Versagen des Untergrundes an.
3. Bezogen auf die Beanspruchung der entsprechenden Belastungsklasse stellt der **Untergrundmodul (M_U)** die Verformungsreaktion des **Erdplanums** und der **Schichtmodul (M_0)** die Verformungsreaktion des **ungebundenen Fahrbahnaufbaus** dar. Die **elastische Länge (l)** bildet die **Tragfähigkeit der gesamten Fahrbahnbefestigung** ab.
4. Die Mindestgröße für den Untergrund (das Erdplanum) aller Belastungsklassen als Untergrundmodul beträgt gemäß Dr. Grätz $M_U \geq 56 \text{ MPa}$ bzw. N/mm^2 (entspricht einem Verformungsmodul $E_{V2} \geq 45 \text{ MPa}$).
5. Die Mindestgröße für den Verformungsmodul des ungebundenen Fahrbahnaufbaus bei der Belastungsklasse Bk1,0 der Zeile 1 der Tafel 1 der RStO beträgt $E_{V2} = 120 \text{ MPa}$; der entsprechende Schichtmodul weist gemäß Dr. Grätz $M_0 \geq 150 \text{ MPa}$ bzw. N/mm^2 auf.
6. Gemäß Dr. Grätz ist für die Belastungsklasse Bk1,0 der Tragfähigkeitsgrenzwert ab $l = 150 \text{ mm}$ (Ermüdungsphase) und ab $l = 300 \text{ mm}$ (Beharrungsphase) anzusetzen.

7. Für die Bewertung des Zustandes einer Fahrbahnbefestigung auf der Grundlage der FWD-Messergebnisse sind weitere Kriterien - z. B. Fahrbahnaufbau, Ebenheit der Straße, Rissbildung, Verformungen, Randausbildung, Entwässerungssituation, Grundstücksanbindungen - in einem Erneuerungskonzept zu berücksichtigen.
8. In der Beharrungsphase (Dauer 20 - 35 Jahre) verändert sich der Zustand der Fahrbahnbefestigung sehr langsam. Im **Übergang zwischen Beharrungs- und Ermüdungsphase** beschleunigt sich die Verschlechterung des Zustandes der Fahrbahn. In diesem Übergang wird die **Erneuerung der Deckschicht empfohlen**, da die Substanz des Fahrbahnkörpers noch gut und nicht ermüdet ist. In der **Ermüdungsphase** ist der Substanzverlust der Fahrbahnbefestigung groß, deswegen müssen in der Ermüdungsphase im Detail Untersuchungsergebnisse bewertet werden, mit dem Ziel herauszuarbeiten, ob die Erneuerung der Fahrbahn im Tiefenbau erfolgen muss, als teilweiser Ersatz der vorhandenen Asphaltsschichten oder als Hocheinbau durchgeführt werden kann.
9. Es ist zu empfehlen, nicht durch ausschließlichen Dickenvergleich zwischen den RStO-Tafeln und dem bei einer zu erneuernden Straße vorhandenen Aufbau auf die Tragfähigkeit bzw. Lebensdauer der Fahrbahnkonstruktion zu schließen, da u. a. Konsolidierungseffekte durch Verkehrsbelastung und Liegezeit sowie die Art der früher gebauten Schichten (z. B. Pflaster, Packlage) sich diesem simplen Vergleich entziehen. Weiterhin ist anzumerken, dass die **Belastungsklasse nicht von den Dicken, sondern von der Verkehrsbelastung**, d. h. von der Anzahl der äquivalenten 10-t-Achsübergänge, abhängt.
10. Der Untergrundmodul M_U kann bei diesem Auswertungsverfahren groß ausfallen, wenn die Straße keine eindeutige Verformungsmulde hat, sondern der schon gerissene Asphalt im Bereich der Verformungsmulde „abreißt“. Wenn Wasser im Untergrund ansteht, steigt der Untergrundmodul M_U ebenfalls an, da die dynamische Beanspruchung durch das FWD den Porenwasserüberdruck des Untergrundes aktiviert.

5.2 Bewertung der FWD-Ergebnisse für die K347 zwischen Neustadt a. R. und Mardorf

Auf den nachfolgenden Abbildungen 5.1 bis 5.5 sind die Ergebnisse der FWD-Messungen als Untergrundmodul M_U , Schichtmodul M_0 , Bewertungsdiagramm zur Beurteilung des Verhaltens der ungebundenen Schichten - Erdplanum M_U und Oberkante ungebundene Schichten M_0 - , Gesamttragfähigkeit I und die gemeinsame Darstellung der beiden Tragfähigkeitsmerkmale M_0 und I als Bewertungsdiagramm zur Beurteilung des Gebrauchszustandes einer Fahrbahnbefestigung der

Belastungsklasse Bk1,0 gegenübergestellt. Gleiche Farben in den Abbildungen bedeuten gleiche FWD-Messlinien.

Der Untergrundmodul M_U (s. Abb. 5.1) entspricht mit $M_U = 56 \text{ N/mm}^2$ einem Verformungsmodul $E_{V2} = 45 \text{ MPa}$. Demnach gäbe es im Untergrund Tragfähigkeitsprobleme. Die Messwerte sind anfangs höher, dann niedriger und teilweise wieder anforderungsgerecht, wieder niedriger, um am Ende wieder anzusteigen.

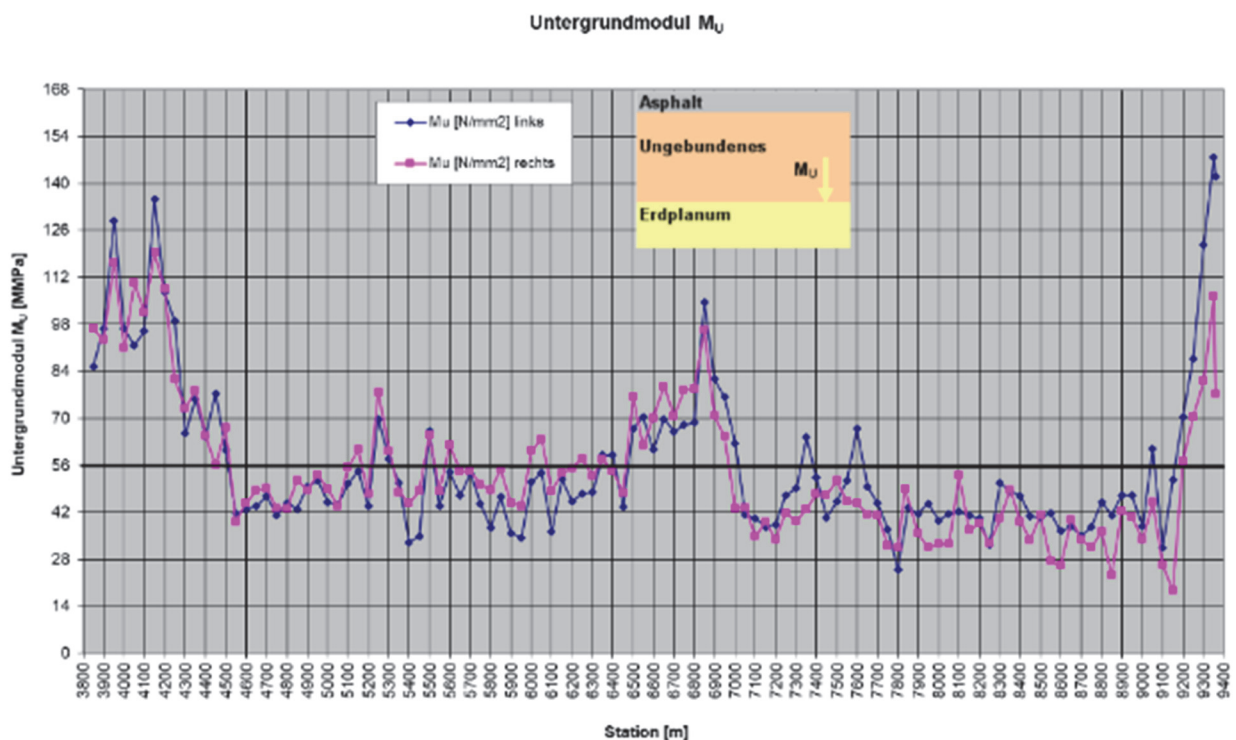


Abb. 5.1: Tragfähigkeitsband - Untergrundmodul M_U (in MPa)

Die Schichtmoduli M_0 (s. Abb. 5.2: $M_0 = 150 \text{ N/mm}^2$ entspricht einem Verformungsmodul von $E_{V2} = 120 \text{ MPa}$) sind größtenteils nicht anforderungsgerecht. Im vorderen Bereich sind die Schichtmoduli der K347 größer, werden dann sehr niedrig, um im mittleren Bereich wieder einen hohen Wert zu haben, dann wieder niedriger, um am Ende wieder anzusteigen. In der Tabelle sind in Abhängigkeit der Stationierung die anforderungsgerechten und nicht anforderungsgerechten Schichtmoduli darstellt.

Aus dieser Tabelle nach Abbildung 5.2 sind schon die Erneuerungsabschnitte aufgrund der Schichtmodulergebnisse abzuleiten. Es kann aus den niedrigen Schichtmoduli abgeleitet werden, dass die Oberkante des Ungebundenen durch kein Baufahrzeug - auch nicht von einem Radlader - befahren werden kann und dementsprechend ein konsequenter „Vor-Kopf-Aus- und Einbau“ erforderlich wird.

Dies bezieht sich grundsätzlich auf die „Entnahme“ der Materialien. Und wie der Untergrundmodul in Abbildung 5.1 zeigt, gilt dies auch für das nach der „Materialentnahme“ entstehende Erdplanum.

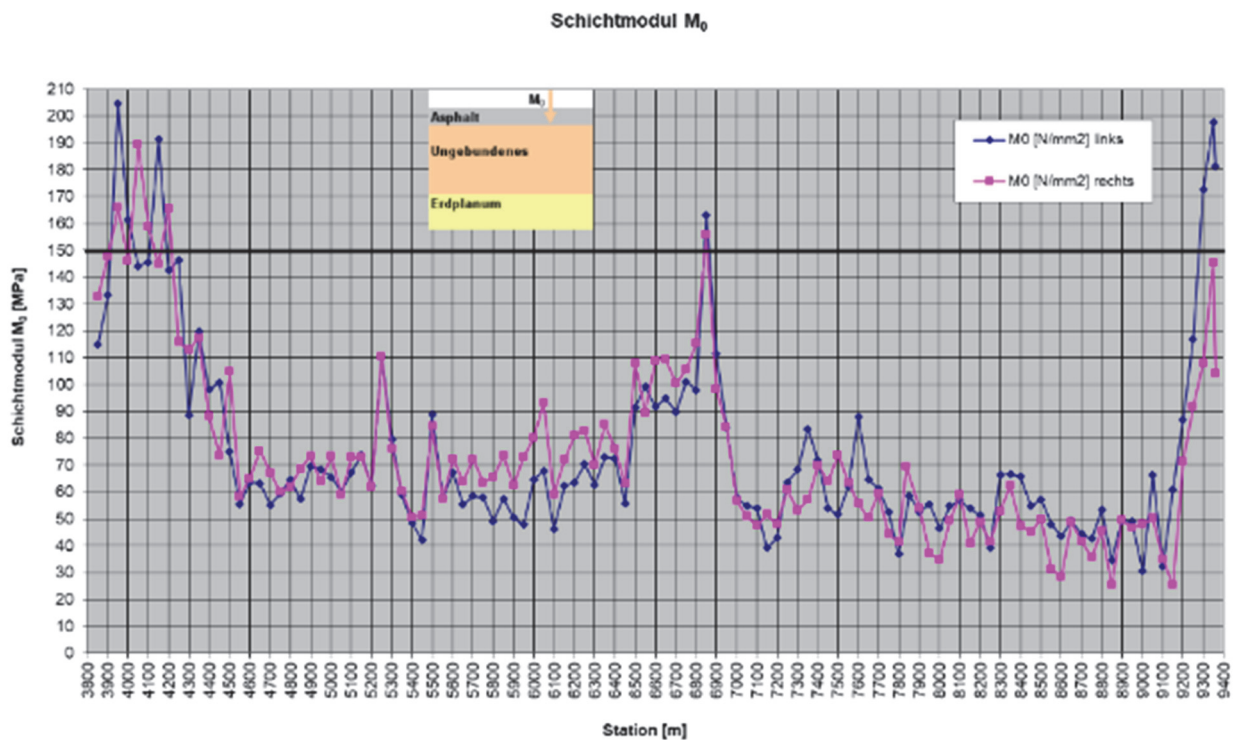


Abb. 5.2: Tragfähigkeitsband - Schichtmodul M_0 (in MPa)

Stationierung [m]		Schichtmodul M_0 [MPa]	
von	bis	anforderungsgerecht	
3.850	3.900	nein	
3.900	4.200		ja
4.200	6.850	nein	
6.850	6.850		ja
6.850	9.360	nein	

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Kriterien in den Bereichen A bis D für die Bewertung von M_0 und M_U in der Abbildung 5.3.

<p>Bereich B:</p> <ul style="list-style-type: none"> – die ungebundenen Schichten oberhalb des Erdplanums weisen eine relativ geringe Tragfähigkeit auf – das Erdplanum mit seinem relativ großen Verformungswiderstand wird stark beansprucht und kann sich aufgrund dessen verformen – die relativ geringe Tragfähigkeit des Ungebundenen kann z. B. durch einen erhöhten Wassergehalt (z. B. Einstauen von Wasser oberhalb des Erdplanums) im Ungebundenen oberhalb des Erdplanum hervorgerufen sein und es kann aufgrund der relativ geringen Tragfähigkeit des Ungebundenen zu einer Verformung des Asphalt verbunden mit einer Rissbildung in den Rollspuren führen – in den überwiegenden Fällen können eine Wiederherstellung oder Erneuerung der Entwässerung das Ungebundene wieder instand setzen 	<p>Bereich A:</p> <ul style="list-style-type: none"> – die Oberseite des Ungebundenen hat einen hohen Verformungswiderstand – das Erdplanum weist einen relativ hohen Verformungswiderstand auf – die Aufnahme der verkehrsbedingten Beanspruchungen durch das Ungebundene und die Weiterleitung der verkehrsbedingten Belastungen in den Untergrund sind für den Asphalt schadensfrei gegeben 
<p>Bereich C:</p> <ul style="list-style-type: none"> – die relativ geringe Verformungsstabilität des Ungebundenen und des Erdplanums lässt keine Aufnahme der Beanspruchungen durch den Verkehr zu – es können erhebliche Verformungen des Gesamtsystems verbunden mit einer Rissbildung an den Flanken der Verformungen und in den Rollspuren auftreten – das Ungebundene und das Erdplanum müssen erneuert werden, es sei denn, die Entwässerung des Ungebundenen auf dem Erdplanum ist nicht gegeben und kann wiederhergestellt werden 	<p>Bereich D:</p> <ul style="list-style-type: none"> – das Ungebundene hat einen relativ hohen Verformungswiderstand – das Erdplanum weist einen geringen Verformungswiderstand auf – es können Spurrinnenbildungen an der Oberseite des Asphalt mit Rissbildungen an den Flanken der Spurrinnen aufgrund des geringen Verformungswiderstandes des Untergrundes entstehen – der Asphalt muss verstärkt werden, um die verkehrsbedingten Beanspruchungen auf den Untergrund (das Erdplanum) zu verringern

In der Abbildung 5.3 ist das Bewertungsdiagramm zur Beurteilung des Verhaltens der ungebundenen Schichten - Erdplanum M_U und Oberkante ungebundene Schichten M_0 - der Fahrbahnbefestigung sichtbar. Die überwiegende Anzahl der Messwertpaare liegt im Bereich C und B. Nur die Messwertpaare im Bereich A sind „anforderungsgerecht“.

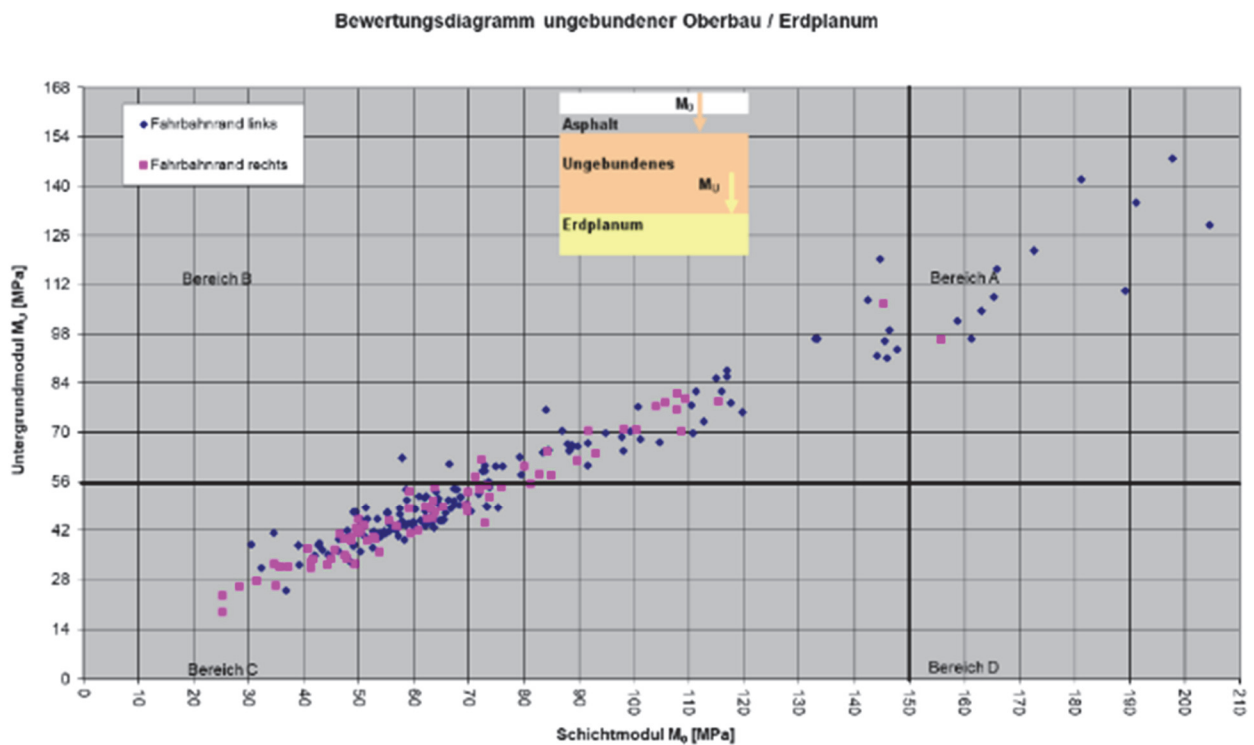


Abb. 5.3.: Bewertungsdiagramm Untergrundmodul M_U / Schichtmodul M_0 (in MPa)

Im Bereich C ist eine Erneuerung im Tiefenbau unumgänglich und im Bereich B sind die gebundenen Schichten sehr steif und die Unterlage relativ weich, so dass immer wieder Risse und Verformungen entstehen. Deshalb ist auch im vorliegenden Fall eine Erneuerung im Tiefenbau zu empfehlen.

Für die Gesamttragfähigkeit I gibt es hinsichtlich der Bewertung der Beharrungsphase, des Übergangs der Beharrungs- zur Ermüdungsphase und der Ermüdungsphase für die Belastungsklasse Bk1,0 folgende Grundsätze:

Beharrungsphase

Visuell wahrnehmbare Schäden an der Fahrbahn sind ausschließlich an der Oberfläche der Fahrbahn vorhanden, d. h. es können Instandhaltungsmaßnahmen gemäß ZTV-BEA erforderlich werden.

Gesamttragfähigkeit $I \geq 300$ mm

Übergang zwischen Beharrungs- und Ermüdungsphase

Für die visuell wahrnehmbaren Schäden an der Fahrbahn ist in dieser Übergangsphase maximal der Ersatz der Deckschicht notwendig, d. h. es können Instandsetzungsmaßnahmen gemäß ZTV-BEA erforderlich werden.

Gesamttragfähigkeit $I \geq 150 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$

Ermüdungsphase

Für die visuell wahrnehmbaren Schäden an der Fahrbahn ist mehr als der Ersatz der Deckschicht notwendig. In der Ermüdungsphase kann die Erneuerung der Asphaltschichten oder auch die Grunderneuerung im Tiefenbau bzw. der Neubau erforderlich werden.

Gesamttragfähigkeit $I < 150 \text{ mm}$

Alle Messwerte der Gesamttragfähigkeit I (s. Abb. 5.4) liegen in der Beharrungsphase, d.h., die Gesamttragfähigkeit ist im Prinzip gegeben. Die größtenteils vorhandenen Untergrund- und Schichtmoduli verdeutlichen, dass der wenig tragfähige Untergrund und die wenig tragfähigen gebundenen Schichten die Fahrbahn auf Dauer schädigen werden. Dies ist ohne Kenntnis des Aufbaus der Fahrbahn abzuleiten.

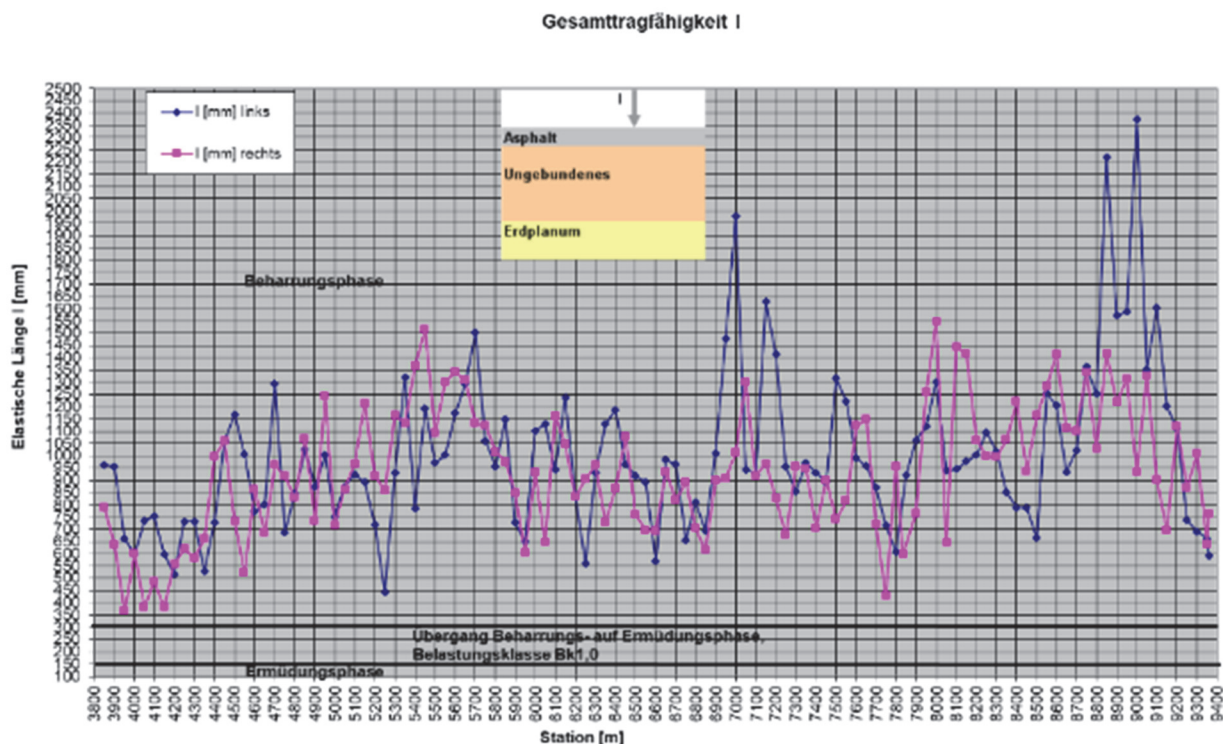



Abb. 5.4: Tragfähigkeitsband - Tragfähigkeit (elastische Länge I in mm)

Die Erläuterungen zu den Bereichen des „vorläufigen Bewertungsdiagramms“ zur Beurteilung des Gebrauchszustandes einer Fahrbahnbefestigung der Belastungsklasse Bk1,0 gemäß Dr. Grätz sind der nachfolgenden Übersicht zu entnehmen. Die Erläuterungen zum Bewertungsdiagramm wurden im Bereich II durch Dr. Beyer aufgrund jahrzehntealter Erfahrungen um den Inhalt in blauer Schrift erweitert.

Bereich II:	Bereich I:
☐ die ungebundenen Schichten und der Untergrund / Unterbau (Halbraum) weisen eine relativ geringe Tragfähigkeit (Schichtmodul M_0) auf	☐ die oberen gebundenen Schichten (Platte) sind relativ steif
☐ die oberen gebundenen Schichten (Platte) sind relativ steif und werden aufgrund des höheren E-Moduls stärker beansprucht und es kann zur Rissbildung kommen	☐ die ungebundenen Schichten und der Untergrund / Unterbau (Halbraum) weisen eine relativ hohe Tragfähigkeit (Schichtmodul M_0) auf
☐ Herstellung eines Systems aus Asphalt und Asphalteinlage, welches das Durchschlagen von Rissen verzögert bzw. verhindert	☐ die Tragfähigkeit der gesamten Fahrbahnbefestigung ist gewährleistet
Bereich III:	Bereich IV:
☐ die ungebundenen Schichten und der Untergrund / Unterbau (Halbraum) weisen eine relativ geringe Tragfähigkeit (Schichtmodul M_0) auf	☐ die ungebundenen Schichten und der Untergrund / Unterbau (Halbraum) weisen eine relativ hohe Tragfähigkeit (Schichtmodul M_0) auf
☐ die oberen gebundenen Schichten (Platte) sind relativ nachgiebig (Risse, mangelhafter Schichtenverbund)	☐ die oberen gebundenen Schichten (Platte) sind relativ nachgiebig (Risse, mangelhafter Schichtenverbund)
☐ mangelhafte Tragfähigkeit der gesamten Fahrbahnbefestigung, d. h. eine Grunderneuerung ist notwendig	☐ Erhöhung der Tragfähigkeit der gesamten Fahrbahnbefestigung durch eine Oberbauverstärkung (Teilerneuerung)
Koordinaten des Achsenkreuzes: $l = 150 \text{ mm}$  $M_0 = 150 \text{ N/mm}^2$	Impulskraft: 50 kN Temperatur: 20 °C

Ein Teil der Messwertpaare befinden sich im Bereich I des Bewertungsdiagramms zur Beurteilung des Gebrauchszustandes der Fahrbahnbefestigung der Belastungsklasse Bk1,0 (s. Abb. 5.5) und der überwiegende Teil im Bereich II. Die inhaltlichen Zusammenhänge entnehmen Sie bitte der obigen Tabelle.

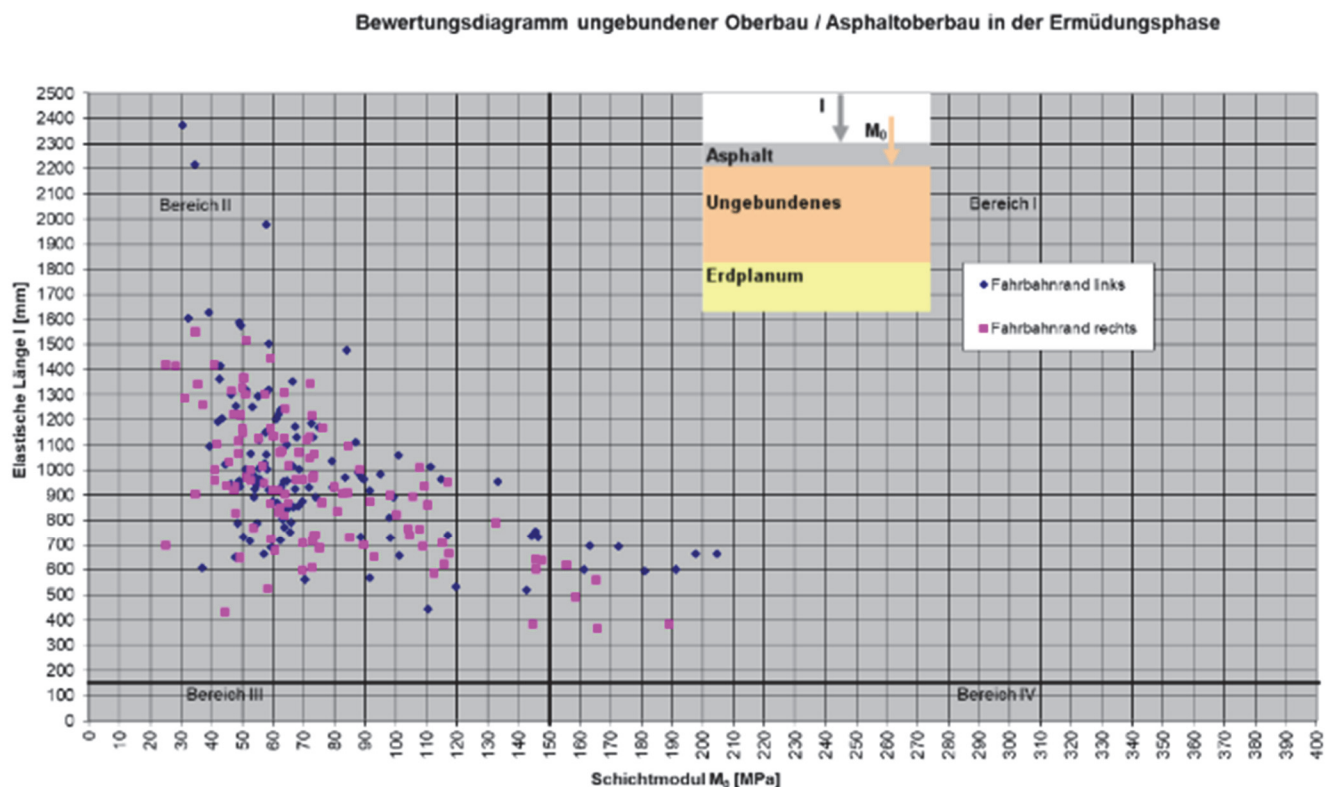


Abb. 5.5: Bewertungsdiagramm zur Beurteilung des Gebrauchszustandes einer Fahrbahnbefestigung der Belastungsklasse Bk1,0

Aus den FWD-Ergebnissen lässt sich vorläufig ohne Kenntnis des Fahrbahnaufbaus ableiten und empfehlen, dass die Erneuerung K347 im Tiefenbau entsprechend der Abschnitte der Schichtmodultabelle zu erfolgen hat; d.h., der Schichtmodul ist für die Wahl der Fahrbahnerneuerung bereichsbestimmend. Dies entspricht weitestgehend der Darstellung der Torfhorizonte in Abbildung 4.3, den Impulsradar-(s. Anlagen 3.1 bis 3.3) und Bohrerergebnissen (s. Anlagen 4.1 und 4.2).

6. Entwicklungsgeschichte bis zu den zur Erneuerung empfohlenen, dargestellten Fahrbahn- und Radwegaufbauten

Wir haben zuerst die Gradienten der Straße und des Radweges entwickelt, unter der Voraussetzung, dass der Radweg annähernd das Höhenniveau hat, wie die Straße; um die Bankettneigung und -breite zwischen Fahrbahn und Radweg niedriger.

Danach haben wir die vertikalen Höhendifferenzen der alten und neuen Gradienten in der Mitte der Fahrbahn ermittelt und in der Abbildung 6.1 (s. Anlage 6.1) verkleinert grafisch aufgetragen. Die Nulllinie der Abszisse stellt die neue Gradienten dar. Es wird deutlich, dass größtenteils die Forderung

nach einer vertikalen Abweichung von ± 10 cm zwischen neuer und alter Gradiente eingehalten wird. Da mittlerweile die erheblichen Absackungen (Lunken, Dellen, Kuhlen) in der Straße (s. Abbildung 1.1) teilweise eine Abweichung von bis zu ± 20 cm bezogen auf die neue Gradiente erzwingen, konnte diese Gradiente nicht den verformten Bereichen angepasst werden.

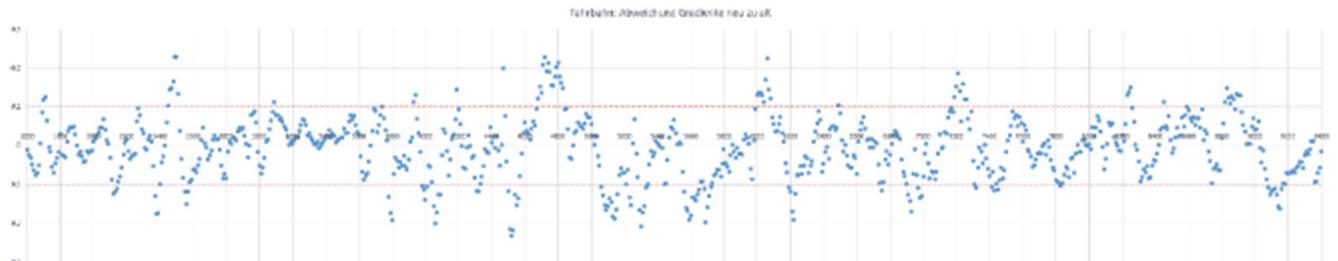


Abb. 6.1: Fahrbahn – Abweichung der Gradiente neu zu alt (neu entspricht der Abszissen Nulllinie) – s. Anlage 6.1

In den Abbildungen 6.2 und 6.3 sind die vertikalen Abweichungen der neuen zur alten Gradiente des Radweges für den rechten und linken Radwegrand dargestellt. Der vorhandene Radweg liegt wesentlich tiefer als der neue; bis zu 90 cm Höhendifferenz sind hier zu verzeichnen, an drei Orten punktuell sogar mehr.

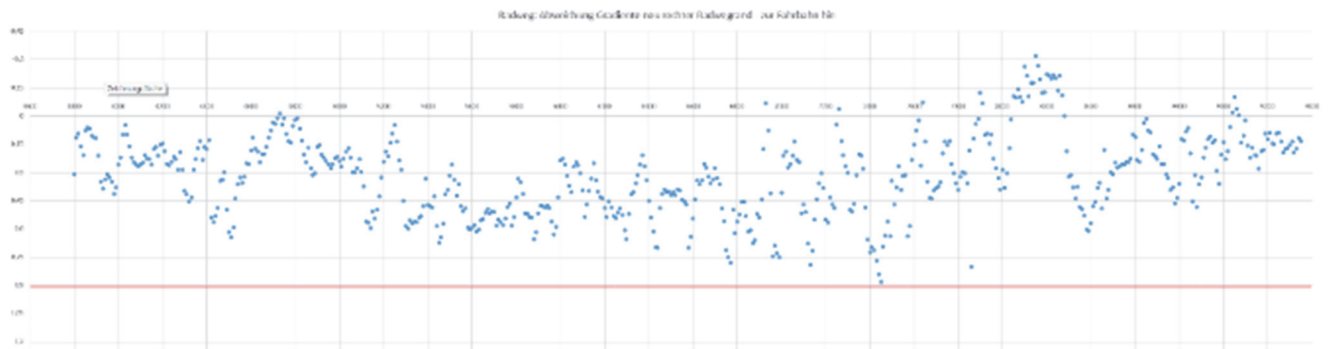


Abb. 6.2: Radweg, rechter Rand – Abweichung Gradiente neu zu alt (neu entspricht der Abszissen Nulllinie) – s. Anlage 6.2

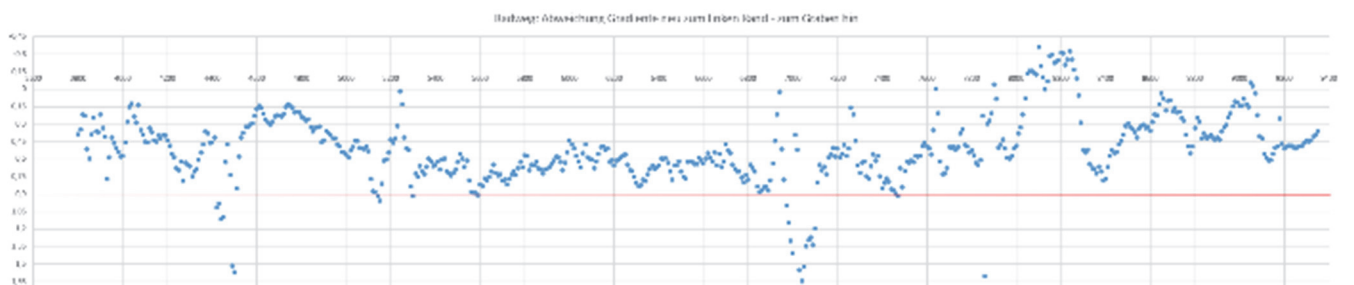


Abb. 6.3: Radweg, linker Rand – Abweichung Gradiente neu zu alt (neu entspricht der Abszissen Nulllinie) – s. Anlage 6.3

Anschließend habe ich eine Gleichgewichtsbetrachtung durchgeführt. Die neue Straße sollte, aufgrund meinen mehr als 25 Jahren praktischen Erfahrung mit Straßenerneuerungen auf wenig tragfähigen, setzungsempfindlichen Untergründen, mindestens 10 besser 15 % leichter als die vorhandene Straßenkonstruktion sein. Wenn die vorhandene Gradiente höher ist als die neue, stellt das hinsichtlich der Gleichgewichtsbetrachtung kein Problem dar, nur wenn sie tiefer liegt. Wir betrachten jetzt einen Ort, an dem die vorhandene Straße 20 cm tiefer liegt als die neue Gradiente, bei Station 5+600 m (Strich in Abb. 6.1). Das zugehörige Bohrprofil habe ich in Abbildung 6.4 dargestellt, ohne Differenzierung der Asphaltschichten, da es für die Gleichgewichtsbetrachtung nicht bedeutend ist.

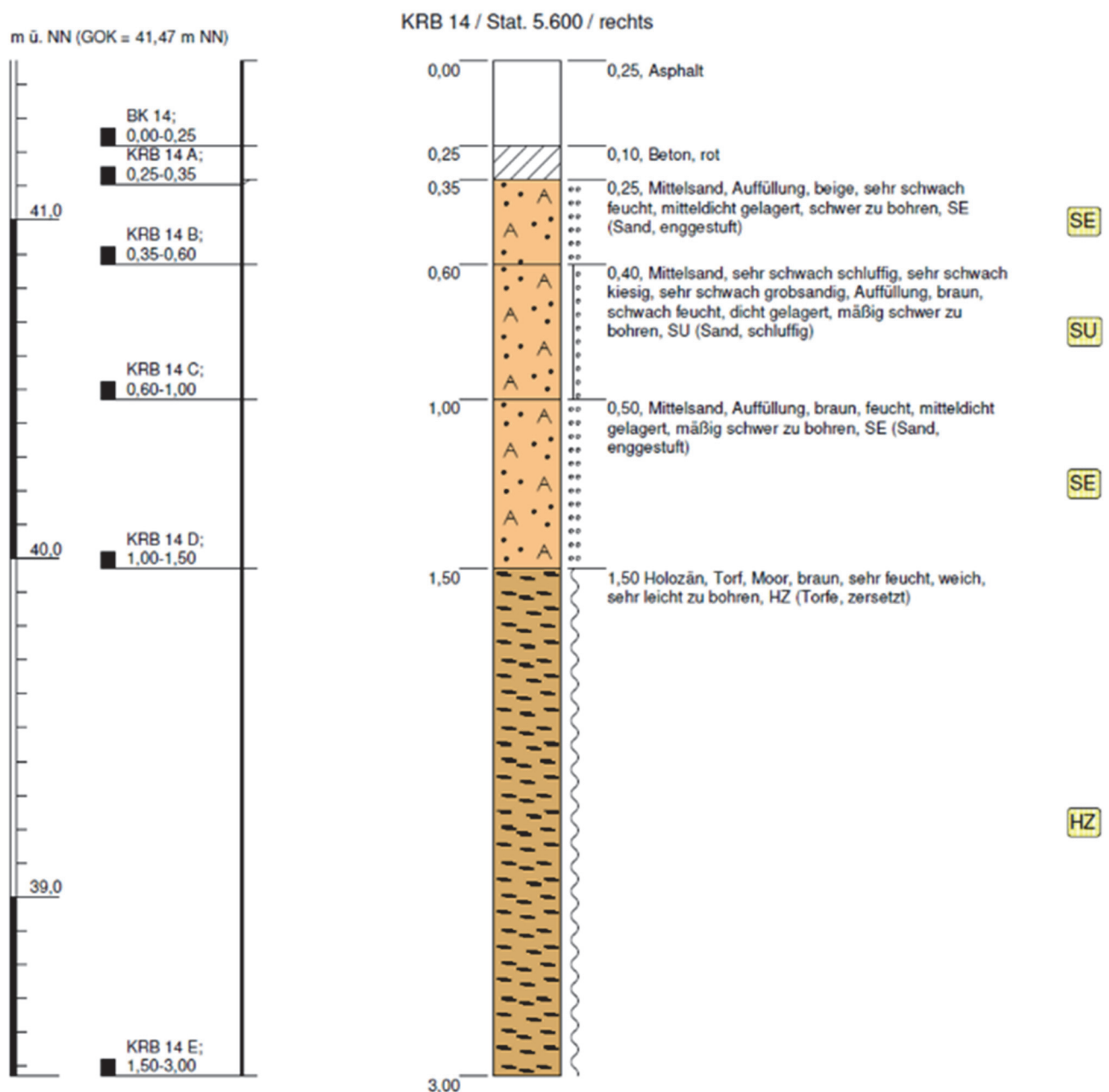


Abb. 6.4: Bohrprofil Station 5.600 rechts (Quelle: Böker und Partner)

Demnach ergeben sich die folgenden Gewichte für die alte Fahrbahn und die neue Fahrbahnkonstruktion einschließlich Höhendifferenz.

		Fahrbahnkonstruktion			
		alt		neu	
	Dichte [t/m³]	Dicke [m]	Gewicht [t/m²]	Dicke [m]	Gewicht [t/m²]
Asphalt	2,55	0,25	0,6375	0,12	0,306
Betonpflaster	2,5	0,1	0,25	-	
Schaumbeton	0,55	-		0,4	0,22
Blähglasschotter	0,25	-		0,42	0,105
Sand	1,9	0,39	0,741	-	
Summe		0,74	1,63	0,94	0,63

Abb. 6.5: Gewichte der alten und neuen Fahrbahnkonstruktion unter Berücksichtigung der Gradientenveränderung

Wie der Abbildung 6.1 zu entnehmen ist, ist der alte Radweg um 20 cm tiefer als der neue, d.h., der Aushub des alten Fahrbahnaufbaus wird um 20 cm gegenüber der Dicke des neuen Fahrbahnkörpers verringert; Abbildung 6.5 Dicke alt 0,74 m und neu 0,94 m.

Die Gleichgewichtsbetrachtung zeigt, dass im Prinzip der Blähglasschotter wegfallen könnte, um noch einen leichteren neuen Fahrbahnaufbau als den alten herstellen zu können; dies verdeutlicht die Abbildung 6.6. Es könnte also bei Station 5.600 m der Schaumbeton direkt auf den Sand nach dem Ausbau des alten Asphaltes und des Betonpflasters gebaut werden.

		Fahrbahnkonstruktion			
		alt		neu	
	Dichte [t/m³]	Dicke [m]	Gewicht [t/m²]	Dicke [m]	Gewicht [t/m²]
Asphalt	2,55	0,25	0,6375	0,12	0,306
Betonpflaster	2,5	0,1	0,25	-	
Schaumbeton	0,55	-		0,4	0,22
Summe		0,35	0,89	0,52	0,53

Abb. 6.6: Gewichte der alten und neuen Fahrbahnkonstruktion unter Berücksichtigung der Gradientenveränderung und dem Weglassen des Blähglasschotters unter dem Schaumbeton ($(1-0,52/0,89) \times 100 = 42\%$ ist der neue leichter als der alte Fahrbahnaufbau)

Es müssen jetzt bei der weiteren Planung mit diesem System aus Asphalt, Schaumbeton und Blähglasschotter die einzelnen Querschnitte gewichtsbilanzierend durchgegangen und daraus das Baukonzept systematisiert werden; die Blähglasschotterschicht hat eine ideale Dicke von 30 cm im verdichteten Zustand.

Es muss dabei aber auch berücksichtigt werden, dass die Genauigkeit der Impulsradarergebnisse nicht sehr hoch einzuschätzen ist, wegen der schon am Ende des Kapitels 3 beschriebenen Inhalte.

Auch der Auftrieb muss noch betrachtet werden und das unter der Voraussetzung, dass die anzustrebenden Höhen der Wiedervernässung des Moors endgültig noch nicht feststehen. Da der Radweg dabei aber nicht überschwemmt werden darf, können wir davon ausgehen, dass der Schaumbeton maximal bis zur Hälfte im Wasser stehen wird.

Fahrbahnkonstruktion					
		Auftrieb		haltende Gewicht	
	Dichte [t/m³]	Dicke [m]	Gewicht [t/m²]	Dicke [m]	Gewicht [t/m²]
Asphalt	2,55			0,12	0,306
Schaumbeton	1	0,2	0,2		
Schaumbeton	0,55			0,4	0,22
Blähglasschotter	0,25	0,42	0,105	0,42	0,105
Summe		0,62	0,31	0,94	0,63

Abb. 6.7: Auftrieb und haltende Gewichte der neuen Fahrbahnkonstruktion – das Gewicht und der Auftrieb des Blähglasschotters sind identisch

Beim Radweg ist es eine andere Situation, da hier die neue Gradiente bis zu 90 cm über der alten gebaut werden wird. Deswegen habe ich die Station 7.450 m gewählt, an der eine Höhendifferenz von ca. 80 cm überwunden werden muss und relativ wenig Asphalt und Betonpflaster im Bestand (Bohrprofil s. Abbildung 6.9) angetroffen habe. Wie die Abbildungen 6.7 und 6.8 zeigen, ist an dieser Stelle wenig Asphalt und Pflaster und eine große Höhendifferenz zwischen alter und neuer Radweggradienten gegeben.

Radwegkonstruktion					
		alt		neu	
	Dichte [t/m³]	Dicke [m]	Gewicht [t/m²]	Dicke [m]	Gewicht [t/m²]
Asphalt	2,55	0,1	0,255	0,12	0,306
Betonpflaster	2,5	0,06	0,15	-	
Blähglasschotter	0,25			0,8	0,2
Sand	1,9	0,1	0,19	-	
Summe		0,26	0,60	0,92	0,51

Abb. 6.8: Gewichte der alten und neuen Radwegkonstruktion unter Berücksichtigung der Gradientenveränderung

Dabei zeigt sich, dass die neue Radwegkonstruktion 15 % $((1-0,51/0,6) \times 100=15)$ leichter als die alte ist, obwohl mehr als 80 cm Höhenunterschied zwischen alt und neu vorhanden ist.

Auch für den Radwegaufbau müssen die einzelnen Stationen in den nächsten Planungsphasen entsprechend den Randbedingungen optimiert und in ein Baukonzept überführt werden.

Dem Auftrieb des Blähglasschotter von $0,8 \text{ m} \times 0,25 \text{ t/m}^3 = 0,2 \text{ t/m}^2$ steht das Gewicht des Asphaltes von $0,12 \text{ m} \times 2,55 \text{ t/m}^3 = 0,306 \text{ t/m}^2$ gegenüber und damit findet kein Auftrieb statt, auch wenn das Wasser bis unter den Radwegasphalt ansteht.

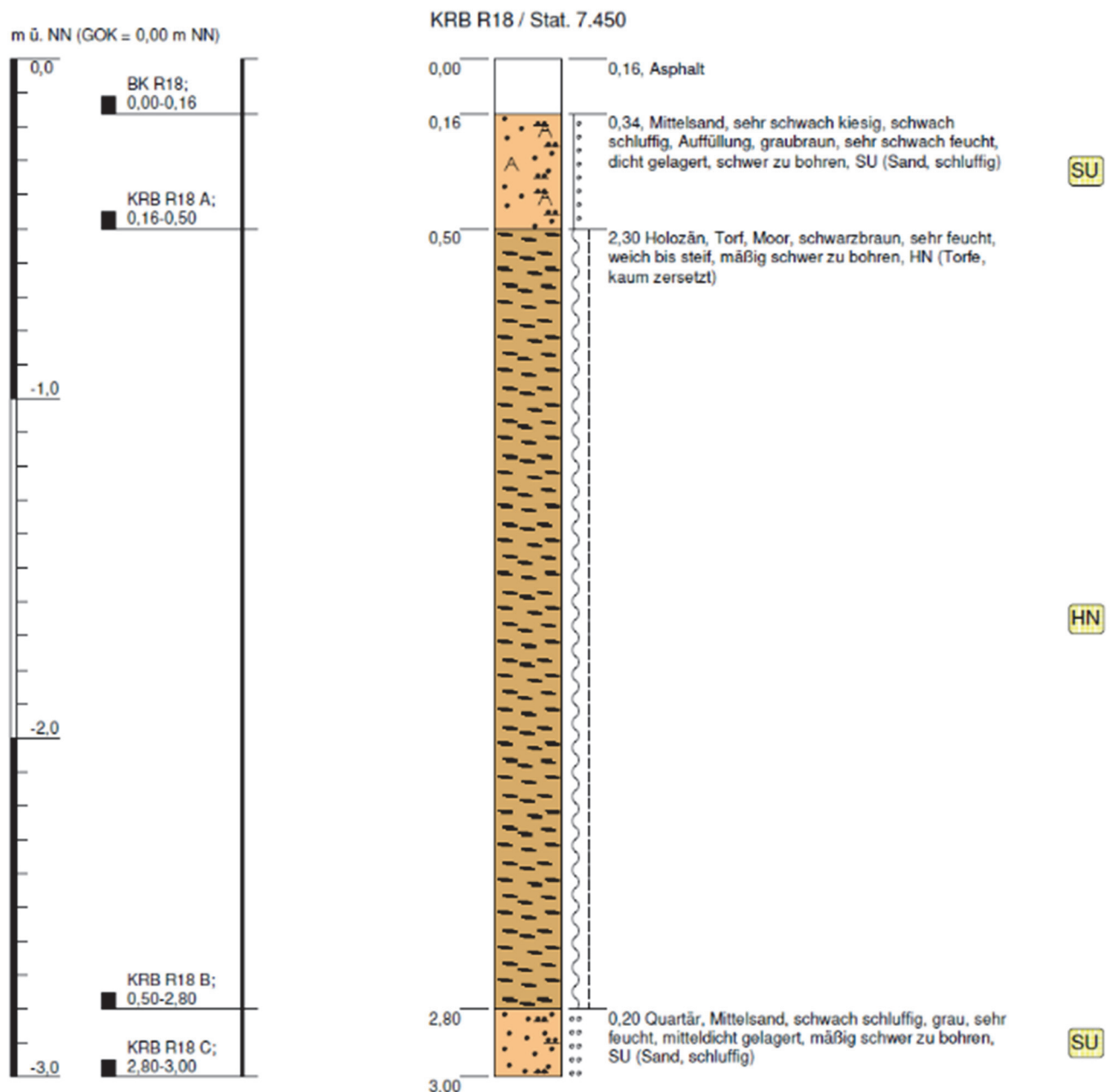


Abb. 6.9: Bohrprofil Station 7.450 rechts (Quelle: Böker und Partner)

Im nächsten Kapitel 7 möchte ich die für die Verwendung empfohlenen Leichtbaustoffe technisch beschreiben und über Erfahrungen berichten.

7. Technischer Teil des Einbaus von Schaumbeton und Blähglasschotter Geocell Red

Da wir im vorliegenden Fall mit Leichtbaustoffen arbeiten müssen, damit die höher als der Bestand geplante Straße immer noch leichter ist als der Bestand und dadurch keine Setzungen im Fahrbahnkörper sowie in der Radwegkonstruktion auftreten, möchte ich diese Leichtbaustoffe vorstellen.

7.1 Allgemeines und Materialparameter

7.1.1 Schaumbeton

Der Schaumbeton ist ein leichter Beton (eine Art Porenbeton, aber mit geschlossenen Poren), der aus Zement, Wasser und Schaum besteht. Im Straßenbau arbeiten wir üblicherweise mit einem Gewicht des Schaumbetons von 500 bis 600 kg/m³ als Trockengewicht, das entspricht ca. einem Fünftel des Gewichtes von Asphalt bzw. Beton. Der Schaumbeton wird seit vielen Jahren eingesetzt, um das Gewicht eines Flächenbauwerkes (z.B. bei Straßen) auf wenig tragfähigem und setzungsempfindlichen Baugrund zu vermindern und dadurch spätere Setzungen zu vermeiden.

Der Schaumbeton wird ganz einfach mit einem Schlauch, wie eine Flüssigkeit, eingebracht und verdichtet sich selbständig, d.h., es muss keine Verdichtungsarbeit geleistet werden. Die Förderlänge des Schaumbetons beträgt dabei mittlerweile bis zu 1.000 m (bei einem Herstellungsgewicht von bis zu 680 kg/m³).

In einem Lkw (die Baustelleneinrichtung) werden der Zement, das Wasser und der Schaum vor Ort gemischt. Silofahrzeuge mit dem Zement und ggf. noch ein Wasserwagen stehen am Baufeld. Es ist beim Schaumbetoneinbau keine Arbeitsebene notwendig und es entstehen keinerlei Vibrationen oder Beanspruchungen des Untergrundes und der umliegenden Bebauung. Der Schaumbeton kann direkt auf den Untergrund / die Unterlage gebaut werden und wird auf einer Folie eingebracht, um das unkontrollierte Austrocknen des Schaumbetons zu verhindern.

Nachfolgend sind die Untersuchungsergebnisse des Schaumbetons des unabhängigen Prüfinstituts Dr.-Ing. Gauer abgebildet (s. Abb. 7.1):

Ergebnisse des Prüfinstituts Dr.-Ing. Gauer, Regenstauf, April 2013

Die mittlere Druckfestigkeit beträgt 2,36 N/mm².
 Der mittlere statische E-Modul beträgt 1.062,00 N/mm².
 Die mittlere Dichte beträgt 563 kg/m³, die Trockendichte 483,00 kg/m³.
 Die mittlere Wasseraufnahme beträgt 40,98 M.-%.
 Die Frostsicherheit ist gegeben.
 Die mittlere Abwitterung aus drei Serien beträgt 280 g/m²
 (Anforderung bei Beton < 1500 g/m²).

Die Zugfestigkeiten sind größer als 1 N/mm² (16x16x70 cm Abmessungen).

Abb. 7.1: Prüfergebnisse des Schaumbetons am Beispiel der K51 Sandstedt (Quelle: Institut Dr. Gauer, Regenstauf)

Es gab auf den Referenzstrecken (s. Kap. 7.2.1) keinerlei Beanstandungen des Materials, das frostsicher ist, eine nur geringe Wasseraufnahme hat und zugaufnahmefähig ist. Auch der Einbau verlief bei den Referenzstrecken sehr gut, es gab keine Probleme beim Einbau, die erhobenen Materialparameter waren anforderungsgerecht und der eingebaute Schaumbeton außergewöhnlich homogen.

Mittlerweile sind die Hersteller in der Lage, vor Ort an der Baustelle Schaumbeton mit einer Biegezugfestigkeit von bis zu 2 N/mm² und einer Druckfestigkeit von 3,5 N/mm² herstellen zu lassen und einzubauen. Das Gewicht dieser Art von Schaumbeton beträgt 850 kg/m³. Ich empfehle, im vorliegenden Fall mit einem Trockengewicht von 500 kg/m³ zu arbeiten.

In den Niederlanden hat man vor 12 Jahren zwei 2,5 x 2,5 x 0,5m große Schaumbetonkörper in den Kanal gelegt und diesen jährlich gewogen: Die beiden Schaumbetonblöcke haben eine Wasseraufnahme von etwas über 8,5%.

7.1.2 Blähglasschotter Geocell Red

Geocell Red ist ein neuartiges Blähglasprodukt aus Altglas. Für die Produktion von Geocell Red wird Altglas sortiert, gereinigt, gemahlen und mit Zuschlagstoffen gemischt. Geocell Red wird bei hohen Temperaturen gesintert. Der Blähglasschotter Geocell Red ist weitestgehend frei von schädlichen, umweltbelastenden Bestandteilen (nach LAGA Z0 im Feststoff und Z1.2 im Eluat) und hat für die Anwendung im vorliegenden Fall u.a. die folgenden Eigenschaften:

Gewicht im Lieferzustand	250 [kg/m ³]
Korngrößenverteilung	8 bis 63 [mm]
Innerer Reibungswinkel	42 [°]
maßgebende Wasseraufnahme	< 50 [M.-%]
Wasserdurchlässigkeit in der Schüttung	bis 10 ⁻³ [m/s]

Die Blähglasschotterschicht nimmt bis zu 40 M.-% Wasser bezogen auf das Volumen der Schicht innerhalb von weniger als einer Minute auf und gibt es innerhalb von 8 Stunden bis auf 12 M.-%, nach 4 Tagen bis auf 3 M.-%, wieder ab. D.h., er hat deswegen nur einen sehr geringen Auftrieb (ca. 250 kg/m³), der in der Regel durch das Gewicht des Materials auf der Blähglasschotterschicht verhindert wird.

Blähglasschotter wird in einer Schichtdicke von gut 0,34 m eingebaut und um 12 bis 15 % der Schüttdicke (also auf 0,30 m ideale Schichtdicke) mit einer leichten Vibrationsplatte oder einer schweren Walze statisch verdichtet; es hat sich gezeigt, dass eine 8,5 bis 10,5 t schwere Walze mit einer Gummiradbandage und der anderen oszillierenden Glattmantelbandage ideal zum Verdichten sind.

7.2 Referenzen und Ausschreibungstext für den Schaumbeton und Blähglasschotter

7.2.1 Schaumbeton

Es gibt die folgenden Referenzen, deren Konzepte mitunter von mir stammen, die ich gänzlich oder zumindest bezogen auf den Schaumbeton bauüberwachte und die meinerseits nachuntersucht wurden:

- K51 Sandstedt, Straße und Straßenrampen (insgesamt mehr als 3,5 km) östlich und westlich der A28, im Jahr 2012; Ansprechpartner Herr Ober vom Landkreis Cuxhaven - Bauen auf wenig tragfähigem, setzungsempfindlichen Untergrund (z. B. Torf und Klei), Bauklasse III gemäß RStO (Tafel 1, Zeile 2.1), 0,8 bis 3,0 Mio. äquivalente 10-t-Achslasten.
- Kompostwerk an der Straße K51 bis AS Hagen der A27, im Jahr 2012; Ansprechpartnerin Frau Grube - Bauen auf wenig tragfähigem, setzungsempfindlichen Untergrund (z. B. Torf, Klei und gering verdichtete Auffüllungen); hier ist keine Bauklassenangabe möglich.
- IKEA 2013, Verbreiterung der Fahrbahn Weserstraße für die Ein- und Ausfahrt; Ansprechpartner Herr Jansen von der PG Skribbe-Jansen - Bauen auf wenig tragfähigem setzungsempfindlichen Untergrund (z. B. Torf, Klei und gering verdichtete Auffüllungen), Bauklasse III gemäß RStO (Tafel 1, Zeile 2.1), 0,8 bis 3,0 Mio. äquivalente 10-t-Achslasten
- Wiesmoor, neue Zufahrt zu neuem Torfabbaugbiet, 2012; Ansprechpartner Herr Perlmann, Hambühren

- Ehra Lessing, VW Teststrecke, Teilstrecke der Umfahrung der Teststrecke, 2007/2008; Ansprechpartner Herr Perlmann, Hambühren
- Parkplatz bei Airbus in Bremen, 2010/2011; Ansprechpartner Herr Perlmann, Hambühren
- Bahnstrecke auf Borkum, 2008; Ansprechpartner Herr Perlmann, Hambühren

Die K51 Sandstedt zeigte bei einer Vermessung ungefähr zwei Jahre nach dem Bau keinerlei Setzungen. Aktuell liegen die Strecken nach mehr als acht Jahren in einwandfreiem Zustand, ohne Setzungen, Verformungen und ohne Risse. Die Strecken stehen weiter unter Beobachtung und werden in nächster Zeit wieder vermessen.

Derzeit sind weitere Straßen unter Einsatz von Schaumbeton in Deutschland geplant, die in den Jahren 2022 und 2023 gebaut werden sollen.

In den Niederlanden wird schon seit Jahrzehnten in größeren Dimensionen erfolgreich mit Schaumbeton gebaut. Ich habe mir in den letzten Jahren Verkehrsflächen in den Niederlanden angesehen, die mit Schaumbeton schon vor bis zu 20 Jahren gebaut wurden. Diese Verkehrsflächen zeigten ausnahmslos keinerlei setzungs- oder tragfähigkeitsbedingte Schäden.

Ausschreibungstext für den Schaumbeton

Die Leistungsposition für den Schaumbeton im Straßenbau mit dem heutigen Wissen ist nachfolgend aufgeführt.

Schaumbeton liefern und einbauen

Schaumbeton frei Baustelle liefern und auf vorhandenem Unterbau einbauen.

Die Arbeiten mit Schaumbeton sind bei Niederschlägen sowie Außentemperaturen unter 3°C einzustellen.

Die Abbindedauer bis zur Begehrbarkeit beträgt 2 Tage, zur Befahrbarkeit ungefähr 10 bis 14 Tage.

Materialbezeichnung: Schaumbeton mit geschlossenen Poren.

Druckfestigkeit: > 3,0 MPa.

Biegezugfestigkeit: > 1,0 MPa.

Herstellgewicht (Feuchtgewicht): 550 kg/m³.

Dichte (lufttrocken): 480 bis 530 kg/m³.

Wasseraufnahmevermögen im Verhältnis zum Trockenzustand: < 45,0 %.

[Der Nachweis der Eignung des Schaumbetons ist von einer unabhängigen Institution mit Angebotsabgabe einzureichen.](#)

Ich weise daraufhin, dass die Größe der Probe für die Wasseraufnahme bei Beton zu relativ hohen Wasseraufnahmemengen beim Schaumbeton führt, da die Außenfläche gegenüber dem Kern sehr groß ist.

Auf einer Baustelle beim Straßenbau wird, z.B. alle 50 m³ von der Schaumbeton einbauenden Firma, eine Probe genommen und das Feuchtgewicht festgestellt und dokumentiert (Eigenüberwachung). Die Mischung des Schaumbetons wird ständig überprüft, da in einem Lkw vor Ort die Mischung stattfindet: Zement und Wasser werden zugeliefert und den Schaum produziert „der Lkw“ selbst. Es kann deshalb sofort eingegriffen werden, wenn das Feuchtgewicht nicht stimmt. Außerdem erfolgt eine sich wiederholende visuelle Prüfung durch den Einbauüberwacher und eine Probenahme für die Kontrollprüfungen im Labor. Die Ergebnisse der Kontrollprüfungen für den verbauten Schaumbeton der K51 habe ich bereits in der Tabelle 1 dargestellt.

7.2.2 Blähglasschotter Geocell Red

Nachfolgend sind die mit Blähglasschotter Geocell Red gebauten Referenzprojekte aufgelistet.

- Straßensanierung Ritter von Montfoortlaan in Hazerswoude-Dorp NL, Gemeinde Alphen aan the Rijn, 2017- 2018; Herr Gushurst, Fa. Geocell
- Fahrbahnsanierung, Anfahrrampe Kennedybrücke, Bremerhaven, Stadt Bremerhaven, 2017; Herr Gushurst, Fa. Geocell
- Radweg Werder / Havel, Stadt Werder, 2017; Herr Gushurst, Fa. Geocell
- Campus Zernike Building, Asphalt direkt auf Blähglasschotter, Gemeinde Groningen, 2019; Herr Gushurst, Fa. Geocell
- Straßensanierung, Gemeinde Almere NL, 2019; Herr Gushurst, Fa. Geocell
- Gemeindeverbindungsstraße Klein Pretzier nach Gavendorf, Samtgemeinde Aue, 2020; Herr Peukert, Samtgemeinde Aue
- Radweg Schiffdorf, Landkreis Cuxhaven, aktuell Anfang November 2020 ausgeschrieben und in beschränkter Ausschreibung veröffentlicht; Herr Ober, Landkreis Cuxhaven

In den Niederlanden und Deutschland befinden sich derzeit weitere Projekte mit Blähglasschotter in Planung, die in den Jahren 2021, 2022 und 2023 ausgeführt werden sollen.

Ausschreibungstext Blähglasschotter

Liefern, fachgerecht einbringen und verarbeiten eines ungebundenen Blähglasschotters auf Flächen ausgelegter Geokunststoffe (Gewebe) - hier wäre eine Vorgabe „mit Fertiger einbauen“ praktisch.

Der Blähglasschotter hat die nachfolgenden technischen Spezifikationen zu erfüllen:

Korngröße: 8 mm bis 63 mm

Feinstkornanteil 0,02 mm: < 3 %

Gewicht im angelieferten Zustand: ca. 250 kg/m³

mittlere Steifigkeit: > 18 MN/m² bei konstant zyklischer Belastung und 300 kN/m² Druckspannung

Abtropfverhalten: < 2 M.% nach max. 8 Tagen

Am Schüttgut Blähglasschotter muss zur Einstufung des Z-Wertes nach LAGA Mitteilung 20 (Stand Nov. 1997) Zuordnungswerte Recyclingbaustoffe / nicht aufbereiteter Bauschutt der Feststoff (Tab. II.1.4.5) und Eluat (Tab. II.1.4-6) und in Anlehnung an die TL Gestein chemische Untersuchungen durchgeführt und vorgelegt werden. Der Feststoff des Blähglasschotters nach LAGA muss dem Wert Z0 entsprechen. Schüttdicken ca. 34 cm, auf 30 cm ausschließlich statisch verdichten (um 15% die Höhe reduzieren).

Eine Verunreinigung der Blähglasschotterschicht ist grundsätzlich zu vermeiden.

Die besonderen Randbedingungen beim Einbau des Blähglasschotters – wie z. B., Schalung aufstellen, mit Gewebe einpacken und vernähen – sind in der Baubeschreibung vorzugeben.

7.2.3 Hinweise zu Leichtbaustoffen

Der Blähglasschotter kann Wasser aufnehmen und hat einen Auftrieb von 250 kg/m². Da wir bei der K347 Moorstraße keinen Wasserstand haben werden, der wesentlich über das Erdplanum des Radweges geht und mehr als 1 m unterhalb des Erdplanums der Fahrbahn liegt, könnte man auch teilweise statt des Blähglasschotters eines der Produkte Schaumglasschotter einbauen. Der Schaumglasschotter hat einen erheblich größeren Auftrieb als der Blähglasschotter und nimmt auch kein Wasser auf. In dieser Beziehung könnte der Fahrbahnaufbau noch optimiert werden.

Ich weise darauf hin, dass man aber den Qualitätsanspruch an den Leichtbaustoff stets einfordern muss, da die Leichtbaustoffe vermehrt im Hochbau als Dämmung und bisher kaum im Verkehrswegebau verwendet werden.

8. Empfehlung der auszuführenden Erneuerungs- und Sanierungsabschnitte sowie Kostenberechnung

8.1 Zur Ausführung empfohlene Erneuerungsabschnitte

Es stehen keine weiteren Varianten zur Diskussion, da wir uns weitestgehend an dem Bestand orientierten und die zu erneuernde Straße sowie der Radweg leichter seine mussten als die vorhandenen Aufbauten. Einzig an der neu zu bauenden Brücke, gab es Lage und Höhe zu klären und Busbuchten mit Querungshilfe und Bushaltestellen waren neu zu planen und mit den Beteiligten

abzustimmen. Im weiteren Verlauf der Planung ist noch die Reflektion möglich, wo Blähglasschotter oder Schaumglasschotter einzusetzen ist; dies ist abhängig vom zu erwartenden Grundwasserstand. Ich empfehle den Bau der Straße und des Radweges von Station 3+800 bis 9+3600 entsprechend Abbildung 8.1 aus den folgenden Gründen:

- Es gibt keinen Eingriff in den Grundwasserhaushalt und die –strömungen.
- Es ist bei dieser Erneuerung keine Wasserhaltung notwendig, selbst mit der Umsetzung der geplanten Moorvernässung.
- Die Wiedervernässung des Moores stört diesen Fahrbahnaufbau auch nach Fertigstellung nicht.
- Es sind keine Entwässerungsmaßnahmen bei der Bauausführung durchzuführen, da das anfallende Wasser in der Baugrube vertikal im vorhandenen Sand versickern kann; es gibt eine kurze Strecke, in der das nicht geht. Dort kann das Wasser Richtung nördlicher Graben geführt werden.
- Die Torfschichten bleiben zwar erhalten, jedoch wird der neue Fahrbahnaufbau wesentlich leichter sein als der vorhandene, so dass zukünftig weitere Setzungen ausgeschlossen werden können.
- Mit Schaumbeton zu bauen, ist die mit Abstand kostengünstigste Variante, die mit den wenigsten Erdbewegungen und mit der mit Abstand kürzesten Bauzeit wirbt.
- Es gibt keinen extremen Lärm und keinerlei Vibrationen bei der Erneuerung, denn der Schaumbeton ist selbstverdichtend und der Asphalt würde ohne vertikale Vibrationsverdichtung auskommen müssen; d.h., statische und/oder oszillierende Verdichtung.
- Es müssen nur die Bäume nördlich des Grabens gefällt werden und dadurch wird der Charakter der Straße nahezu erhalten bleiben, einzig die Verformungen und Risse werden zukünftig fehlen.
- Es ist wenig Boden und Torf zu entsorgen.
- Der Asphalt der Fahrbahn – bis auf eine Stelle, die überbaut wird – ist frei von PAK und PIX, aber enthält Asbest; das Gleiche trifft für den Radwegasphalt zu. Demnach ist das Betonpflaster unter dem Asphalt der Fahrbahn und des Radweges ebenfalls unbelastet. Es kann alles ausgebaut und einer qualitativ hochwertigen Wiederverwendung zugeführt werden.
- Teilweise ist der Sand unterhalb des Betonpflaster unter dem Betonpflaster belastet. Inwieweit dies den Bau betrifft, muss in den nächsten Leistungsphasen reflektiert werden.

- Die Richtlinie für passive Schutteinrichtungen (RPS) verlangt bei 70 km/h Höchstgeschwindigkeit einen Abstand der Bäume vom Straßenrand von 4,5 m. Nördlich der Straße ist das gegeben, wenn die am Grabenrand und im Graben stehenden Bäume gefällt werden. Im südlichen Bereich der Straße ist dies noch detailliert zu prüfen.

Aus den beschriebenen Erkenntnissen wurde der nachfolgende prinzipielle Fahrbahn- und Radwegaufbau erarbeitet, der in den nächsten Planungsphasen vor der Bauausführung aufgrund der Streckencharakteristik zu optimieren ist.

Die einzelnen Querschnitte der Entwurfsplanung (LPH 3 und 4) müssen durchgesehen und festgelegt werden, wo aufgrund der Gleichgewichtsbilanz der Blähglasschotter unter der Fahrbahn notwendig ist. Der Schaumbeton sollte grundsätzlich verbleiben. Eine derartige Situation ist in der Abbildung 8.2 dargestellt, nur Schaumbeton unter dem neuen Asphalt.

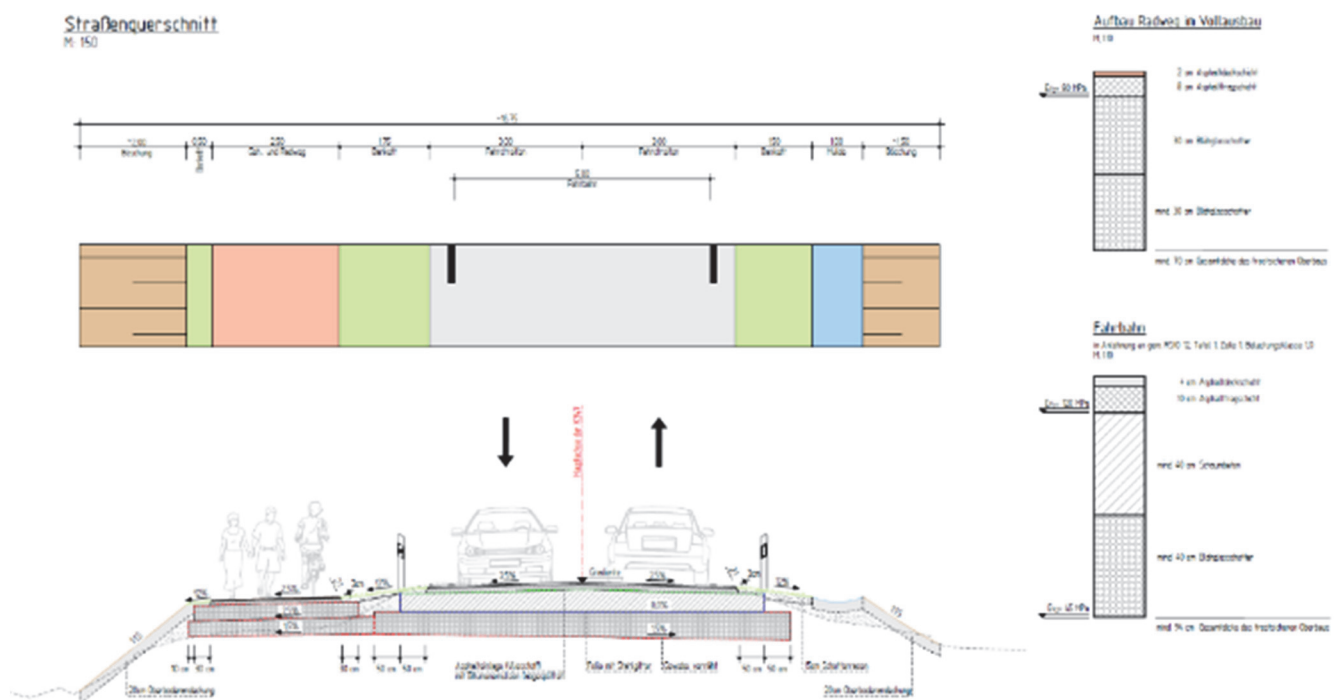


Abb. 8.1: Prinzipieller Straßenquerschnitt Blähglasschotter, Schaumbeton und Asphalt von Station 3.800 m bis 9.360 m Ortseingang Neustadt a. R. (Quelle: Dittmer Ingenieure GmbH, Zeven und IGBV, Lüneburg) – s. Anlage 8.1

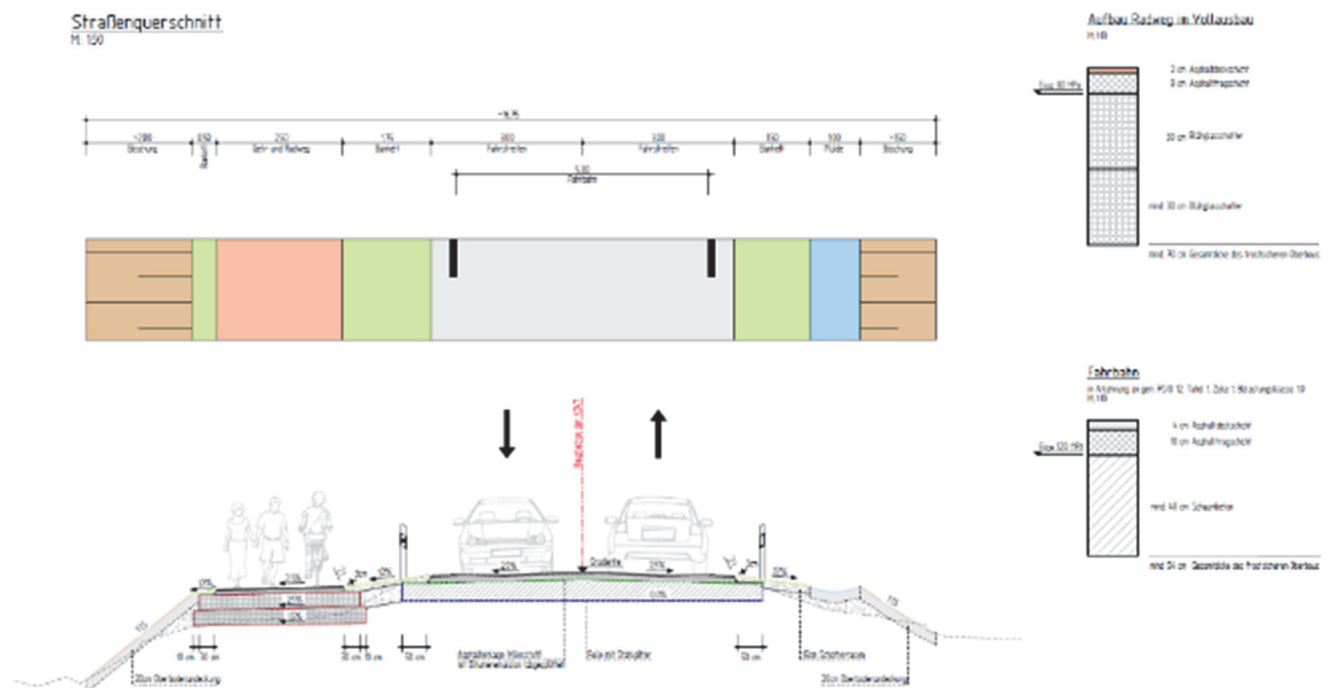


Abb. 8.2: Prinzipieller Straßenquerschnitt Blähglasschotter, Schaumbeton und Asphalt von Station 3.800 m bis 9.360 m Ortseingang Neustadt a. R. – **hier: ohne Blähglasschotter unter der Fahrbahn** (Quelle: Dittmer Ingenieure GmbH, Zeven und IGBV, Lüneburg)

Von Station 1.600 m bis 3.800 m sollen, wie die Region Hannover vorgeschlagen hat, die Wurzelschäden beseitigt werden.

Von Station 3.000 bis 3.800 empfehle ich den Einbau einer 4 cm dicken Deckschicht auf den Bestand, da in diesem Abschnitt der Asphaltaufbau geringe Schichtdicken aufweist (s. Anlage 6.1) und durch die Deckschicht die wirksame Dicke des Asphaltes vergrößert wird.

Der Asphalt ist ausschließlich PAK-belastet am Bohrkern Bk08 in der Straße (s. Anlage 4.3). Dort empfehle ich, die vorhandene Straße mit einer 4 cm dicken Asphaltdeckschicht zu überbauen, d.h., der belastete Asphalt verbleibt in der Straße und wird nicht angetastet.

Der gesamte Asphalt enthält Asbestfasern und deswegen sind alle Fräsen einzuhausen und die Männer „an den Schippen“ haben staubabweisende Masken zu tragen.

Von Station 3.800 bis 9.360 m empfehle ich den Fahrbahn- und Radwegaufbau prinzipiell entsprechend der Abbildung 6.9 auszubilden. Wir haben im November 2020 ein neues Konzept bauen lassen, das bautechnisch gut funktioniert hat. Die Auswertung wird Ende Februar 2021 vorliegen. Dieses Konzept

wäre auch für die K347 interessant, auch um bei weniger Baukosten schneller den Bau auszuführen und wenig Material von der Baustelle wegzufahren.

Bei dem prinzipiellen Straßen- und Radwegquerschnitt muss aber noch darüber nachgedacht werden, wie die Ränder des Schaumbetons und des Blähglasschotters bei der Bauausführung gestützt werden können, da sich der Straßenkörper in Dammlage befindet. Es bietet sich dabei eine Erdverbundkonstruktion (s. Abbildung 8.3 links) und/oder eine Schalung aus dem Betonbau (s. Abbildung 8.4 rechts) an; eventuell kann man auch beides kombinieren.

Aufgrund der Ergebnisse der LAGA-Untersuchungen (s. Anlage 4.4) ist in den nächsten Planungsphasen noch ein Bodenmanagement zu erarbeiten, um zu schauen, bis in welche Tiefen überhaupt die Böden entnommen werden müssen.



Abb. 8.3: Erdverbundkonstruktion links und Betonschalungselement rechts

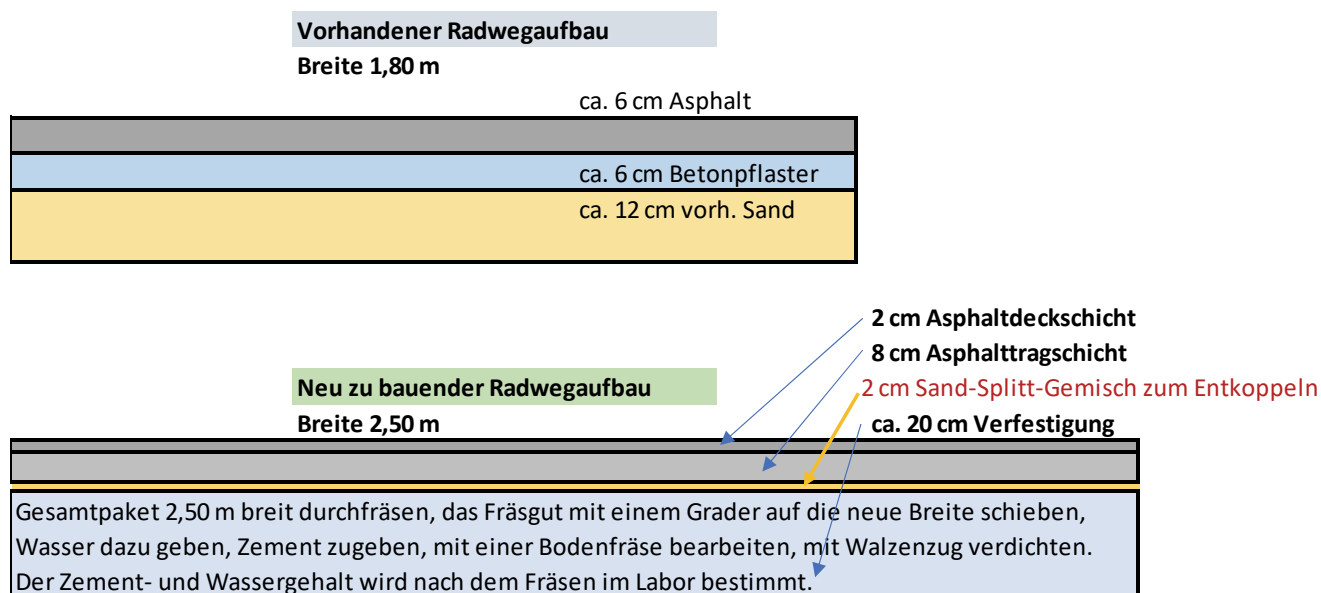


Abb. 8.4: Konzeptquerschnitt des Radwegbaus von Station 2.775 bis 3.800

Von 2.775 bis 3.800 wird der bestehende Radweg durchgefräst, verbreitert und als Verfestigung in Place aufbereitet sowie anschließend mit Asphalt überbaut. In Abbildung 8.4 ist das Prinzip dargestellt und erläutert.

Abschnitt	Fahrbahn	Radweg	Art der geplanten Bauausführung
3+800 bis 9+360	Fahrbahn	Radweg	Erneuerung im Tiefeinbau
3+000 bis 3+800	Fahrbahn		Bestand mit Deckschicht überbauen
1+600 bis 3+000	Fahrbahn		Wurzelschäden auf der Fahrbahn beseitigen
2+775 bis 3+800		Radweg	Erneuerung: Herstellen einer Verfestigung aus vorhandenem Asphalt und Pflaster sowie Zement, verbreitern und mit Asphalt überbauen

Abb. 8.5: Abschnitte der Erneuerung und baulicher Maßnahmen von km 1+600 bis 9+360 der K347 Moorstraße

8.2 Kostenberechnung

In der Anlage 8.2 ist die Kostenberechnung unter Berücksichtigung der Erneuerungs- und Sanierungsabschnitte gemäß Abbildung 8.5 dargestellt.

Die Gesamtkosten unter der Schätzung einiger Inhalte wie z.B. Baustelleneinrichtung und Verkehrsführung / Verkehrssicherung betragen

9.879.581,00 € netto,

MwSt. 19 % 1.877.179,54 € und damit

11.756.702,34 € Gesamtkosten brutto.

9. Zukünftig bei der Planung der Erneuerung der Straßen- und Radwegkonstruktion zu berücksichtigenden Inhalte

9.1 Bauen mit Schaumbeton im Längsschnitt

Es ist in jedem Fall das Planen des Bauens mit Schaumbeton im Längsschnitt zu beachten:

Das nachfolgende Beispiel stammt von dem im Jahr 2020 abgeschlossenen Straßenneubauprojekt „Lütjen Deile“ in Steinhude.

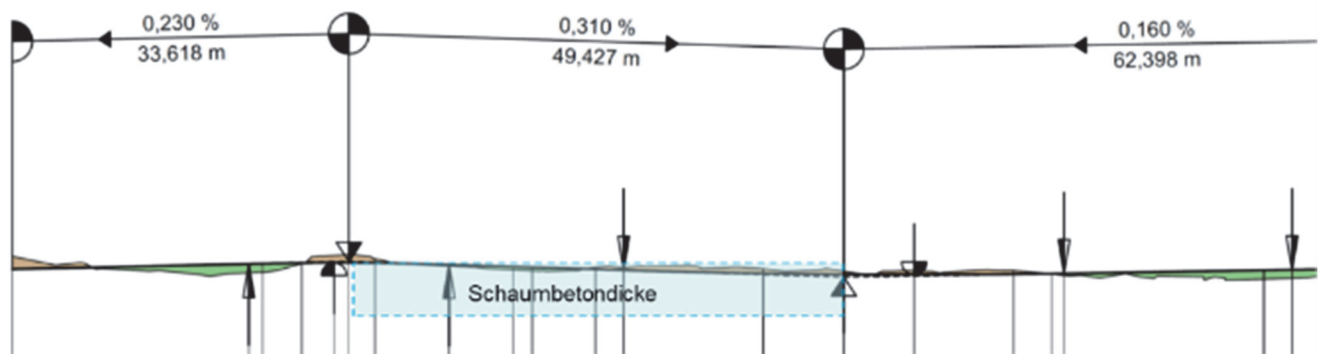


Abb. 9.1: Steinhude, Lütjen Deile – Längsschnitt mit horizontalem Erdplanum

Im dargestellten Längsschnitt (s. Abbildung 9.1 – Teilabschnitt der Straße „Lütjen Deile“) gibt es geringe Längsneigungen (hier: 0,310 %), die bei einer Länge von 49,427 m einen Höhenunterschied von ca. 15 cm bedingen. Da im Querschnitt mindestens 35 cm dicker Schaumbeton eingebaut werden muss, um die „Querneigung fräsen“ zu können und unterhalb der Fahrbahn noch mindestens 20 cm Schaumbetondicke zu haben, müsste der Schaumbeton hier 50 cm (35 cm + 15 cm) dick eingebaut werden, um beim Bau auch die geplante Längsneigung fräsen zu können: Dies ist aber auch von der „Lage“ der Gradienten abhängig. Das Erdplanum ist in jedem Fall horizontal, d.h., in Waage herzustellen.

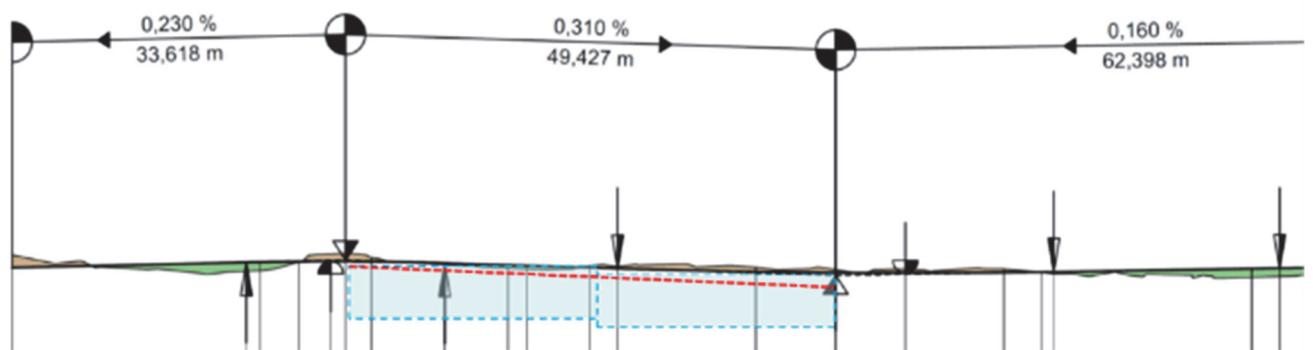


Abb. 9.2: Steinhude, Lütjen Deile – Längsschnitt mit Abtreppe im horizontalen Erdplanum

Alternativ zur oben beschriebenen Vorgehensweise können aber auch auf dieser ca. 50 m langen Strecke statt einem „Schaumbetonblock“ zwei angeordnet werden, die jeweils halb so lang sind und nur 42,5 cm dick sind. Es muss lediglich gewährleistet werden, dass überall im Querschnitt die Schaumbetondicke von mindestens 20 cm nach dem Fräsen eingehalten wird. In der Abbildung 9.2 ergibt sich aufgrund dieser Überlegung deshalb beispielhaft eine Abtreppung des Erdplanums auf zwei verschiedene Niveaus und die spätere Fräsoberfläche ist prinzipiell als rot gestrichelte Linie dargestellt. Da sich der Höhenplan der Abbildungen 9.1 und 9.2 auf die Mittelachse der Fahrbahn bezieht, ist das in den Abbildungen 9.1 und 9.2 dargestellte Prinzip planerisch zu durchdringen und bei der Erarbeitung der „Deckenhöhenpläne“ für das Erdplanum und die gefräste Schaumbetonoberfläche zu berücksichtigen.

9.2 Bauen mit Schaumbeton

Ich habe aufgrund der letzten Erfahrungen einen neuen Qualitätssicherungsplan für den Schaumbeton entwickelt: Es muss ein Rezept des Schaumbetonherstellers mit dessen Prüfergebnissen vor dem Einbau vorgelegt werden. Es erfolgt dann eine Prüfung des Schaumbetons anhand von Prismen durch ein unabhängiges Prüfinstitut und werden die Ergebnisse des Herstellers bestätigt, wird der Schaumbeton für den Einbau zugelassen. An der Baustelleneinrichtung, dem den Schaumbeton herstellenden Lkw, wird dann beim Einbau anhand der integrierten Waagen jedes einzelne Produkt für den Schaumbeton (z.B. Wasser, Zement, Seife) gewogen, dokumentiert und auf diese Art die erfolgreiche praktische Umsetzung des Schaumbetonrezeptes gewährleistet. Da der Schaumbeton nicht verdichtet werden muss, wird durch diese neue Qualitätssicherung der Einbau eines anforderungsgerechten und sehr homogenen Schaumbetons belegt.

9.3 Sonstiges

- Untersuchung der asphaltechnologischen Materialparameter des Asphaltes zwecks Wiederverwendung des Asphaltgranulats bei der Erneuerung der K347.
- Fräsplan zur Differenzierung der Asphaltsschichten und deren Eigenschaften.
- Durchführung von Bohrungen mit großem Durchmesser, um das Betonpflaster unter der Fahrbahn und unter dem Radweg eindeutig zu identifizieren.

- Weiteres Finden von alternativen bautechnischen Lösungen für die K347, wobei ich erste prinzipielle Konzepte entwickelt habe, die letztjährig bautechnisch realisiert wurden und derzeit ausgewertet sowie bewertet werden, ob sie auch für die K347 geeignet wären. Hierdurch gäbe es Einsparungsmöglichkeiten bei den Baukosten in der Größenordnung von mehreren Millionen Euro.
- Standsicherheitsnachweis für den grabenseitigen Radwegaufbau (nördliche Seite).
- Detaillierter Bauablauf für den Schaumbetoneinbau unter Berücksichtigung des baupraktischen Vorgehens.
- Ist der Blähglasschotter im Rahmen des Entwässerungskonzeptes nutzbar?
- Wie sind die Zufahrtsmöglichkeiten des „Schaumbetonlastkraftwagen“ (50t auf 5 Achsen) und den Zementsilolastkraftwagen (40t) – Verhandlungen mit der ASB?
- Wir hatten vorgeschlagen, im hinteren Bereich der Trasse (s. nachfolgendes Foto bei km 9+200 Richtung Osten), wegen des geringen Abstandes zwischen Straße und Radweg, der noch zu verbreitern ist, einen Hochbord anzuordnen, um den Abstand (hier wäre nach der Erneuerung eine Geschwindigkeit von 50 km/h vorgesehen) zwischen Straße und Radweg noch verringern zu können. Diese Entscheidung müsste noch seitens der Region Hannover gefällt werden.



Dr.-Ing. Helge Beyer

Anlagen