

Einsatzmöglichkeiten von Impulsradar und Falling-Weight-Deflectometer bei der Erkundung und Bewertung von Straßenaufbauten

Die Möglichkeiten des Einsatzes des Impulsradars und des Falling-Weight-Deflectometers (FWD) bei der Erkundung und für die Bewertung von Straßenaufbauten in Verbindung mit direkten Aufschlüssen über Bohrungen sowie als Qualitätssicherungsmaßnahme unter Heranziehung eines erfahrenen Straßenbauingenieurs sollen nachfolgend aufgezeigt werden.

1. Zerstörungsfreie Untersuchung des Straßenaufbaus mittels Impulsradar

Die Erläuterungen im Kapitel 1 zum Impulsradar sind in wesentlichen Teilen den Prüfberichten GBC 135/99 und GBC 093/09 der GeoBau-Controlling

GmbH entnommen, deren Mitarbeiter die zerstörungsfreie Untersuchung von Straßenaufbauten mittels Impulsradar bei verschiedenen Projekten im Auftrag des Ingenieurbüros für Verkehrswegebau, Hannover, durchführten.

1.1 Allgemeine Beschreibung des Verfahrens

Das Impulsradarverfahren ermöglicht die zerstörungsfreie Prüfung von Bauwerken. Für die Untersuchung von Straßenaufbauten wird meistens ein elektromagnetisches Impulsradarverfahren mit Antennen im Frequenzbereich zwischen 900 MHz und 2.500 MHz eingesetzt. Um das Abtasten eines breiten Frequenzspektrums zu ermöglichen und eine Detektion unterschiedlicher Tiefen

(900 MHz Antenne misst bis über das Planum hinaus und die 2500 MHz Antenne löst die Asphaltsschichten auf) und Auflösungsgenauigkeiten zu erlauben, wird gleichzeitig mit mehreren Antennen gearbeitet. Ein an das Messgerät angeschlossenes Laufrad misst die Messweglänge. Wird mit nur einer Antenne gearbeitet, muss der Anwender sich über die Zielsetzung im Klaren sein und ggf. mit einer zweiten Antenne den Messvorgang wiederholen.

Das Bild 1 zeigt schematisch den Aufbau der Messapparatur und das Flussdiagramm des Messvorgangs. Durch einen Impulsgenerator werden elektromagnetische Impulse erzeugt und diese mit einer Sendeantenne in das zu untersuchende Medium (hier: Straßenaufbau) migriert. An Grenzflächen mit sich ändernden physikalischen Eigenschaften (z.B. relative Dielektrizitätskonstante) werden die Impulse partiell reflektiert. Das Maß der Differenz der physikalischen Eigenschaften, hervorgerufen z.B. durch Materialwechsel, Veränderung der Feuchtigkeit oder auftretende Hohlstellen, bestimmt die Intensität der Reflexion (Kontrast). Die Reflexionen werden von einer Empfangsantenne zurück in die kombinierte Computer-Messeinheit übertragen. Auf einem Monitor werden die Impulse in der Einheit Nanosekunden ($1 \text{ ns} = 10^{-9} \text{ s}$) längenbezogen dargestellt. Typisch für die Dauer einer Messung sind 1 bis 100 ns. Die Impulse werden in Form eines Weg-Zeit-Diagramms (2D-Plot – Linienplot – als Farb- bzw. Grauwertdarstellung) dargestellt und auf Datenträgern gespeichert.

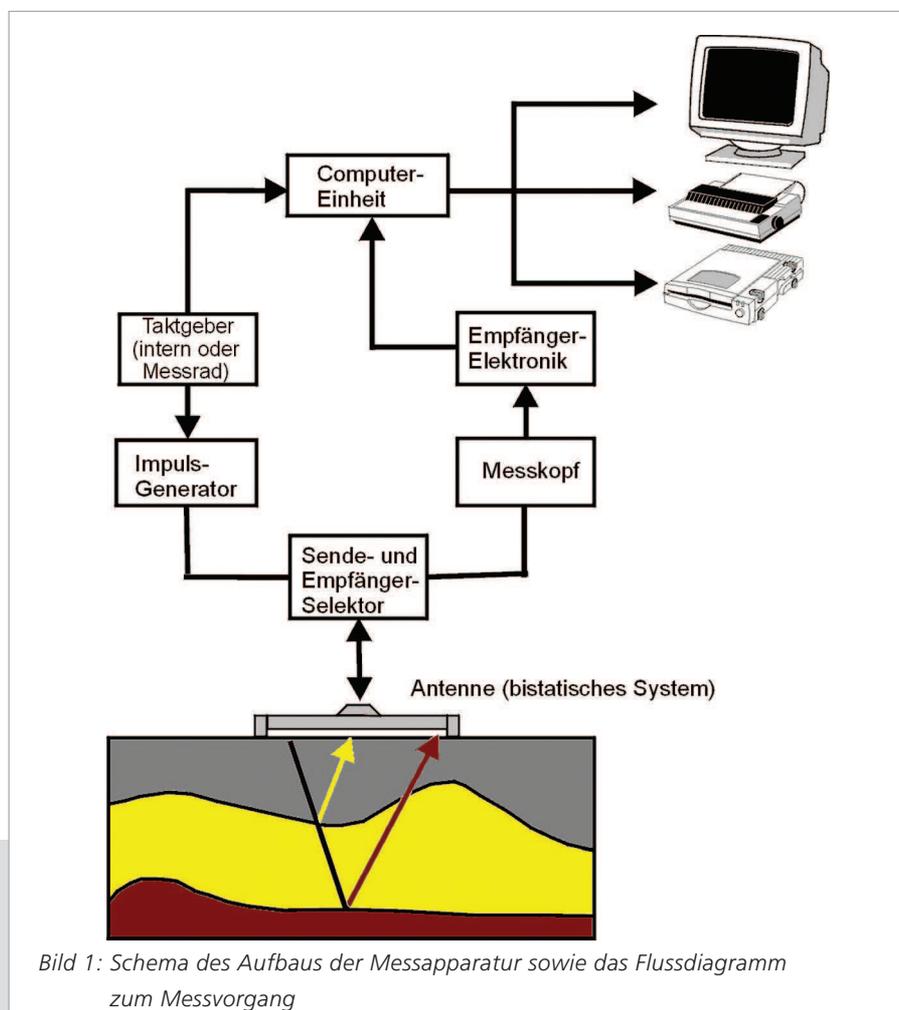


Bild 1: Schema des Aufbaus der Messapparatur sowie das Flussdiagramm zum Messvorgang

Die Reflexionen gleicher Ausrichtung (Phasenrichtung) und Intensität werden im Linienplot mit derselben Farb- bzw. Graukodierung dargestellt. Die physikalischen Eigenschaften des durchstrahlten Mediums prägen die Phase der reflektierten Welle, d.h. eine Vergrößerung der Dielektrizitätskonstante an einer Grenzfläche bewirkt einen 90°-Phasensprung, eine Verkleinerung verändert die Phase demgegenüber nicht. Eine Spezialsoftware steuert über einen PC den Sende- und Empfangsvorgang. Das System erlaubt zur schnellen Beurteilung auch den Ausdruck der Ergebnisse vor Ort.

Die erfassten Messdaten werden anschließend mit einer weiteren Spezialsoftware aufbereitet und die dann erarbeiteten Radargramme (Weg-Zeit-Diagramme) entsprechend der Aufgabenstellung ausgewertet, z.B. Feststellen der Schichtgrenzen zwischen gebundenen und ungebundenen Schichten. In der Regel erlaubt das Messergebnis die Bestimmung des Planums, der Grenze zwischen den gebundenen und ungebundenen Schichten sowie einzelner Schichten innerhalb des gebundenen und ungebundenen Aufbaus. Eine zweifelsfreie quantitative Erfassung der physikalischen Parameter (z.B. der Dielektrizitätskonstante) sowie die qualitative Identifikation einzelner Schichten bedürfen jedoch grundsätzlich der Verifizierung durch gezielte, direkte Aufschlüsse (z.B. Kernbohrungen, Kleinrammbohrungen bzw. Schürfe).

1.2 Vorplanung und Ablauf von Impulsradaruntersuchungen

In jedem Fall ist vor jeder Impulsradarmessung die Zielsetzung der Untersuchung gemeinsam mit dem AG festzulegen. Klären der Aufgabenstellung, z.B. welche Messtiefen und Messdichten zu erreichen und umsetzbar sind, was erwartet der AG vom Impulsradar.

Bei Ausschreibungen von Impulsradaruntersuchungen an Straßen ist der AG aufgefordert, ein detailliertes LV zu erarbeiten, um die später angebotenen Leistungen auch vergleichen zu können und nicht das Impulsradar in einer Pauschalposition zu fassen.

Prinzipiell hat sich das nachfolgend dargestellte Vorgehen bewährt:

Vor Ort:

- Festlegen des Anfangs- und Endpunktes und aufsprühen von Markierungen alle 50 bis 100 m am Fahrbahnrand, um vor Ort ein Bezugssystem für die Messergebnisse zu erhalten und sehen zu können
- Messen von Längsprofilen
- Ansicht der Längsprofilergebnisse vor Ort und festlegen der Orte für Querprofile
- Messen der Querprofile
- Ggf. einmessen schon vorhandener Kernbohrungen in die lokale Stationierung und ermitteln des Abstandes zu den Impulsradarlängsprofilmesslinien

Im Büro:

- Auswertung der Impulsradarmessung hinsichtlich homogener Bereiche (Abschnitte gleichen Fahrbahnaufbaus) und vorhandener Bohrerergebnisse, ggf. ermitteln, welche schon vorhandenen Bohrerergebnisse für die Impulsradarkalibrierung genutzt werden können bzw. Festlegen der Stationen, an denen noch direkte Aufschlüsse durch Bohrungen oder Schürfe erforderlich sind.
- Abstimmen der Erkundungstiefen zwischen dem Geotechnikingenieur und dem Qualitätssicherer bzw. Planer

Vor Ort:

- Durchführen von Kernbohrungen, Kleinrammbohrungen und ggf. Schürfe

Im Büro:

- Aufbereitung der Erkundungsergebnisse und Übergabe der Ergebnisse an den Qualitätssicherer zur Auswertung der Impulsradarergebnisse
- Erarbeitung und Darstellung der Ergebnisse des Impulsradars (Radargramme mit Schichtgrenzen und Schichtenprofil im Längsprofil, Querprofilergebnis mit Integration der direkten Aufschlüsse)

1.3 Ergebnisse der Impulsradaruntersuchung

Als Ergebnis des Impulsradars entsteht ein Radargramm, das im Bild 2 als Längsprofil dargestellt ist. Dabei sind die Kilometrierung der Straße und die Reflektionszeit aufgetragen. Es sind für den erfahrenen Ingenieur bereits drei Abschnitte unterschiedlichen Fahrbahnaufbaus (ABW = Aufbauwechsel) erkennbar. Aus diesem Radargramm sind aber noch keine Materialarten und -dicken verlässlich ableitbar. Dies kann erst erfolgen, wenn Kalibrierungsbohrungen (Erkundungen in den festgelegten Abschnitten gemäß Radargramm – homogene Bereiche) durchgeführt und ausgewertet werden.

Die Auswertung der Impulsradarergebnisse liefert eine Aufstellung der homogenen Abschnitte (Bereiche gleichen Fahrbahnaufbaus bzw. Unterbaus) und der erforderlichen Bohransatzpunkte mit Mindesterkundungstiefen: Bild 3.

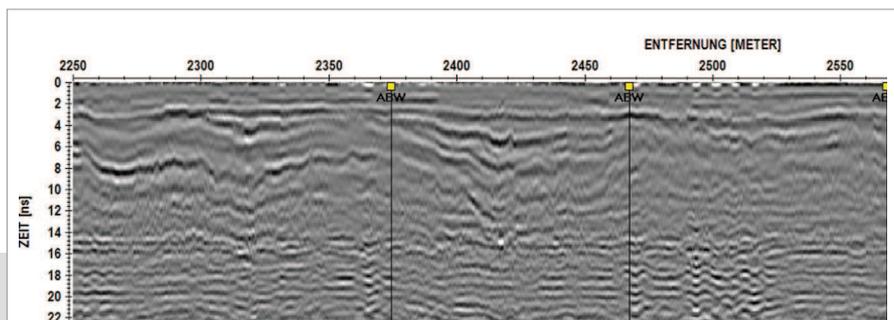


Bild 2: Impulsradarergebnis - Radargramm als Straßenlängsprofil

Bild 3: Tabellarische Darstellung der Impulsradarergebnisse – Ausschnitt mit Festlegung der homogenen Abschnitte und der Bohransatzpunkte

Straßendaten - Homogene Bereiche (Bauabschnitte) und Bohrpunkte									
Straße:		K51		Messung:		rechte (aufsteigende km) und linke (gegenläufig) Fahrspur		Länge [m]:	3347
Hom. Ber. r. Fahrspur von [m]	Hom. Ber. r. Fahrspur bis [m]	Hom. Ber. l. Fahrspur von [m]	Hom. Ber. l. Fahrspur bis [m]	Bohrung	Fahrstr.	Station [km]	Bemerkungen		
769,0	1200,6	769,0	894,0						
		894,0	1054,0	B1+000 L/R	L+R	1+000			
		1054,0	1136,0						
		1136,0	1176,0						
		1176,0	1200,6						
1200,6	1404,6	1200,6	1277,1	B1+260 R	R	1+260			
		1277,1	1368,2						
		1368,2	1404,6						
1404,6	1551,5	1404,6	1444,3						
		1444,3	1500,5	B1+500 L/R	L+R	1+500			
		1500,5	1551,5						
1551,5	1664,5	1551,5	1627,1	B1+600 L/R	L+R	1+600			
		1627,1	1664,5						
1664,5	1925,5	1664,5	1721,1						
		1721,1	1783,2						
		1783,2	1822,7	B1+800 R	R	1+800			Aufbau links vergleichbar 2+200
		1822,7	1902,5						
		1902,5	1925,5						
1925,5	2035,6	1925,5	1970,1						
		1970,1	1997,9	B1+960 R	R	1+960			
		1997,9	2035,6						
2035,6	2374,1	2035,6	2065,6						
		2065,6	2125,7						
		2125,7	2256,0	B2+200 L	L	2+200			Aufbau rechts vergleichbar 1+800
		2256,0	2313,5						
		2313,5	2374,1						
2374,1	2467,5	2374,1	2467,5						Aufbau vergleichbar 2+800

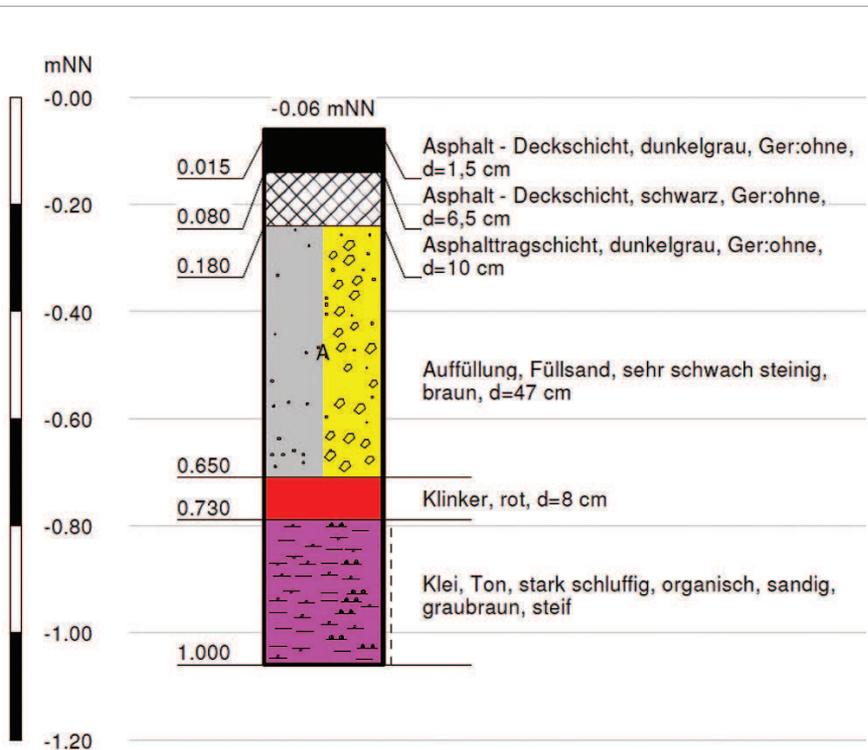


Bild 4: Ergebnis einer Kern- und Kleinrammbohrung bei km 2+350

Im Bild 4 ist das Ergebnis einer Kern- und Kleinrammbohrung bei km 2+350 im Längsprofil (vgl. Bild 2) dargestellt. Dieses Bohrergebnis und die Erkundungen in den anderen Impulsradarabschnitten lassen eine genaue Darstellung der Dicken und Materialarten zu und liefern als Ergebnis der Kalibrierung die in Bild 5 abgebildeten Schichtenprofile.

Grundsätzlich sollte eine Kalibrierung der Impulsradarergebnisse durchgeführt werden, um eine eindeutige Interpretation der Radargramme zu ermöglichen. Der Auftraggeber sollte sich nicht mit unkalibrierten Radargrammen

zufrieden geben, wie aus den nachfolgenden Beispielen und den daraus abzuleitenden Erkenntnissen ersichtlich ist.

Die Ergebnisse der Impulsradarmessungen und der direkten Aufschlussverfahren werden auch für den Querschnitt dargestellt (vgl. Bild 6). Es wird deutlich, dass es im dargestellten Querschnitt zwei verschiedene Fahrbahnaufbauten gibt. Der Fahrbahnaufbau mit der Klinkerschicht (rote Schicht in Bild 5) ist älter und die Straße wurde entweder verbreitert oder ist in diesem Teilbereich erneuert worden.

Die stoffliche Zusammensetzung der einzelnen Schichten (Teer- oder Asbestbelastung bzw. abfalltechnisch rele-

vante Inhaltsstoffe der ungebundenen Baustoffe) sind an den Bohrkernen bzw. an den Proben der ungebundenen Baustoffe zu bestimmen und den einzelnen Schichten im Schichtenprofil zuzuordnen. Auch die Ortung von querenden Leitungen, Leitungstrassen und Hohlräumen ist mittels Impulsradar möglich. Auf der Basis der Impulsradarergebnisse in Kombination mit den direkten Aufschlüssen kann auch eine Massenermittlung durchgeführt werden. Das Impulsradar liefert mit den Längs- und Querschnitten eine nahezu lückenlose Darstellung des Schichtenverlaufs des Straßenoberbaus und des Untergrundes.

2. Zerstörungsfreie Untersuchung des Straßenaufbaus mittels Falling-Weight-Deflectometer (FWD)

Die Erläuterungen zum Falling-Weight-Deflectometer sind in wesentlichen Teilen den Messungen der TU Darmstadt entnommen, deren Mitarbeiter die zerstörungsfreie Untersuchung von Straßenaufbauten mittels FWD bei verschiedenen Projekten im Auftrag des Ingenieurbüros für Verkehrswegebau, Hannover, durchführten. Die Auswertungen wurden auf der Grundlage der Ausarbeitungen von Herrn Dr.-Ing. habil. Bernd Grätz zu diesem Thema durchgeführt. Freundlicherweise wurden auch von Herrn Dr.-Ing. habil. Bernd Grätz die Unterlagen zur Theo-

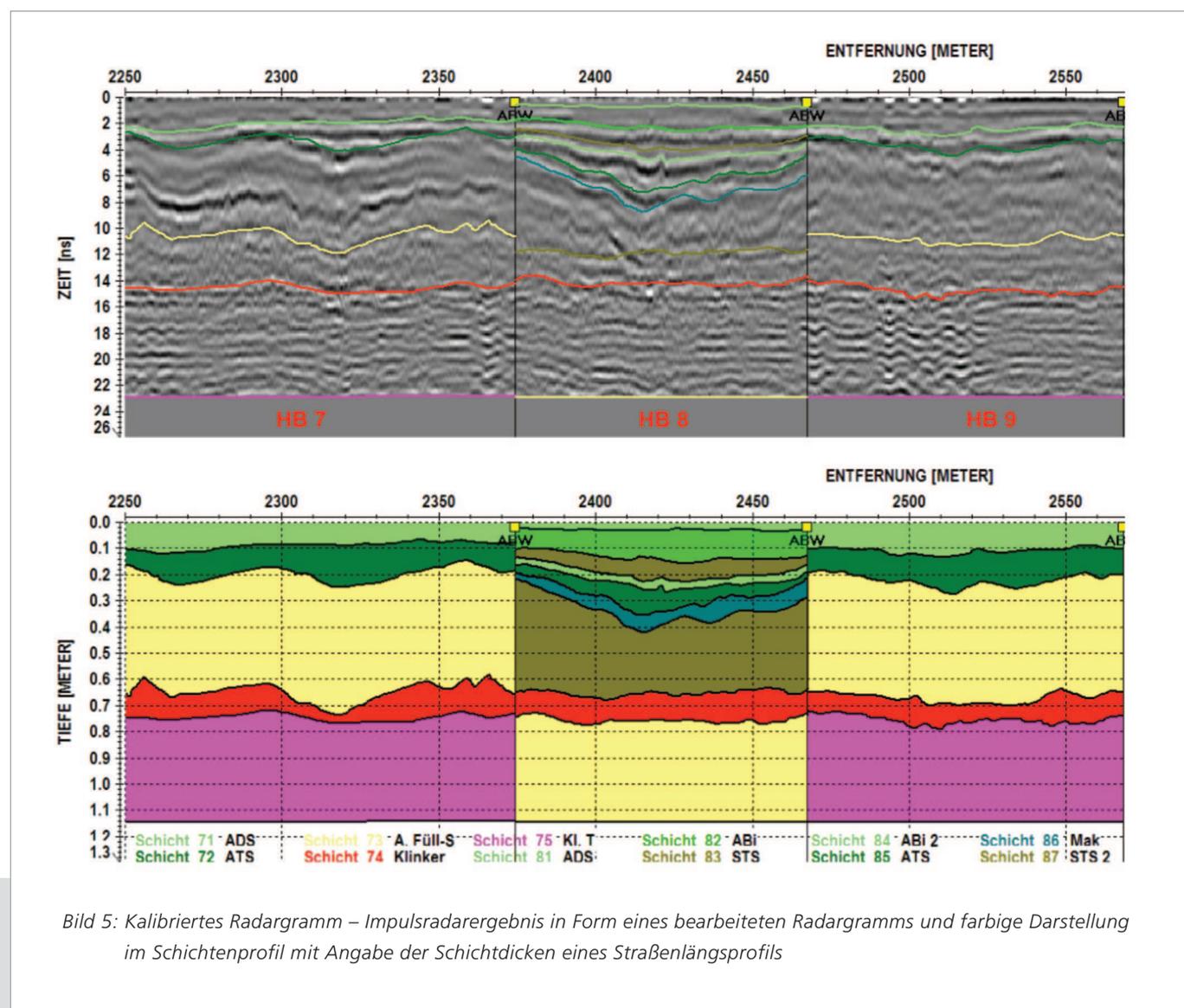


Bild 5: Kalibriertes Radargramm – Impulsradarergebnis in Form eines bearbeiteten Radargramms und farbige Darstellung im Schichtenprofil mit Angabe der Schichtdicken eines Straßenlängsprofils

Schwerpunkt

rie und Auswertung des FWD zur Verfügung gestellt.

2.1 Messung und Berechnung der Tragfähigkeit

Zur Ermittlung der Tragfähigkeit werden weltweit ca. 400 Falling-Weight-

Deflectometer (FWD) eingesetzt. In Deutschland werden die FWD-Messungen auf Asphaltfahrbahnen zurzeit gemäß dem

- Arbeitspapier Tragfähigkeit Teil B2 „Falling-Weight-Deflectometer (FWD): Beschreibung, Messdurchführung“, Entwurf 2004 Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Köln, durchgeführt.

Deflectometer (FWD) eingesetzt. In Deutschland werden die FWD-Messungen auf Asphaltfahrbahnen zurzeit gemäß dem

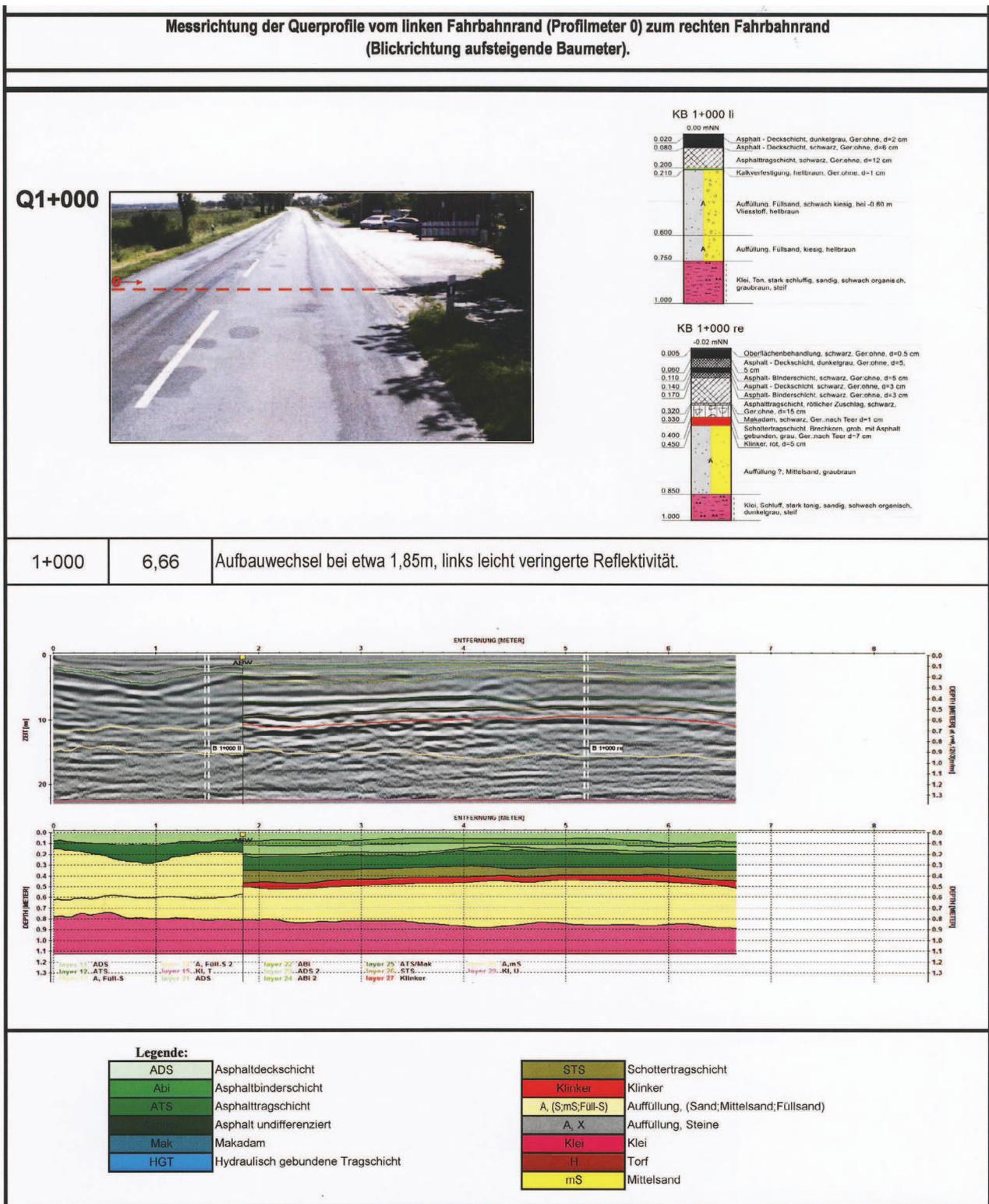


Bild 6: Kalibriertes Radargramm - Impulsradarergebnis in Form eines bearbeiteten Radargramms und farbige Darstellung im Schichtenprofil mit Angabe der Schichtdicken eines Straßenquerprofils

2.1.1 Messverfahren

Das FWD ist ein dynamisches Tragfähigkeits-Messverfahren, bei dem, ähnlich wie bei der dynamischen Verkehrsbelastung, ein Kraftimpuls auf die Oberfläche der Fahrbahnbefestigung mittels einer Fallmasse eingeleitet wird. Die sich dabei einstellenden kurzzeitigen vertikalen Verformungsgeschwindigkeiten der Oberfläche werden mit Geophonen gemessen. Aus diesen Geschwindigkeits-Zeit-Verläufen wird durch Integration der Verlauf der Verformung in Abhängigkeit von der Zeit (Welle) erhalten. Im Bild 7 ist das Messgerät dargestellt.

Im Bild 8 sind in Abhängigkeit von der Zeit beispielhaft der Verlauf der Kraft und der Verformungen dargestellt; die größte Verformung tritt im Lastzentrum (Geophon 1) auf.

Aus den im Bild 8 dargestellten zeitabhängigen Verläufen werden für die Auswertung der Messdaten bezüglich der Tragfähigkeit die Maximalwerte der Kraft und der Verformungen entnommen. Die maximalen Verformungen werden in Abhängigkeit vom Abstand der Geophone vom Lastzentrum als Verformungsmulde dargestellt.

Die Messungen werden mit den im Bild 9 dargestellten Geophonpositionen durchgeführt. Die für diesen Lastfall ermittelte Verformungsmulde ist qualitativ im Bild 9 dargestellt.

2.1.2 Berechnungsverfahren

Es gibt eine Vielzahl an Auswertungen der FWD-Ergebnisse, aber nach den Erfahrungen der Autoren ist das Berechnungsverfahren nach Dr.-Ing. habil. Bernd Grätz das derzeit aussagekräftigste, wie die nachfolgenden Ausführungen zeigen sollen.

Bild 7: Anhänger mit Falling-Weight-Deflectometer

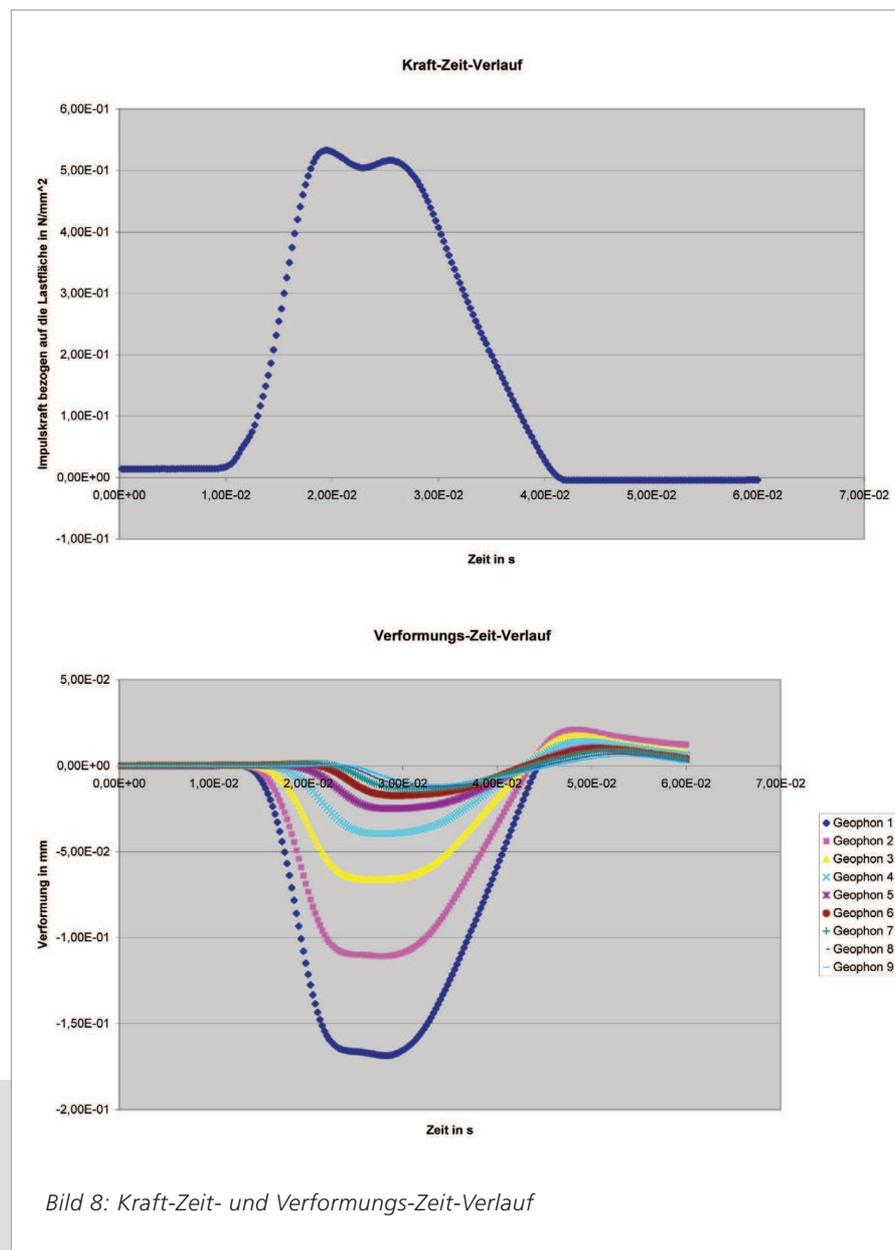


Bild 8: Kraft-Zeit- und Verformungs-Zeit-Verlauf

Schwerpunkt

Die Berechnung der Tragfähigkeitskennwerte erfolgt aus der mit dem FWD gemessenen Verformungsmulde und dem Maximum der zugehörigen Kraft (Impulskraft) mit dem in Bild 10 dargestellten Befestigungsmodell „Platte auf elastisch isotropem Halbraum“.

Der Halbraum besteht bei den Verkehrsflächenbefestigungen aus den Schichten ohne Bindemittel und dem Untergrund/Unterbau. Die Platte beinhaltet sämtliche Asphalt-schichten, Betonplatten oder Pflasterbeläge und verfestigte Schichten. Die Berechnung der Tragfähigkeit und der beiden Schichtmoduli erfolgt aus den Messwerten mit einem Regressionsansatz.

Als Berechnungsergebnis ergibt sich ohne Kenntnis der Schichtdicke h der Platte aus den FWD-Messdaten die Tragfähigkeit als elastische Länge l in

mm und der Schichtmodul M_0 des Halbraumes in N/mm^2 .

Die Tragfähigkeit und der Schichtmodul werden schließlich zum „Vorläufigen Bewertungsdiagramm“ zusammengeführt. Es lassen sich vier Bereiche unterscheiden. Die Beschreibung dieser Bereiche ist im Bild 11 dargestellt und erläutert.

Es ist zudem möglich, den Schichtmodul M_U für den Untergrund zu berechnen und zu bewerten genauso wie die Steifigkeit der Platte in Form von M_1 .

2.2 Vorplanung und Ablauf von FWD-Messungen

Vor jeder FWD-Messung ist festzulegen, in welchem Messpunktabstand und auf welchen Linien gemessen werden soll. Das Vorhaben „wir wollen FWD-Messungen haben“ reicht nicht aus.

Prinzipiell hat sich das nachfolgend dargestellte Vorgehen bewährt:

Im Büro:

Festlegen des Anfangs- und Endpunktes, des Messpunktabstandes, der Anzahl der Messlinien (z.B. beide Fahr-bahn-ränder und Fahrbahnmitte) und damit der Anzahl der Messpunkte. Liegen Impulsradarergebnisse vor, sind in jedem homogenen Abschnitt mindestens drei FWD-Messungen durchzuführen. Es ist auch ratsam, in Abschnitten zu messen, die visuell auffällig sind und z.B. Risse oder Verformungen haben.

Vor Ort:

Festlegen des Anfangs- und Endpunktes vor Ort, um ein Bezugssystem für die Messergebnisse zu erhalten und sehen zu können.

Im Büro:

Berechnung der FWD-Kenngrößen und Darstellung dieser in Diagrammen. Übergabe der FWD-Berechnungsergebnisse an den Qualitätssicherer, der die Ergebnisse prüft.

Liegen Impulsradarergebnisse vor, werden die FWD-Messungen in das bereits festgelegte Bezugssystem integriert. Ist es nicht vorgesehen, Impulsradarmessungen durchzuführen, sollten die FWD-Messungen in regelmäßigen Abständen erfolgen und aufgrund der FWD-Messergebnisse die Standorte der Erkundungen durch direkte Aufschlüsse festgelegt werden.

2.3 Ergebnisse der FWD-Messungen

Ein Fahrbahnaufbau, der gemäß Verkehrsbelastung der Bauklasse III entspricht, wurde mittels Querschlägen (vgl. Bild 12) und direkter Aufschlüsse (Kern- und Kleinrammbohrungen sowie Schürfe) erkundet.

Bild 9: Geophonpositionen am FWD-Gerät und qualitativer Verlauf der Verformungsmulde

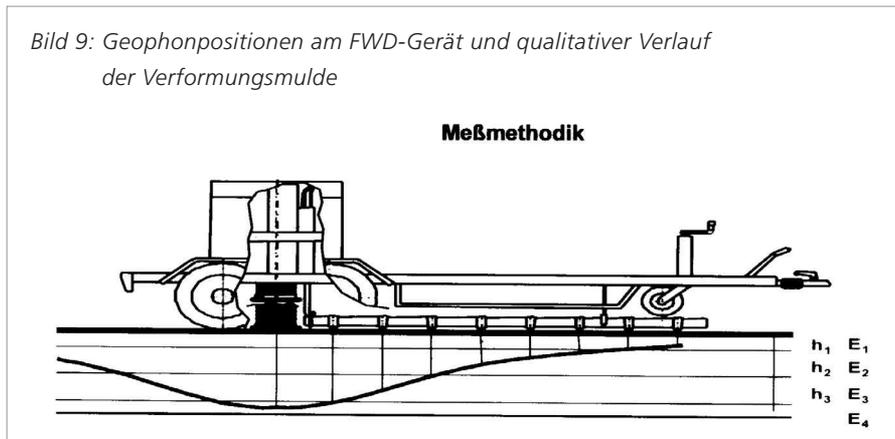
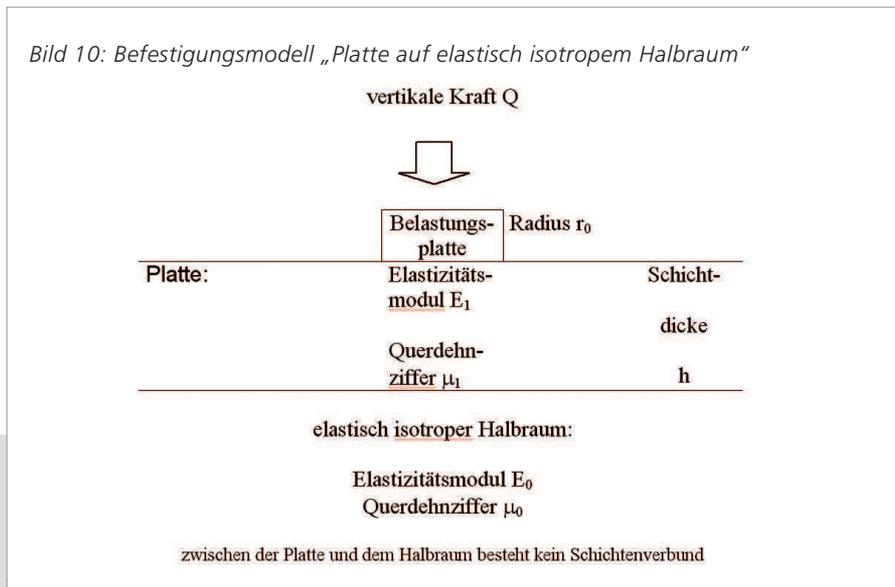


Bild 10: Befestigungsmodell „Platte auf elastisch isotropem Halbraum“

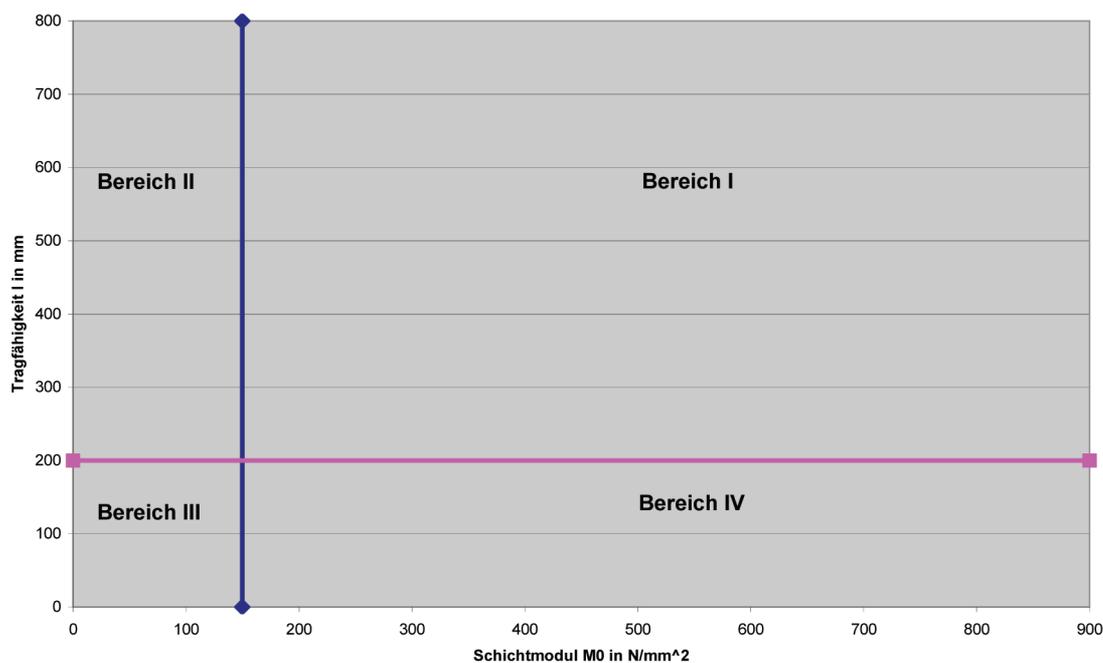


In dem nachfolgenden Beispiel wurde der Messpunktabstand für das FWD auf 50 m festgelegt, da außer den Schäden am linken Fahrbahnrand keine

weiteren Besonderheiten vorhanden waren. Am Beispiel des Querschnittes des Fahrbahnaufbaus einer Kreisstraße vor der Instandsetzung und Verstär-

kung sind die sechs Messlinien (z.B. li.FStr-li) für die FWD-Messungen im Bild 12 dargestellt.

Bild 11: „Vorläufiges Bewertungsdiagramm“ zur Beurteilung des Gebrauchszustandes einer Fahrbahnbefestigung der Bauklasse III (Quelle: Bald, Grätz: Mechanisches Verhalten der Asphaltfahrbahnbefestigungen – Prüftechnische Ansprache des Widerstandes der Schichten und der Schichtbaustoffe gegen Rissbildung, Straße und Autobahn, Heft 2/2003).



- Bereich II:**
- 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 und werden aufgrund des höheren E-Moduls stärker beansprucht und es kann zur Rissbildung kommen

- Bereich III:**
- die ungebundenen Schichten und der Untergrund/Unterbau (Halbraum) weisen eine relativ geringe Tragfähigkeit (Schichtmodul M_0) auf
 - die oberen gebundenen Schichten (Platte) sind relativ nachgiebig (Risse, mangelhafter Schichtenverbund)
 - mangelhafte Tragfähigkeit der gesamten Fahrbahnbefestigung, d.h. eine Grunderneuerung ist notwendig

Koordinaten des Achsenkreuzes:

$$M_0 = 150 \text{ N/mm}^2$$

$$I = 200 \text{ mm}$$

- Bereich I:**
- die oberen gebundenen Schichten (Platte) sind relativ steif
 - die ungebundenen Schichten und der Untergrund/Unterbau (Halbraum) weisen eine relativ hohe Tragfähigkeit (Schichtmodul M_0) auf
 - die Tragfähigkeit der gesamten Fahrbahnbefestigung ist gewährleistet

- Bereich IV:**
- 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)
 - Erhöhung der Tragfähigkeit der gesamten Fahrbahnbefestigung durch eine Oberbauverstärkung (Teilerneuerung)

Impulskraft: 50 kN
Temperatur: 20 °C

Schwerpunkt

In Bild 13 sind als Ergebnis der FWD-Berechnungen die Schichtenmoduli M_0 über die Streckenlänge in den verschiedenen Messlinien dargestellt. Es ist auffällig, dass bei km 1,650 auf der rechten Seite und im Bereich km 2,450 auf der linken Seite der Grenzwert ($M_0 = 150 \text{ N/mm}^2$ entspricht dem Verfor-

mungsmodul $E_{v2} = 120 \text{ N/mm}^2$) unterschritten wird. Alle anderen Schichtenmoduli liegen über dem Grenzwert.

Aufgrund der Kernbohrungen, Kleinrammbohrungen und Schürfe und der Beobachtung vor Ort, konnte festgestellt werden, dass bei km 2,450

(braune Linie re.FStr-re) kurz vor der FWD-Messung ein Rohr der Wasserleitung unmittelbar am Fahrbahnrand in ca. 2 m Tiefe gebrochen und der Schaden repariert worden war. Im Bereich km 1,650 (blaue Linie li.FStr-li) stand im Untergrund Schluff in einer schräg zum rechten Fahrbahnrand geneigten Ebene an, so dass sich das von der rechten Fahrbahnseite einsickernde Wasser unter dem Straßenkörper einstaute und dadurch die Tragfähigkeit des Ungebundenen verminderte. Die Konsequenz aus diesem Ergebnis war, die Entwässerung wieder herzustellen und eine Planumsentwässerung am rechten Fahrbahnrand – hier stieg das Gelände an und floss Oberflächenwasser zur Straße hin – zu bauen.

Bild 12: Querschnitt der Kreisstraße vor der Instandsetzung und Verstärkung mit den sechs FWD-Messlinien

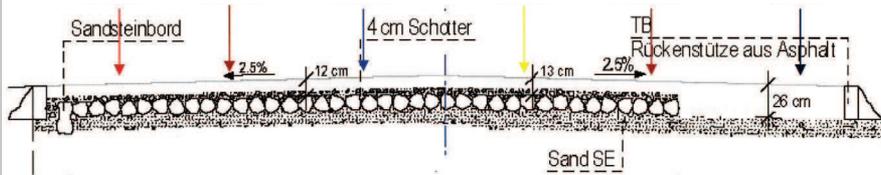


Bild 13: Schichtenmoduli M_0 entlang der Messstrecke für die einzelnen Messlinien

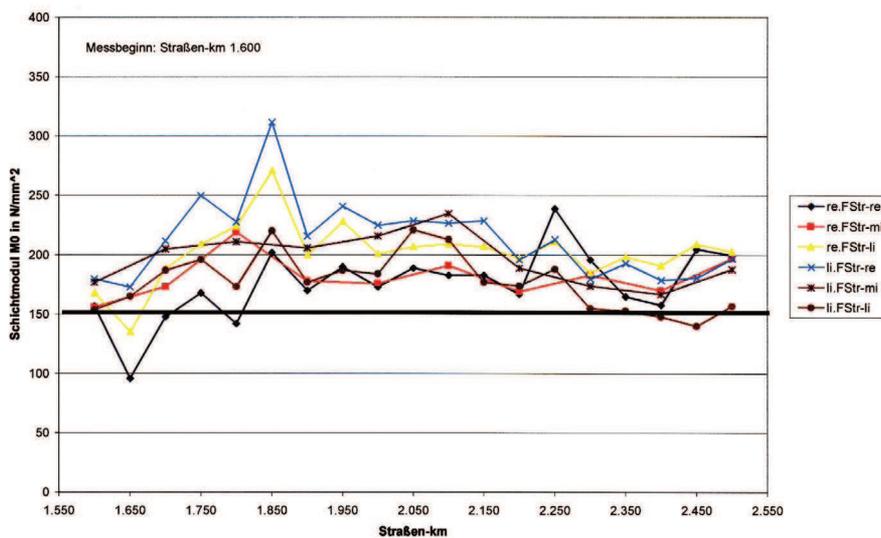
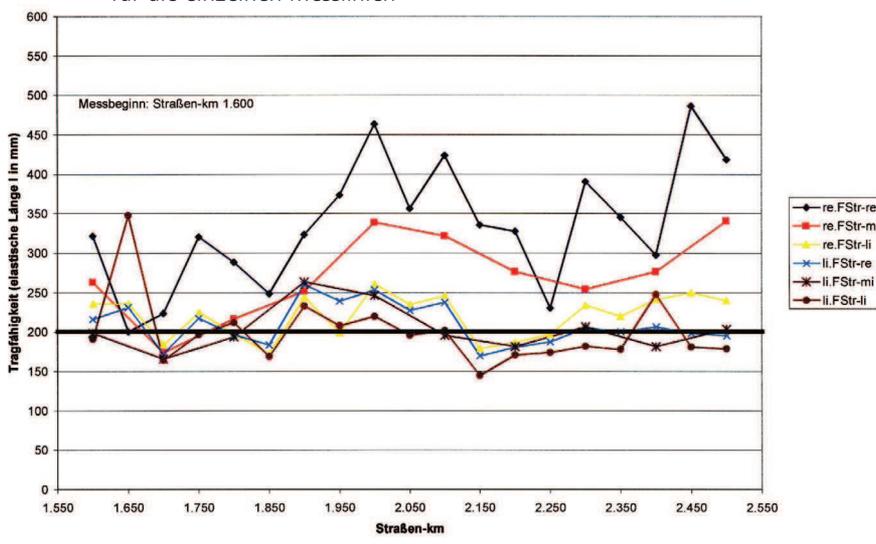


Bild 14: Gesamttragfähigkeit elastische Länge l entlang der Messstrecke für die einzelnen Messlinien



Bei der Gesamttragfähigkeit in Bild 14 unterschreiten außer auf der blauen (re.FStr-re) und der magenta (re.FStr-mi) Messlinie alle anderen den Grenzwert des Ermüdungsbereiches ($l \geq 200 \text{ mm}$). Gemäß Bild 12 ist demnach der mit Asphalt überbaute Pflasterbereich betroffen. Für ein Erneuerungskonzept heißt dies, dass die alten, ermüdeten Schichten in diesem Bereich weitestgehend auszubauen und durch neuen Asphalt zu ersetzen sind und eine Verstärkung gebaut wird. Durch eine solche Maßnahme kann die Tragfähigkeit wieder in den Übergangsbereich Ermüdungs- zur Beharrungsphase ($l \geq 200 \text{ mm}$) überführt werden.

Die Messwertpaare liegen im Bild 15 größtenteils im Bereich I, d.h. die Tragfähigkeit und der Schichtenmodul erfüllen die Anforderungen. Die Werte im Bereich IV können durch einen Hoch-einbau in den Bereich I geführt werden und die verbliebenen Messwertpaare im Bereich II und III können durch den Einbau einer Asphalteinlage soweit ertüchtigt werden, dass ein Durchschla-

gen von Rissen aus der Unterlage in die Überbauung verhindert werden kann.

Aufgrund der geschilderten Inhalte wurde die Fahrbahn, wie in Bild 16 zu sehen ist, erneuert.

Es wurden auf dieser Kreisstraße auch FWD-Untersuchungen nach der Instandsetzung und Verstärkung durchgeführt und festgestellt, dass die Tragfähigkeiten und Schichtmoduli – bedingt durch die Wiederherstellung der Entwässerung und den Bau einer Planumsentwässerung – signifikant angestiegen waren und alle Messwerte im Bereich I des Bewertungsdiagramms lagen.

3. Zusammenfassung

Das Impulsradar liefert bei fachgerechter Anwendung in Verbindung mit direkten Aufschlüssen anhand von Längs- und Querschnitten eine nahezu lückenlose Darstellung des Schichtenverlaufs des Straßenoberbaus und des Untergrundes. Die stoffliche Zusammensetzung der einzelnen Schichten (Teer- oder Asbestbelastung bzw. abfalltechnisch relevante Inhaltsstoffe der ungebundenen Baustoffe) sind an den Bohrkernen bzw. an den Proben der ungebundenen Baustoffe zu bestimmen und können dann den einzelnen Schichten im Schichtenprofil des Impulsradars zugeordnet werden. Auch die Ortung von querenden Leitungen, Leitungstrassen und Hohlräumen ist mittels Impulsradar möglich.

Auf der Basis der Impulsradarergebnisse in Kombination mit den direkten Aufschlüssen kann auch eine Massenermittlung durchgeführt werden. Beim Falling-Weight-Deflectometer ergibt sich als Berechnungsergebnis die Tragfähigkeit als elastische Länge l in mm (Gesamtragfähigkeit) und den Schichtmodul M_0 des Halbraumes in N/mm^2 (Tragfähigkeit des Ungebundenen, Verformungsmodul). In Abhängigkeit der Bauklasse kann die Gesamtragfähigkeit als FWD-Messergebnis und der Verformungsmodul auf der Oberkante des Ungebundenen bewertet werden. Die Tragfähigkeit und der Schichtmodul werden schließlich zum „Vorläufigen Bewertungsdiagramm“

zusammengeführt. Es lassen sich vier Bereiche unterscheiden. Aus diesen FWD-Messergebnissen kann abgeleitet werden, in welcher Form die Instandsetzung oder Erneuerung einer Straße durchzuführen ist.

Dr.-Ing. Helge Beyer

Ingenieurbüro für Verkehrswegebau
Werfelstraße 17
30629 Hannover
helge.beyer@t-online.de

Dipl.-Ing. Jens Rohmann

ELH Ingenieure GmbH
Bogenstraße 4 C
30165 Hannover
jens.rohmann@elh-ingenieure.de

Bild 15: „Vorläufiges Bewertungsdiagramm“ zur Beurteilung des Gebrauchszustandes einer Fahrbahnbefestigung der Bauklasse III gemäß Dr.-Ing. habil. Bernd Grätz

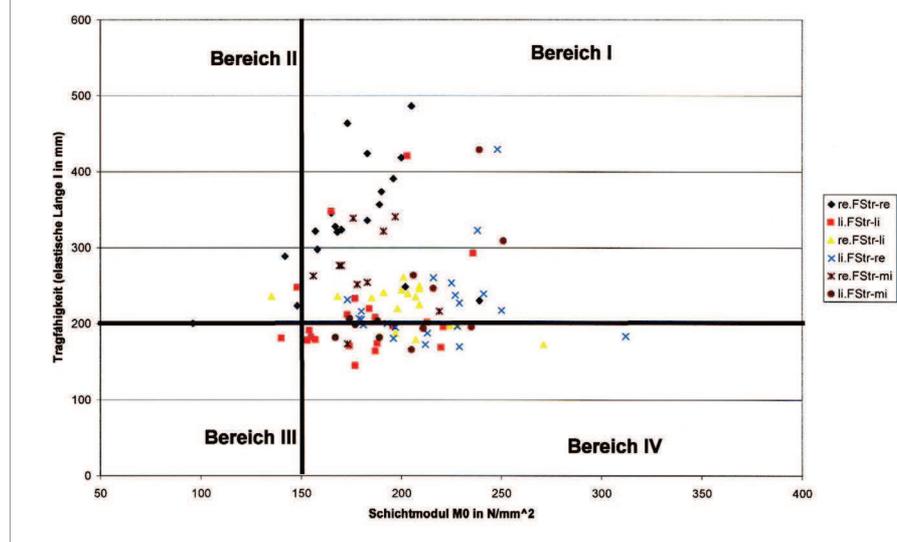


Bild 16: Straßenquerschnitt der Bauausführung mit den Details der Fahrbahnrandkonstruktionen

