

Nachhaltige Erneuerung der Straßenrampen der Indiekkanalbrücke im Landkreis Cuxhaven

Voruntersuchungen, Schadensursache, Erneuerungskonzept, Bauausführung, Nachuntersuchungen und Fazit

H. Beyer, J. Rohmann

1 Vorgang

326

Im Bereich von wenig tragfähigen und setzungsempfindlichen Untergründen werden die Brücken über Gewässer oder Straßen tief gegründet. Entweder geschieht dies über die Mantelreibung von Spundbohlen oder es werden Pfähle bis in die tragfähigen Schichten getrieben. Die Rampen, die die Straße auf die Brücke führen, werden jedoch meistens konventionell hergestellt. Die Folge ist ein Absacken der Straßenrampen, die dann standardmäßig immer wieder mit Asphalt ausgeglichen werden, was aufgrund des höheren Gewichts entsprechend zu gleichen Setzungsdifferenzen in einem noch kürzeren Zeitraum führt.

In diesem Artikel soll ein Verfahren vorgestellt werden, für das der Landkreis Cuxhaven Geld für die Voruntersuchungen zur Verfügung gestellt und dieses nachfolgend beschriebene, erfolgreiche Pilotprojekt finanziert hat. Die Straßenbaufirma Mehrtens Ingenieurbau GmbH, Bramstedt, und das Spezial-Bauunternehmen URETEK Deutschland GmbH, Mülheim an der Ruhr, setzten das Erneuerungskonzept in die Praxis um. Die Erneuerung, deren Konzept von Dr.-Ing. Helge Beyer, Hannover, stammt, fand nach Voruntersuchungen der ELH Ingenieure GmbH, Hannover, im November 2004 statt. Im Jahr 2014 wurden von der ELH Ingenieure GmbH vor Ort und im bodenmechanischen Labor Nachuntersuchungen durchgeführt.

Nach zehn Jahren Bewährung in der Praxis wird in diesem Artikel dargestellt, wo und in welchem Zustand das damals injizierte Expansionsharz im Straßenaufbau sowie im Boden anzutreffen ist und wie sich die zunächst theoretisch erarbeitete Gewichtsentlastung in der Praxis hinsichtlich der Setzungsminderung ausgewirkt hat.

2 Beschreibung des Aufbaus und des Zustandes der Straßenrampen im Jahr 2004

2.1 Örtliche Gegebenheiten

Das Brückenbauwerk führt die Kreisstraße 50 über den Indiekkanal, der zwischen den Ortschaften Sandstedt und Offenwarden in die Weser mündet (Bild 1 bis Bild 5).

Die Straßenrampen der Indiekkanalbrücke wurden mit Asphalt angeglichen und der Anstrich der Brücke zeigt die

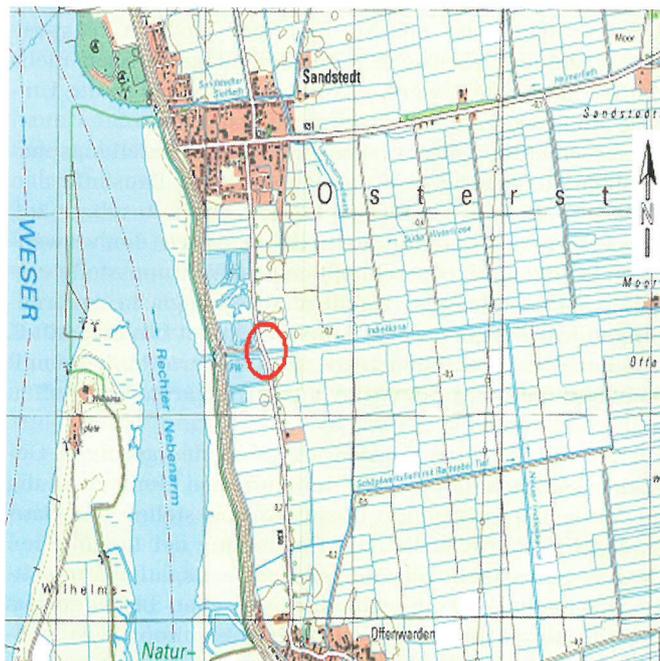


Bild 1. Lageplan (verkleinerter Ausschnitt aus der Topografischen Karte, Bl. 2617, Hagen im Bremischen, 2008, Maßstab 1 : 25.000)



Bild 2 und 3. Aufnahme der Brücke im Herbst 2002

Abb.: Dr.-Ing. Beyer, Hannover

Dr.-Ing. Helge Beyer

Ingenieurbüro für Verkehrswegebau
Werfelstraße 17, 30629 Hannover
kontakt@ib-verkehrswegebau.de

Dipl.-Ing. Jens Rohmann

ELH Erdbaulabor Hannover Ingenieure GmbH
Ingenieurbüro für Geotechnik
Bogenstraße 4 C, 30165 Hannover
jens.rohmann(at)elh-ingenieure.de

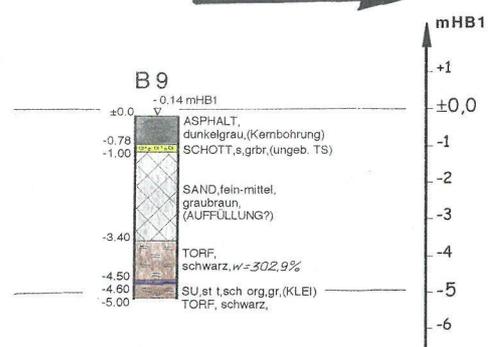
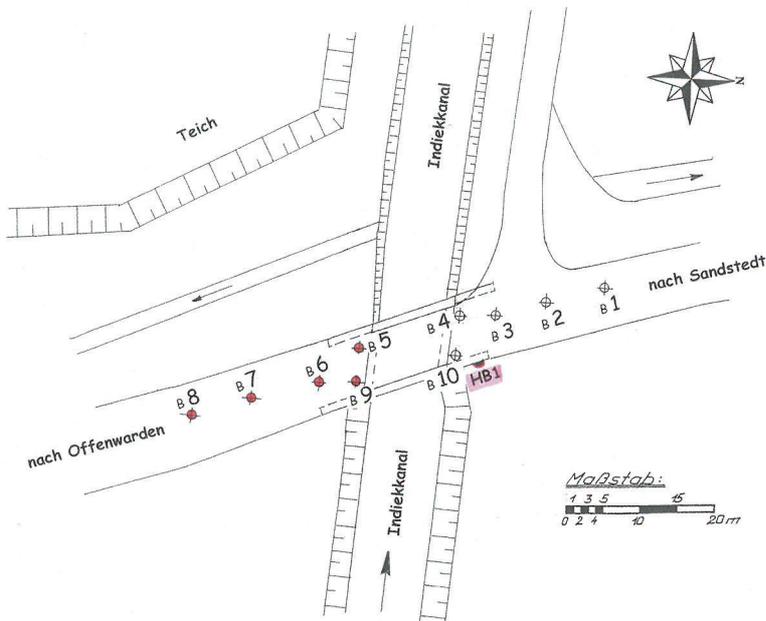
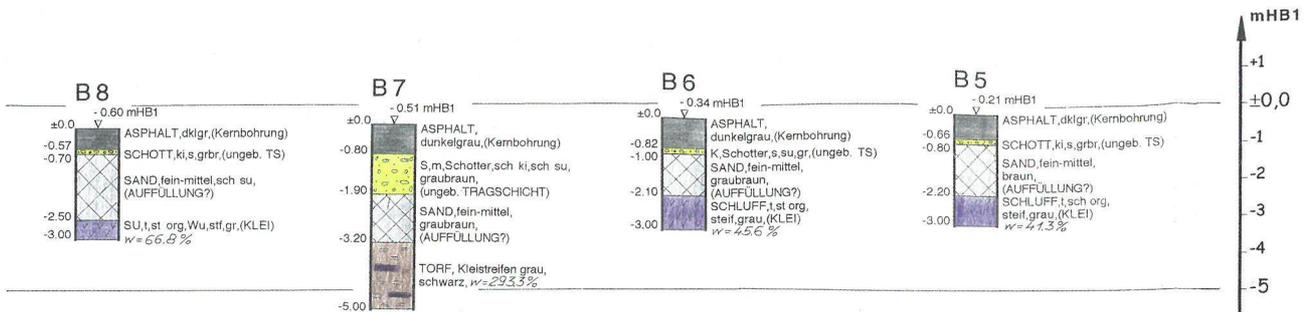
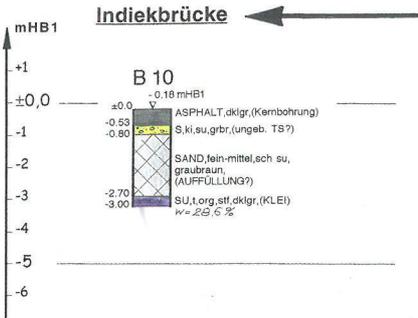
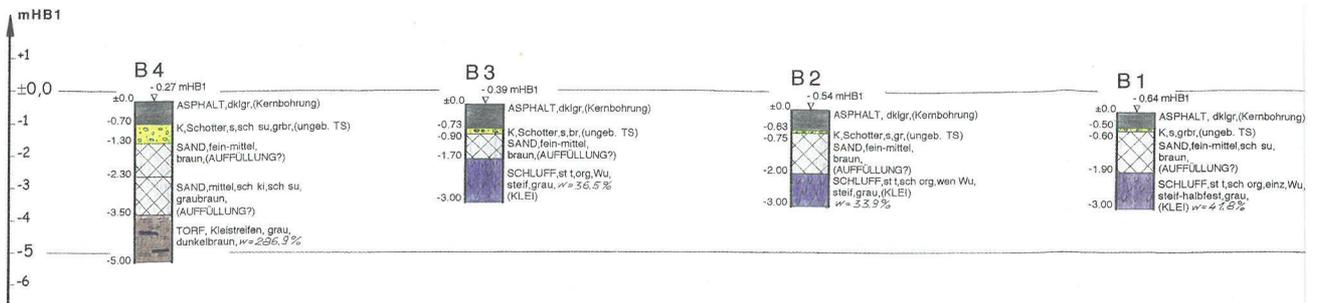


Bild 4 und 5. Bohrprofile der Erkundungen von 2004 einschließlich Lageplan der Erkundungspunkte

Abb.: ELH Ingenieure GmbH, Hannover

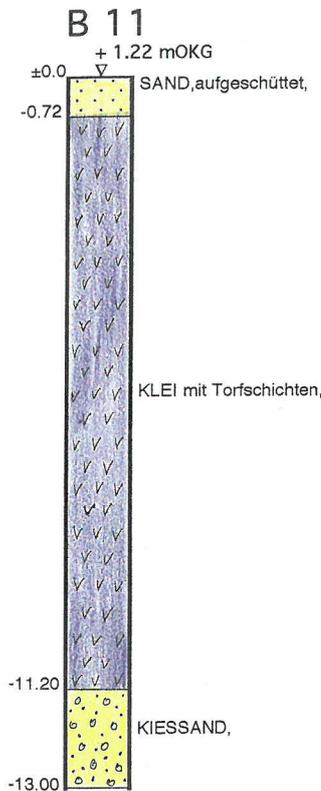


Bild 6. Bohrprofil der Erkundung B 11 vor dem Bau der Brücke
Abb.: ELH Ingenieure GmbH, Hannover

ursprüngliche Höhe der Straßenrampe und des umgebenden Bodens im Zustand des Neubaus der Brücke. Die Schadensursache ist der setzungsempfindliche Untergrund, der ein Absacken der Straßenrampen bedingt. Dieser Prozess wird durch das erneute Aufbringen von Asphalt, um die Setzungsunterschiede auszugleichen, durch die Erhöhung der Auflast beschleunigt.

2.2 Erkundungen vor der Erneuerung

Zur näheren Erkundung des Straßenaufbaus und der bis zum Klei-/Torf-Horizont unterlagernden Schichten wurden im April 2004 zur Vorbereitung der Injektionsarbeiten im Bereich der Rampen der Indiekkanalbrücke von der ELH Ingenieure GmbH, Hannover, zehn Kernbohrungen in Verbindung mit Kleinrammbohrungen bis in eine Tiefe von

$t = 3,00\text{m}$ bis $5,00\text{m}$ unter Fahrhahnoberkante niedergebracht. Zusätzlich steht noch das Ergebnis einer alten Erkundung aus der Zeit des Baus der Brücke zur Verfügung. Die Ergebnisse dieser Erkundungen sind in Bild 4 und Bild 5 zur Übersicht verkleinert wiedergegeben.

Aus den Profilen ist zu erkennen, dass unter den bis zu mehr als 80 cm dicken Asphaltschichten (in den Profilen dunkelgrau gekennzeichnet) ungebundene Tragschichten (gelb gekennzeichnet) anstehen, die in einer Tiefe von 0,60m bis 1,90m unter Gelände von aufgefülltem Sand (hellgrau gekennzeichnet) unterlagert werden. Darunter liegt, mit der Oberfläche auf etwa 1,70m bis 3,50m unter Fahrhahnoberkante in den Bohrungen B 1, B 2, B 3, B 5, B 6, B 8 und B 10 Klei (lila gekennzeichnet), und in den Bohrungen B 4, B 7 und B 9 Torf (braun gekennzeichnet). Der Klei und der Torf wurden bis zur Endtiefe dieser Aufschlüsse nicht durchörtert. Im Klei sind in unterschiedlichen Mächtigkeiten und Tiefen Torfstreifen eingelagert.

Nach der alten Bohrung (B 11) steht der Klei mit Torfschichten bis in eine Tiefe von 11,20m unter Gelände an und wird dort von Kies-Sand unterlagert.

3 Erneuerungskonzept für die Straßenrampen im Jahr 2004

Der Asphalt wies nach den Ergebnissen der Bohrungen Dicken von 50 cm bis 82 cm auf. Dieser Fahrbahnaufbau hatte aufgrund der großen Asphaltmengen ein relativ hohes Gewicht, das durch die ständige Praxis des Profilausgleichs mit Asphalt immer weiter steigen würde und damit zwangsläufig weiter zunehmende Setzungen im Untergrund hervorriefe. Bereits an anderer Stelle war nach Ideen von Dr.-Ing. Beyer versuchsweise mit Blähton als Bodenmaterial erfolgreich zum Aufbau einer Rampe gearbeitet worden. Setzungsmessungen zeigten gute Wirkung des Verfahrens, das allerdings als Erneuerungsverfahren den Nachteil hatte, dass zum Einbau des Blähtons der gesamte Straßenaufbau und -unterbau sowie ein Teil des Erdkörpers ausgebaut werden musste.

Die Überlegungen von Beyer führten im Zusammenhang mit der vielfach angewendeten Injektionstechnik der URETEK Deutschland GmbH dazu, das sehr leichte Expansionsharz zu verwenden, um den Straßenaufbau anzuheben. Der Gewichtsabbau sollte dann durch das Abfräsen des angehobenen Asphalts an der Oberfläche und ohne um-

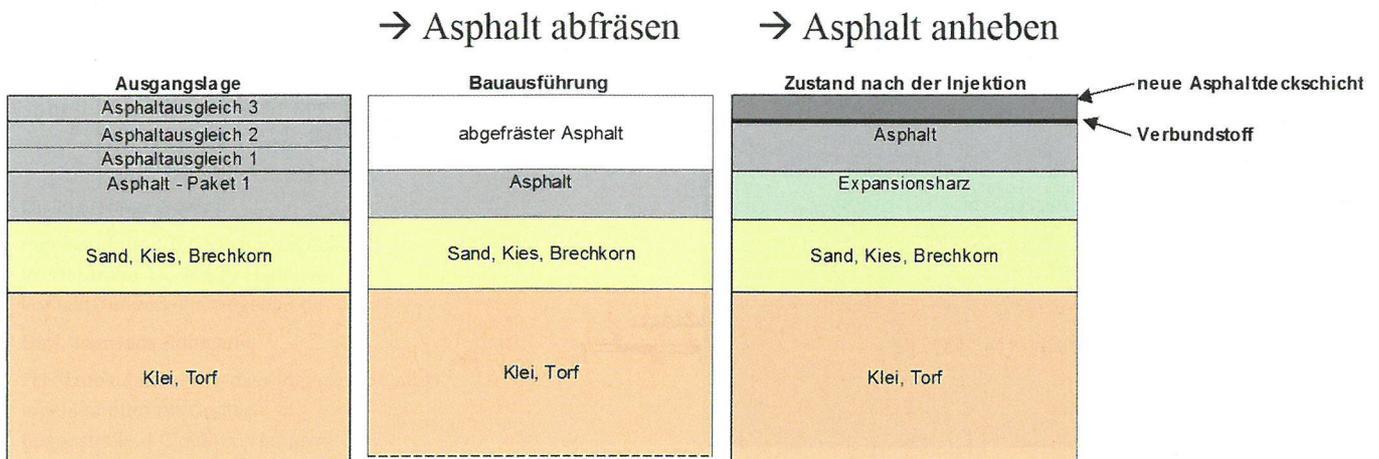


Bild 7. Prinzip des Erneuerungskonzeptes

Abb.: Dr.- Ing. Beyer, Hannover



Bild 8. Der Asphalt wurde durchbohrt, ein Kupferröhrchen in das Bohrloch gesteckt, die Injektionspistole auf das Kupferröhrchen gesetzt und injiziert. Den Grad der Hebung konnte man anhand eines Messwertgebers über eine lasergesteuerte Nivelliereinrichtung ablesen; Südrampe, Blickrichtung Sandstedt.
Abb.: Dr.-Ing. Beyer, Hannover



Bild 9. Das Expansionsharz tritt im Bereich der nicht mehr intakten Entwässerungseinrichtung aus. Im Hintergrund sieht man die Baustelleneinrichtung (Lkw) für die Injektion. Am linken, oberen Bildrand ist das Schneiden des Asphalts im Übergang zwischen Brücke und Straßenrampe zu sehen; Nordrampe, Blickrichtung Offenwarden.
Abb.: Dr.-Ing. Beyer, Hannover

fangreiche Erdarbeiten erfolgen. Dadurch wurden im Wesentlichen die „neuen“ Asphalt-schichten abgefräst und die ganz alten, zum Teil auf Teerbasis hergestellten, Asphalt-schichten verblieben als gebundener Aufbau und mussten nicht entsorgt werden.

Um die ursprüngliche, zum Befahren optimale Gradiente wieder zu erreichen, war zu berücksichtigen, dass bereichsweise ein zusätzlicher Asphaltauftrag erforderlich war.

Es wurde folgendes Erneuerungskonzept erarbeitet (Bild 7):

- Anheben der Fahrbahnrampen durch Injektionen des Zweikomponenten-Expansionsharzes auf ein Niveau, das ein Abfräsen von bis zu 55 cm Asphalt erlaubt. Die abgefrästen Flächen sollten nach dem Fräsen 4 cm unterhalb des zukünftigen Fahrbahn-niveaus liegen. Die Verringerung der Asphalt-dicke um insgesamt circa 51 cm entlastet den Untergrund um mehr als 700 kg/m²; dies entspricht einer Reduzierung des Gewichts des Gesamtaufbaus auf die Klei-/Torfschichten um mehr als 20 %. In den Bereichen mit großen Asphalt-dicken ist die Fahrbahn stärker zu heben, um

durch das Abfräsen eine stärkere Entlastung dieser Bereiche zu erzielen. Die Oberfläche der Fahrbahn im gehobenen Zustand kann ungleichmäßig sein, da die endgültige Gradienten durch das Fräsen bestimmt wird.

- Anspritzen der gefrästen Fahrbahn mit einer Bitumenemulsion U 70 K PmB, Verlegen eines Verbundstoffs (Vliesstoff mit Glasgitter) in die teilgebrochene Bitumenemulsion und Einbau einer 4 cm dicken Asphalt-deckschicht 0/11. Der Verbundstoff verhindert oder verzögert das Durchschlagen von Rissen an die Fahrbahn-oberfläche, gewährleistet die Abdichtung und verlängert dadurch die Lebensdauer der Straße.
- Es sollte nur so viel gehoben werden, dass nach dem Abfräsen des Asphalts ein mindestens 10 cm dickes Asphalt-paket als Widerlager für den Einbau und die Verdichtung der neuen Asphalt-deckschicht verbleibt. Unter dieser Voraussetzung wird auch die 1971 eingebaute erste Asphalt-tragschicht, die sicherlich beim Kontakt mit den Fräsköpfen auseinanderbrechen würde, nicht angetastet.



Bild 10 a und b. Gefräster Teil der Straßenrampe der Indiekkanalbrücke; im rechten Bild heben des Asphaltes mit Riss und mit Oberflächenwasser gefüllter quergefräste Fläche, um das Heben nur auf die Fräsfläche zu beziehen; Nordrampe, Blickrichtung Offenwarden.
Abb.: Dr.-Ing. Beyer, Hannover



Bild 11 a und b. Hebung des Asphalts im Bereich der Fuge zur Brücke (links, Nordrampe) und im Randbereich (rechts, Südrampe, Blickrichtung Sandstedt)
Abb.: Dr.-Ing. Beyer, Hannover

Das Expansionsharz ist umwelttechnisch bedenkenlos und beim Ausbau als Hausmüll zu behandeln. Es kann aber auch in geringem Umfang in ungebundenen Schichten wieder verwendet werden.

gleichen, Risse verschließen, anspritzen mit Bitumenemulsion und Verlegen der Asphalteinlage.

- Überbauen der Asphalteinlage mit einer Asphaltdeckschicht.

In den **Bildern 8 bis 16** sind in Form kommentierter Fotos einzelne Schritte des Bauablaufs dokumentiert.

4 Bauausführung der Erneuerung im Jahr 2004

- Schneiden und bereichsweise Fräsen des Asphalts im Übergang zwischen Brücke und Straßenrampe (in Querrichtung) und zwischen dem Asphalt und den Flügelwänden der Brücke sowie am Erneuerungsanfang und -ende.
- Injektion der Straßenrampen; aufgrund des hohen Gewichts wurden die vorhandenen Asphalt-schichten erst gefräst und konnten dann langsam gehoben werden.
- Fräsen des Asphalts und Injektion der Asphaltunterlage im Wechsel; tagsüber wurde injiziert und abends die Fläche gefräst. Die Oberfläche wurde nach dem Fräsen und parallel zum Injizieren nivelliert.
- Fräsen auf das endgültige Niveau, vier Zentimeter unterhalb der späteren Oberfläche entsprechend einer fahrdynamisch einwandfreien Fahrbahnoberfläche.
- Vorbereitung der Unterlagen, grobe Unebenheiten mit Asphalt aus-



Bild 12 a und b. Bis zu 30 Zentimeter gehobener gefräster Asphalt im Bereich der Stahlschiene zwischen Brücke und Straßenrampe (Südrampe, Blickrichtung Westen)
Abb.: Dr.-Ing. Beyer, Hannover



Bild 13 a und b. Verlegen der Asphalteinlage, Südrampe
Abb.: Dr.-Ing. Beyer, Hannover

		Tätigkeit									
Tag	Datum	Rampe Sandstedt			Harz Verbrauch		Rampe Offenwarden			Harz Verbrauch	
		Nivellement	Probeinj.	Fräsen	Pumpe neu	Pumpe alt	Nivellement	Injektion	Fräsen	Pumpe neu	Pumpe alt
Fr.	15.10.	Nivellement	Probeinj.					Nivellement	Injektion		
Sa.	16.10.	Nivellement		Fräsen				Nivellement	Injektion	1458	
So.	17.10.	Nivellement	Injektion		794						
Mo.	18.10.	Nivellement	Injektion		1665			Nivellement			Fräsen
Di.	19.10.	Nivellement	Injektion	Fräsen	960	257			Injektion	1920	515
Mi.	20.10.	Nivellement	Injektion		566	386		Nivellement	Injektion	566	386
Do.	21.10.			Fräsen							Fräsen
Fr.	22.10.	Nivellement		Asphalt							Asphalt

Verbrauch Rampe Sandstedt	4628	Gesamtverbrauch	9473	100%	4845	Verbrauch Rampe Offenwarden
Verbrauch 15.-18.10.2004	2459	Verbrauch 15.-18.10.2004	3917	41%	1458	Verbrauch 15.-18.10.2004
Verbrauch 19.-20.10.2004 (2 Pumpen)	2169	Verbrauch 19.-20.10.2004 (2 Pumpen)	5556	59%	3387	Verbrauch 19.-20.10.2004 (2 Pumpen)

-0,217	m Hebung i. M.
100	m ² Fläche
21,7	m ³ Volumen
4628	kg Harz

ca. 500 kg/m² Entlastung

-0,132	m Hebung i. M.
100	m ² Fläche
13,2	m ³ Volumen
4845	kg Harz

ca. 320 kg/m² Entlastung

Bild 14. Übersicht der Aktivitäten und Ergebnisse der Baumaßnahme

Abb.: Dr.- Ing. Beyer, Hannover

5 Ergebnisse der Nachuntersuchungen im Jahr 2014

5.1 Zustand der Rampen zehn Jahre nach der Erneuerung

Die Brücke und die Rampen sind im Jahr 2014 mit einer Oberflächenbehandlung (OB) versehen worden, sodass der vorhandene Oberflächenzustand der Fahrbahn visuell nicht eindeutig beurteilt werden kann. Die durchgeführten Beobachtungen von Beyer bei Ortsbesichtigungen in den vergangenen Jahren belegen, dass die Fahrbahnoberfläche keine Schäden aufwies.

Am nördlichen Übergang der Fahrbahn zur Brücke gibt es aktuell keinen Höhenunterschied. Am südlichen Anschluss

der Rampe an die Brücke gibt es zurzeit einen „Absatz“ von 1 cm.

Am 4. und 5. September 2014 wurden von der ELH Ingenieure GmbH zwölf Kernbohrungen – zum Teil in Verbindung mit Kleinrammbohrungen bis in eine maximale Tiefe von 3,00m – auf der Fläche der beiden Rampen Richtung Sandstedt (Nord) und Richtung Offenwarden (Süd) durchgeführt, um die Verteilung und den Zustand des Harzes zu überprüfen und die erforderlichen Proben zu entnehmen. In **Bild 18**, **Bild 19** und **Bild 20** sind die Bohrprofildarstellungen zusammen mit den Lageplänen verkleinert dargestellt.

Aus den Profilen ist zu erkennen, dass die Asphalt-schichten

(in den Profilen schwarz und dunkelgrau gekennzeichnet) Dicken von unter 22 cm bis 76 cm aufweisen. In und unterhalb der Asphalt-schichten ebenso wie in den „Schottertrag-schichten“ (gelb gekennzeichnet) und im Füllsand (grau-gelb gekennzeichnet) wurden Expansionsharz-schichten (rot gekennzeichnet) in unterschiedlichen Dicken mit und ohne Beimengungen angetroffen. Ab einer Tiefe von 1,90m und 2,50m steht Klei (lila gekennzeichnet) und Torf (braun gekennzeichnet) an. Nicht in jedem Fall sind ausgeprägte Harz-schichten festzustellen. Zu großen Teilen ist das Harz diffus im Boden verteilt. In den Bohrungen wurde der Harzgehalt mit roten Strichen in den entsprechenden Schichten gekennzeichnet.

Die Kernbohrungen wurden durch den Asphalt und, soweit möglich, in das Harz gebohrt. An den **Bildern 21**

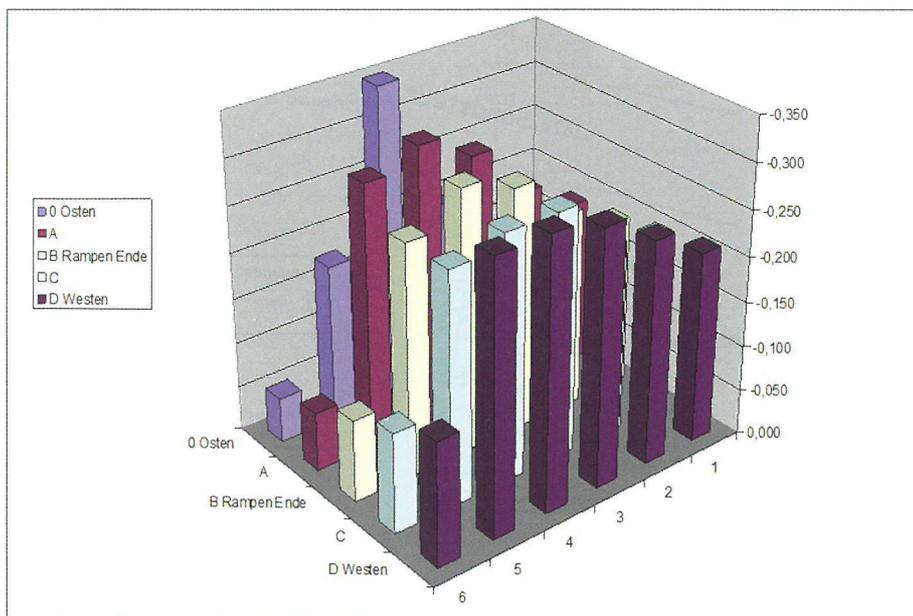


Bild 15. Hebung in cm der Straßenrampe der Indiekkanalbrücke der Nordrampe Richtung Sandstedt

Abb.: Dr.-Ing. Beyer, Hannover



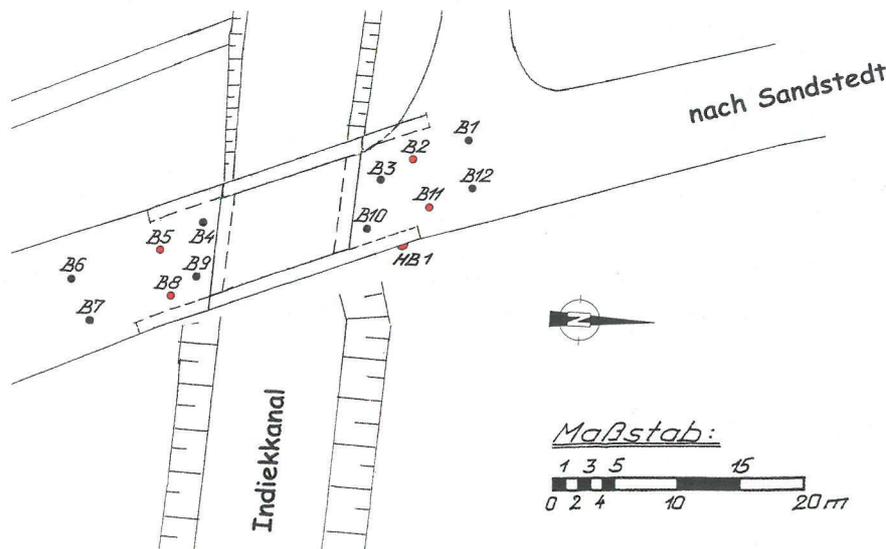
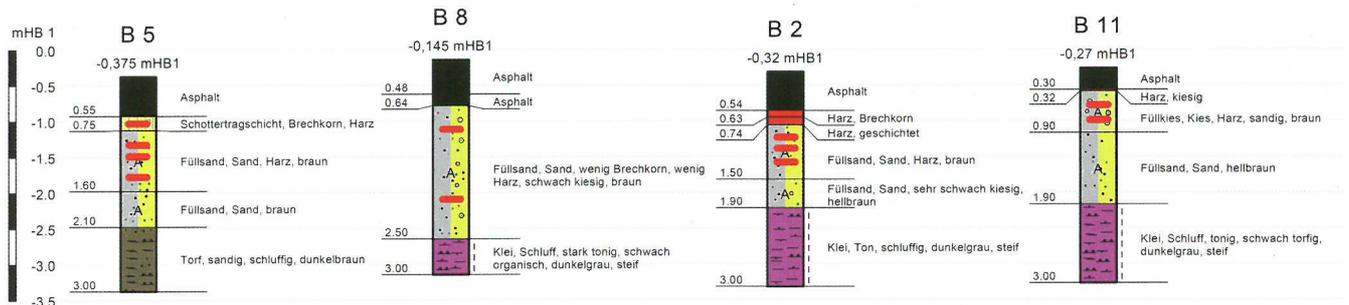
Bild 16. Blick in Richtung Offenwarden der erneuerten Nordrampe
Abb.: Dr.-Ing. Beyer, Hannover



Bild 17. Südliche Rampe mit 1 cm Absatz zum Brückenbauwerk zehn Jahre nach der Erneuerung (Situation am 4. September 2014, Blickrichtung Westen)
Abb.: ELH Ingenieure GmbH, Hannover

bis 25 sind beispielhaft die verschiedenen Formen, wie das Harz angetroffen wurde, dargestellt. In der idealen Form, als praktisch fremdbestandteilfreier Körper, konnten nur wenige Kerne entnommen werden.

Zum Teil ergeben die Dicken der erbohrten Harzschichten durchaus in ihrer Summe ein der Hebung entsprechendes Maß. Zum Teil sind aber solche Harzschichten in den Bohrungen nicht zu finden. Es kam dort zu Durchmischungen



Legende
| steif

Maßstab:
0 2 4 10 20 m

Ausführung der Erkundungen:
ELH Ingenieure Hannover 04. + 05.09.2014

ELH ERDBAULABOR HANNOVER
INGENIEURE GMBH mail@elh-ingenieure.de
Bogenstraße 4 C 30165 Hannover Tel.: 0511-350 90 04 Fax: -34

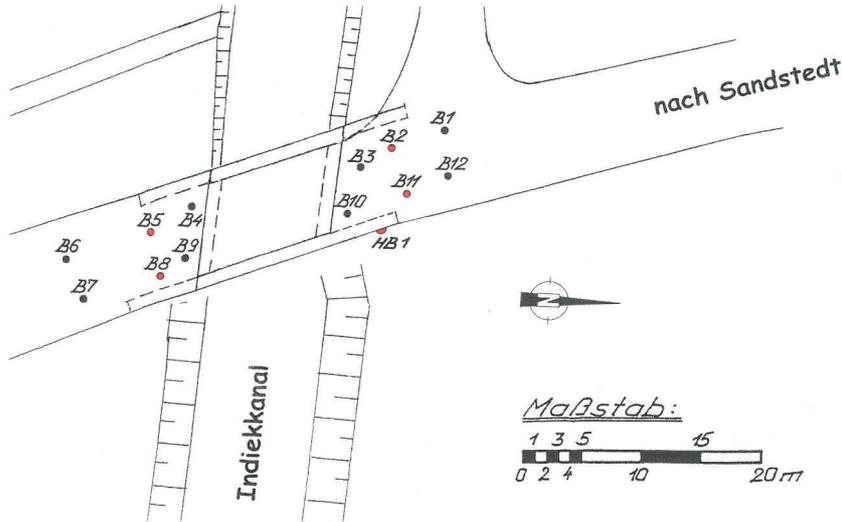
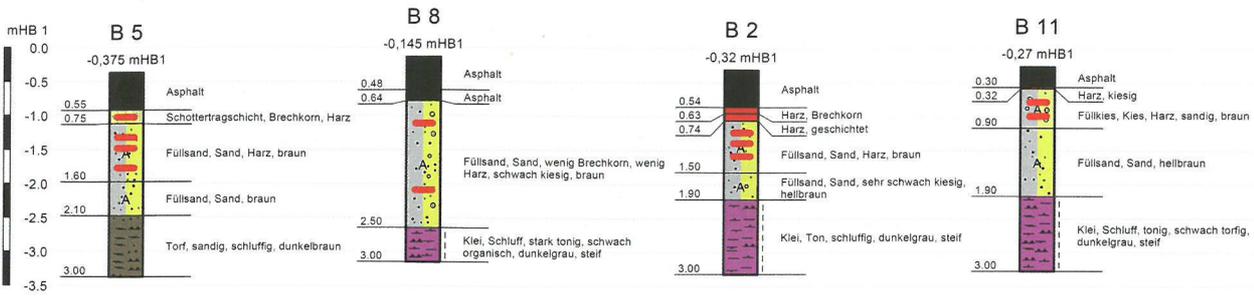
Sandstedt, K 50
Indiekkanalbrücke

Baugrunderkundungen

Bohrprofile und Lageplan | lei 10/2014 | Anl. 1.1

Bild 18. Bohrprofile des Rampenaufbaus mit Baugrund sowie Lageplan der Ansatzpunkte

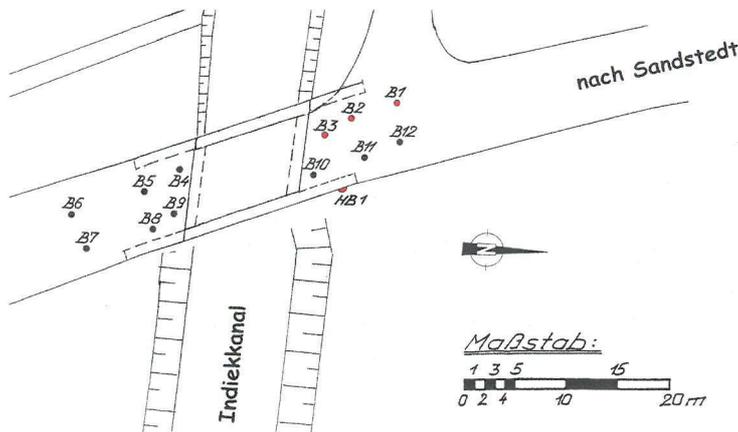
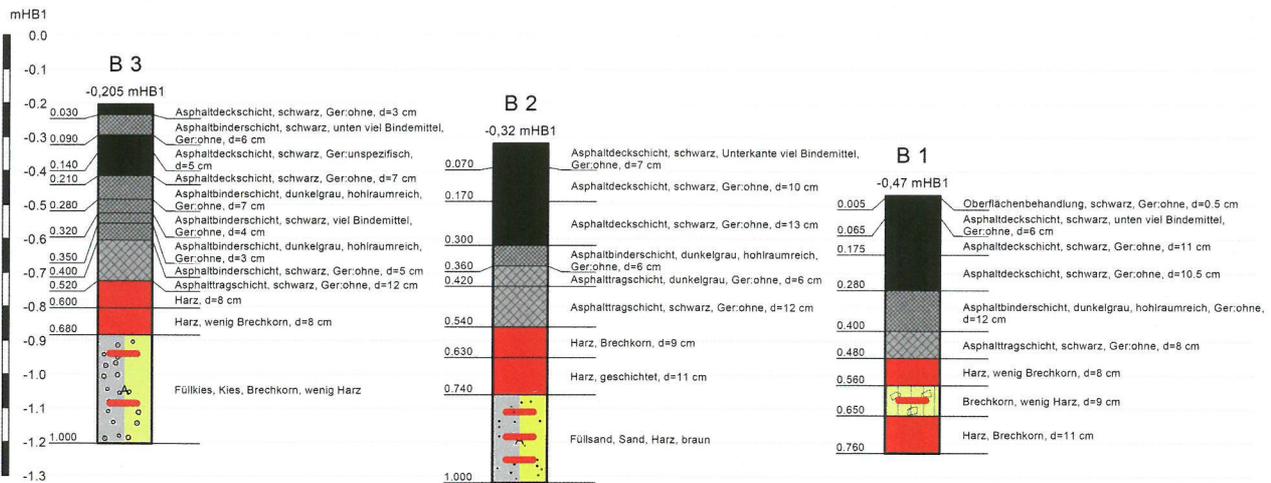
Abb.: ELH Ingenieure GmbH, Hannover



Legende
 | steif

Ausführung der Erkundungen:
 ELH Ingenieure Hannover 04. + 05.09.2014

ELH ERDBAULABOR HANNOVER INGENIEURE GMBH <small>mail@elh-ingenieure.de</small> Bogenstraße 4 C 30165 Hannover Tel.: 0511-350 90 04 Fax: -34	
Sandstedt, K 50 Indiekkanalbrücke	
Baugrunderkundungen	
Bohrprofile und Lageplan	ei 10/2014 Anl. 1.1

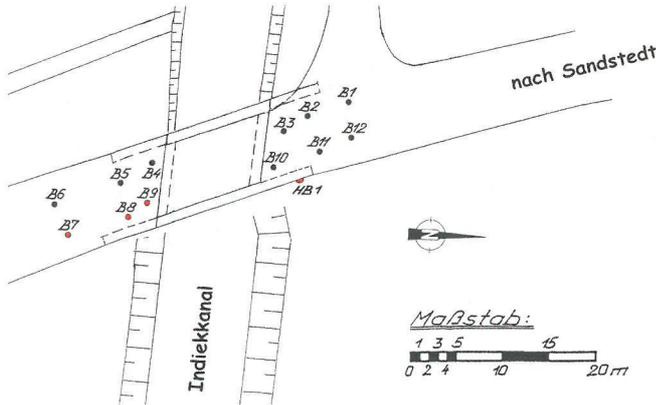
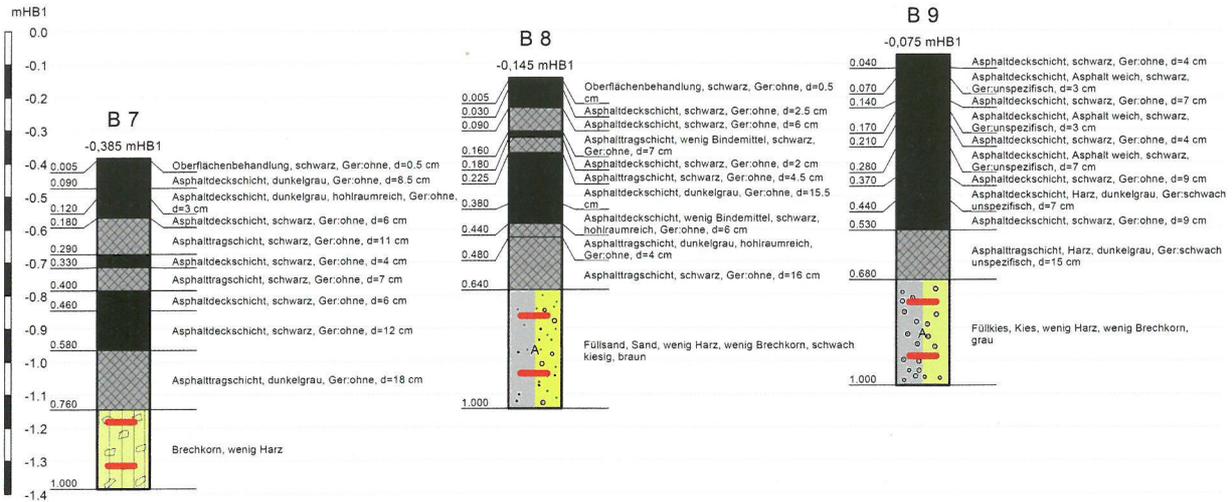


Ausführung der Erkundungen:
 ELH Ingenieure Hannover 04. + 05.09.2014

ELH ERDBAULABOR HANNOVER INGENIEURE GMBH <small>mail@elh-ingenieure.de</small> Bogenstraße 4 C 30165 Hannover Tel.: 0511-350 90 04 Fax: -34	
Sandstedt, K 50 Indiekkanalbrücke	
Baugrunderkundungen	
Bohrprofile und Lageplan	ei 10/2014 Anl. 1.3

Bild 19. Bohrprofile des Straßenaufbaus mit Lageplan der Ansatzpunkte

Abb.: ELH Ingenieure GmbH, Hannover



Ausführung der Erkundungen:

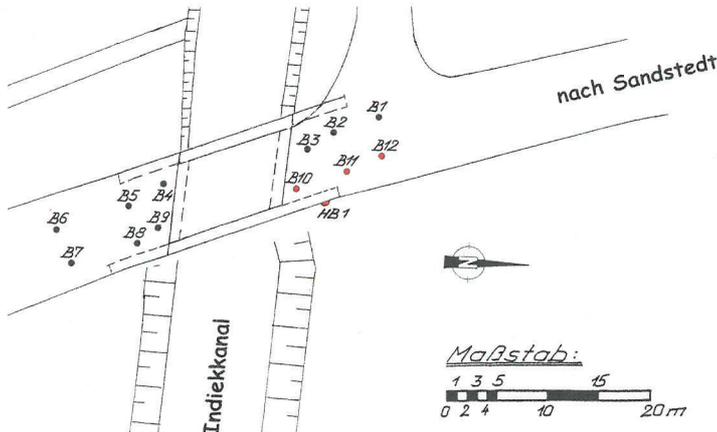
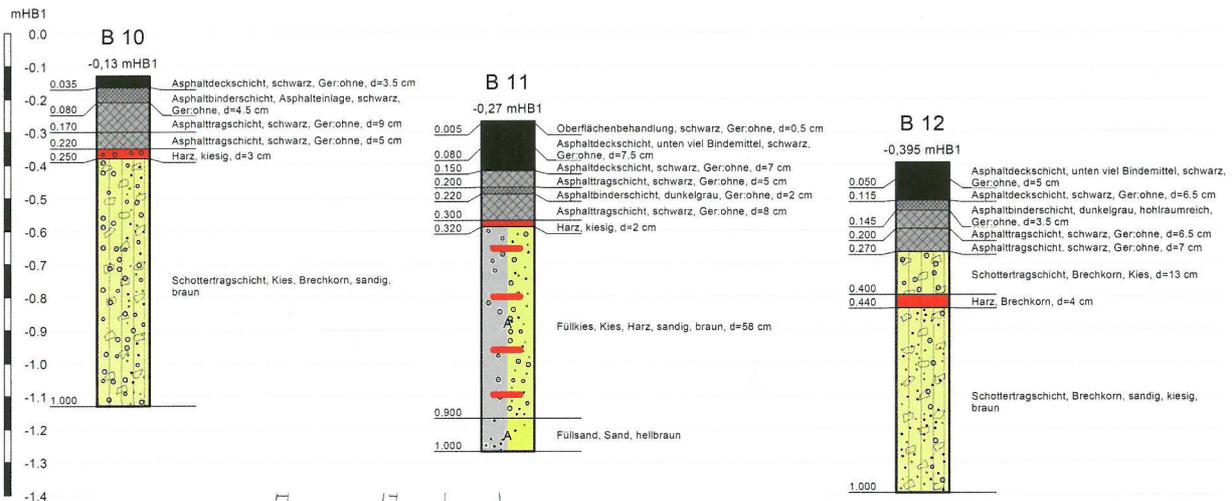
ELH Ingenieure Hannover 04. + 05.09.2014

ELH ERDBAULABOR HANNOVER
 INGENIEURE GMBH
 Bogenstraße 4 C 30165 Hannover Tel.: 0511-350 90 04 Fax: -34

Sandstedt, K 50
 Indiekkanalbrücke

Baugrunderkundungen

Bohrprofile und Lageplan | 10/2014 | Anl. 1.4



Ausführung der Erkundungen:

ELH Ingenieure Hannover 04. + 05.09.2014

ELH ERDBAULABOR HANNOVER
 INGENIEURE GMBH
 Bogenstraße 4 C 30165 Hannover Tel.: 0511-350 90 04 Fax: -34

Sandstedt, K 50
 Indiekkanalbrücke

Baugrunderkundungen

Bohrprofile und Lageplan | 10/2014 | Anl. 1.5

Bild 20. Bohrprofile des Straßenaufbaus mit Lageplan der Ansatzpunkte

Abb.: ELH Ingenieure GmbH, Hannover



Bild 21. Bohrung B 2 – Harz in der ungebundenen Tragschicht und darunter praktisch ohne Fremdbestandteile
Abb.: ELH Ingenieure GmbH, Hannover



Bild 22. Bohrung B 9 – Harz in den Asphalt-schichten
Abb.: ELH Ingenieure GmbH, Hannover

das mit Tragschicht, Füllboden und Asphalt durchmischte Gebilde, sind häufig auch in einem Bohrkern enthalten.

5.2 Dichtebestimmungen im Labor 2014

Die „durchmischten Proben“ bestehen aus relativ dünnen Harzlamellen innerhalb des Bodens, die für Raumgewichtsbestimmungen (Dichte) nicht geeignet sind. Da nur wenige Kerne mit Harz ohne Fremdbestandteile entnommen werden konnten, standen nicht aus jeder Bohrung Kerne und Probekörper für die Dichtebestimmung zur Verfügung. Im Einzelnen konnten die in Tabelle 1 dargestellten Proben untersucht werden.

Es ergaben sich für die „Mischproben“ (Expansionsharz + Sand oder Brechkorn) Trockendichten zwischen $0,986 \text{ g/cm}^3$ bis $1,408 \text{ g/cm}^3$.

Die Bestimmungen der Trockendichte der Harzproben mit wenig oder ohne erkennbare Fremdbestandteile ergaben Werte von $0,112 \text{ g/cm}^3$

(112 kg/m^3) bis $0,356 \text{ g/cm}^3$ (356 kg/m^3).

mit dem anstehenden Sand, die einwandfreie Trennungen von Sand und Harz vermissen lassen.

In der Regel war das Harz in dünneren Schichten im Straßenaufbau enthalten und teilweise nur mit der Kleinrammsonde zu gewinnen. Dabei ist an den Proben häufig eine Durchmischung mit den Tragschichten und dem umgebenden Füllboden zu beobachten.

Die verschiedenen Arten von Expansionsharzkörpern, den reinen Körper aus Expansionsharz in mehreren Lagen und

6 Zusammenfassung und Fazit

Im Rampenbereich der 1971 auf Spundbohlen gegründeten Brücke der Kreisstraße 50 über den Indiekkanal waren Absenkungen der Fahrbahn aufgetreten. Ursache der Absenkungen war die große Kompressibilität der im Untergrund anstehenden organischen Böden.

Ziel des Erneuerungskonzepts, das im Herbst 2004 realisiert wurde, war eine Auflastverminderung, um die Geschwindigkeit der Setzungen erheblich zu verringern, im optimalen Fall zu stoppen. Es zeigte sich, dass in den seither vergangenen zehn Jahren eine Höhenkorrektur der



Bild 23. Bohrung B 6 – Harz praktisch ohne Fremdbestandteile zwischen den Asphalt-schichten
Abb.: ELH Ingenieure GmbH, Hannover



Bild 24. Bohrung B 9 – Harz in den Asphalt-schichten
Abb.: ELH Ingenieure GmbH, Hannover



Bild 25. Bohrung B 3 – Harz unterhalb des Asphalts mit Sand- und Brechkornanteil
Abb.: ELH Ingenieure GmbH, Hannover

Tabelle 1. Untersuchte Proben

Probennummer	1	2	3	4	5	6 A	6 B*	6 C**	7	8	9
Probenbezeichnung	B 2	B 2	B 3	B 4	B 5	B 6	B 6	B 6	B 10	B 11	B 12
Probennahmetiefe [m]	0,54 - 0,63	0,63 - 0,74	0,60 - 0,68	0,66 - 0,80	0,55 - 0,75	0,30 - 0,33	0,30 - 0,33	0,30 - 0,33	0,22 - 0,25	0,30 - 0,32	0,40 - 0,44

* Probe zur Tauchwägung umwickelt mit Alufolie

** Probe zur Tauchwägung umwickelt mit Frischhaltefolie

Rampen nicht erforderlich war. Am nördlichen Übergang zwischen Brücke und Rampe ergaben sich keine Höhendifferenzen und am südlichen Übergang nur ein Zentimeter nach zehn Jahren.

Die entnommenen Proben zeigen, dass dort, wo sich dicke Harzschichten ausbilden konnten, das Harz ohne Verlust an Festigkeit vorhanden ist und auch durch Kernbohrungen Proben entnommen werden konnten. Bedingt durch die Einbringung des Harzes mit relativ geringen Mengen je Zeiteinheit bildeten sich nicht immer kompakte, reine Harzschichten beim Heben. Insbesondere in nicht-bindigen Bodenschichten bildeten sich auch dünne horizontale Lamellen, die sich im Randbereich mit dem aufgebracht Füllsand oder Brechkornmaterial des Straßenaufbaus vermischten. Diese Tatsache hat aber augenscheinlich keinen negativen Einfluss auf die Wirksamkeit des Verfahrens. Außerdem zeigte sich, dass das Harz auch in die vorhandenen Hohlräume im Asphalt eingedrungen ist und die Schichten verklebte.

Für reine Harzproben sowie Harzproben mit nicht feststellbarem Sandgehalt waren Raumgewichte von $0,112 \text{ g/cm}^3$ (112 kg/m^3) bis $0,356 \text{ g/cm}^3$ (356 kg/m^3) festzustellen.

Nach den Feststellungen vor Ort ist das Verfahren der Injektion von Expansionsharz und der damit verbundenen Gewichtsminderung durch Anheben mit dem Harz und Abfräsen des schweren Asphalts bis zur gewünschten Gra-

diente in Verbindung mit dem Einbau einer Asphalteinlage und der neuen Asphaltdeckschicht eine gut geeignete Methode, um Fahrbahnrampen in ähnlichen Situationen – mit großen Setzungsdifferenzen relativ zum Brückenbauwerk – nachhaltig zu erneuern.

Die hier durchgeführte Erneuerung kann hinsichtlich der beabsichtigten Wirkung als „Setzungsbremse“ für Fahrbahnrampen von Brücken auf „Weichböden“ – wenig tragfähigen, setzungsempfindlichen Böden – als voller Erfolg gewertet werden.

Literatur

Umwelttechnisch relevante Untersuchungsergebnisse des Expansionsharzes:

- Untersuchung des Elutionsverhaltens eines Injektionsharzes auf Polyurethanbasis; MFPA Leipzig (Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle für Baustoffe, Bauprodukte und Bausysteme); Prüfbericht Nr. PB 5.1–15–015
- Auswirkungen des Produkts URETEK Resin 2409/Hardener 10 auf Boden und Grundwasser (2014); Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Berlin
- Untersuchungen von Zweikomponenten-PU-Systemen aus umwelttechnischer Sicht (2011); HuK-Umweltlabor, Wenden

ELH Erdbaulabor Hannover Ingenieure GmbH: Vor- und Nachuntersuchungen, Baudurchführung Indiekkanalbrücke (nicht veröffentlicht)

Impressum

Bauingenieur

ISSN 0005-6650
91. Jahrgang 2016

Herausgeber

Prof. Dr.-Ing. Josef Hegger (Sprecher)

Lehrstuhl und Institut für Massivbau, RWTH Aachen
Mies-van-der-Rohe-Straße 1
52074 Aachen
Tel. 02 41 / 80 25 170
Fax 02 41 / 80 22 335
jhegger@imb.rwth-aachen.de

Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Dietmar Adam

Institut für Geotechnik, TU Wien
Karlsplatz 13/220-2, 1040 Wien, Österreich
Tel. 00 43 1 58801 / 22100
Mobil 00 43 664 2033381
Fax 00 43 1 58801 / 22199
dietmar.adam@tuwien.ac.at

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Kfm. Shervin Haghsheeno

Institut für Technologie und Management
im Baubetrieb
Karlsruher Institut für Technologie
Geb. 50.31, Am Fasanengarten, 76131 Karlsruhe
Tel. 07 21 608 42646
Fax 07 21 695 245
shervin.haghsheeno@kit.edu

Prof. Dr.-Ing. habil. Hartmut Pasternak

Brandenburgische Universität (BTU)
Lehrstuhl für Stahl- und Holzbau
Postfach 10 13 44, 03013 Cottbus
Tel. 03 55 / 69 21 07
Fax 03 55 / 69 21 44
hartmut.pasternak@b-tu.de

Prof. Dr.-Ing. Peter Wriggers

Institut für Kontinuumsmechanik
Leibniz Universität Hannover
Appelstr. 11, 30167 Hannover
Tel. 05 11 / 7 62-32 20
wriggers@ikm.uni-hannover.de

Alle Hauptaufsätze sind durch die Herausgeber begutachtet und rezensiert.

Korrespondierende Herausgeber

Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. J.-D. Wörner
Technische Universität Darmstadt

Prof. Dr. techn. Dr.-Ing. e. h. M. Wicke
Universität Innsbruck

Prof. Dr.-Ing. J. C. Walraven
Delft University of Technology

Dr.-Ing. D. Bühler
Deutsches Museum München

verantwortlich für

Hauptaufsätze:
Prof. Dr.-Ing. Josef Hegger

Produkte & Projekte:

Heike Wöbel, Redaktion
Springer-VDI-Verlag GmbH & Co. KG
VDI-Platz 1, 40468 Düsseldorf
Tel. 02 11 / 61 03-484
Fax 02 11 / 61 03-148
wessel@springer-vdi-verlag.de

Béangère Witt, Redaktionssekretariat
Tel. 02 11 / 61 03-171
witt@springer-vdi-verlag.de

Der Bauingenieur ist
offizielle Organzeitschrift des
VDI-Fachbereichs Bautechnik.

Hinweise für Autoren und Veröffentlichungsgrundlagen finden Sie im Internet unter
www.bauingenieur.de
(Auswahl: Hinweise für Autoren).

Verlag

Springer-VDI-Verlag GmbH & Co. KG
VDI-Platz 1, 40468 Düsseldorf
Postfach 10 10 22, 40001 Düsseldorf
Commerzbank AG, BLZ 300 800 00,
Kontonummer: 02 121 724 00
SWIFT/BIC-Code: DRES DE FF 300,
IBAN: DE69 3008 0000 0212 1724 00

Geschäftsführung

Christian W. Scheyko

Layout

Alexander Reiß

Druck

KLIEMO printing, Hütte 53, 4700 Eupen, Belgien

Copyright

Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt.

Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen. Für unverlangt eingesandte Manuskripte kann keine Gewähr übernommen werden.

Vertrieb und Leserservice

Tel. 02 11 / 61 03-140
Fax 02 11 / 61 03-414
vertrieb@springer-vdi-verlag.de

Vertriebsleitung

Christian W. Scheyko

Bezugspreis

11 Ausgaben (davon 7/8 als Doppelheft)
Jahresabonnement: € 395,-
VDI-Mitglieder: € 355,50
VDI-Bau-Mitglieder: € 197,50

Studenten: € 99,- (gegen Studienbescheinigung)
Preise Inland inkl. MwSt., Ausland exkl. MwSt.
zzgl. Versandkosten (Inland: € 14,-,
Ausland: € 34,-, Luftpost auf Anfrage)
Einzelheft: € 43,- inkl. MwSt. zzgl.
Versandkosten

Der Bezugszeitraum beträgt mindestens ein Jahr. Das Abonnement verlängert sich um ein weiteres Jahr, wenn es nicht 6 Wochen vor Ablauf des berechneten Bezugszeitraumes schriftlich gekündigt wird.



Anzeigenleitung

Christian W. Scheyko
Tel. 0211 / 6103-222
Fax 0211 / 6103-113
scheyko@springer-vdi-verlag.de

Anzeigenverkauf

Verlagsbüro Sven Pachinger
Tel. 0521 / 977 998-80
Fax 0521 / 977 998-90
E-Mail: sven.pachinger@verlagsbuero-pachinger.de

Es gilt der Anzeigentarif Nr. 50 vom 1. Januar 2016.

Auslandsvertretungen

Osterreich
Publicitas GmbH
Leondingerstraße 27, 4020 Linz, Österreich
Tel. 00 43 / 7 32 / 66 88 76
Fax 00 43 / 7 32 / 61 27 83

Weitere Informationen unter
www.bauingenieur.de