

Bauunfall an der A 643 Anschlussstelle Mainz-Mombach (Rheinbrücke Schierstein)

Ltd. Baudirektor Dipl.-Ing. Bernd Winkler
Dr.-Ing. Bettina Wittke-Schmitt

Zusammenfassung

Im Zusammenhang mit der Erneuerung der Schiersteiner Rheinbrücke wird die A 643 von 4 auf 6 Fahrstreifen ausgebaut. Bedingt durch die Erneuerung und den Ausbau der Rheinbrücke muss auch die Anschlussstelle Mainz-Mombach umgebaut werden. Im Zuge dessen wird die bestehende Vorlandbrücke für die weitere Nutzung mit Hilfe von Stahlstützen ertüchtigt, die auf GEWI-Pfählen tief gegründet werden.

Mit dem Bau wurde im Frühjahr 2014 begonnen. Im Februar 2015 kam es zu einem Versagen des Auflagers einer der flach gegründeten Bestandsstützen. Dabei senkte sich die Brückenkonstruktion im Bereich des Lagers um etwa 30 cm, und es traten erhebliche Schäden an der Brücke auf. Die Rheinbrücke Schierstein musste in der Folge zunächst vollständig gesperrt werden. Nach Sofortmaßnahmen war ab April 2015 eine begrenzte Freigabe für Fahrzeuge bis 3,5 to möglich. Nach einer temporären Sanierung konnte der Verkehr im November 2015 wieder vollständig freigegeben werden.

Es wurden umfangreiche Untersuchungen zur Schadensursache angestellt. Im Rahmen eines Gutachtens wurde eine Hypothese für die Ursache des Schadens erarbeitet, die alle Beobachtungen und Erkundungsergebnisse berücksichtigt und diese widerspruchsfrei und schlüssig zu einem Bild zusammenfügt. Sie führt zu der Feststellung, dass durch die Herstellung der GEWI-Pfähle Auflockerungen im Baugrund entstanden sind, die zu Sackungen unterhalb des Fundaments der Achse 33 Ost geführt haben und infolgedessen zur Schiefstellung von Fundament und Stütze, die wiederum zu dem beobachteten Lager- und Brückenschaden geführt hat. Dieses Gutachten bildete die Grundlage für die Entscheidungen zur weiteren Vorgehensweise und für die endgültige Planung der Sanierung.

1. Bauwerk

Die 1962 gebaute Rheinbrücke Schierstein ist in einem schlechten Zustand und muss deshalb erneuert werden. Der neue Querschnitt soll auf den künftigen Verkehr ausgelegt werden. Deshalb wurde beschlossen, die Rheinbrücke und die angrenzende Autobahn zu erneuern und von heute 4 auf 6 Fahrstreifen auszubauen. Um diese Maßnahme unter Verkehr bauen zu können, muss die neue Brücke aus zwei Teilbauwerken, also zwei Überbauten, bestehen. Zurzeit wird auf der unterstromigen Seite der Rheinbrücke eine neue dreistreifige Brücke gebaut. Nach deren Fertigstellung wird der Verkehr in einer 4+0 Führung auf diese neue Brücke gelegt. Erst dann kann die alte Brücke abgebrochen und an deren Stelle die zweite Brücke, ebenfalls dreistreifig, errichtet werden.

Der künftige sechsstreifige Verkehr der neuen Brücke muss auf rheinland-pfälzer Rheinseite auf die bestehende vierstreifige A 643 geführt werden, denn aufgrund von notwendigen Eingriffen in dort vorhandene Naturschutzgebiete liegt noch kein Baurecht für den sechsstreifigen Ausbau der A 643 in Rheinland-Pfalz vor. Diese Zusammenführung von 6 auf 4 Fahrstreifen geschieht in der Anschlussstelle Mainz-Mombach durch Herstellung eines Erweiterungsbauwerkes neben dem Herzstück-Bauwerk der Anschlussstelle. Der Verkehr soll nach der Fertigstellung der unterstromigen Rheinbrücke über das Erweiterungsbauwerk auf das bestehende Herzstück geführt werden. Um die nicht planmäßige seitliche Verkehrsbelastung auf dem Herzstück aufnehmen zu können, musste das Herzstück mit zusätzlichen Stahlstützen unterstützt werden. Diese Stahlstützen sind auf GEWI-Pfählen gegründet.



Bild 1: Blick auf die AS Mainz-Mombach und die Schiersteiner Rheinbrücke mit den einskizzierten Baumaßnahmen

2. Schadensereignis und Sofortmaßnahmen

Diese Arbeiten zur Erstellung des Erweiterungsbauwerkes und zur Errichtung der Stahlstützen wurden ausgeführt, als am 10. Februar 2016 gegen 22:00 Uhr ein Stelzenlager von dem Pfeiler Achse 33 Ost des Herzstücks herausprang und der Überbau über der Stütze sich um 30 cm absenkte. Nach der sofortigen vollständigen Verkehrssperrung der A 643 wurde zunächst der Überbau in seiner Lage gesichert. Dazu wurden die betroffenen Lager mit Hölzern bzw. Blechen unterstapelt. Dann wurden die Schäden aufgenommen. Es zeigten sich folgende Sachverhalte:

- Der Überbau hatte sich in der betroffenen Pfeilerachse Achse 33 verdreht. Eine Außenseite war um 42 cm abgesenkt, die gegenüberliegende Seite um 12 cm angehoben worden.
- Der Überbau war aufgrund der Torsionsbelastung umlaufend schräg gerissen. Die maximale Rissbreite betrug ca. 3 cm.
- Der Überbau über einem Lager am Endquerträger war abgehoben. Der Endquerträger war durchgehend gerissen.
- Das noch vorhandene Lager in der betroffenen Stützenachse (Achse 33 West) war extrem einseitig belastet.
- Die Stütze Achse 33 Ost des herausgefallenen Lagers hatte sich am Stützenkopf um ca. 21 cm schiefgestellt und war stark gerissen.



Bilder 2 und 3: Havariierter Überbau

3. Sanierung

3.1 Zur Freigabe des Pkw-Verkehrs

Vordringlichste Aufgabe war die schnelle Verkehrsfreigabe des havarierten Herzstücks, zunächst für den Pkw-Verkehr und dann für den Lkw-Verkehr. Ein schneller Ersatz des Bauwerks schied aus, da hierfür der Verkehr zu lange gesperrt hätte werden müssen. Deshalb wurde der gerissene Überbau wieder angehoben und befahrbar gemacht.

Für die Anhebung des Überbaus wurden 10 Hilfsstützen aus Stahlbeton hergestellt, die auf bestehenden und neuen GEWI-Pfählen gegründet wurden. Die Anhebung fand am 2. April 2015 mittels hydraulischer Pressen statt. Alle Bewegungen von Überbau, Pfeiler und Fundamenten wurden dabei aufwendig messtechnisch kontrolliert. Es zeigte sich, dass die Risse sich beim Anheben nicht vollständig schließen ließen. Dies ist dadurch erklärbar, dass die Rissufer sich gegeneinander leicht verschoben haben und dass kleine Betonbröckchen in den Risspalt gefallen waren. Anschließend wurden alle größeren Risse mit Epoxidharz verschlossen.

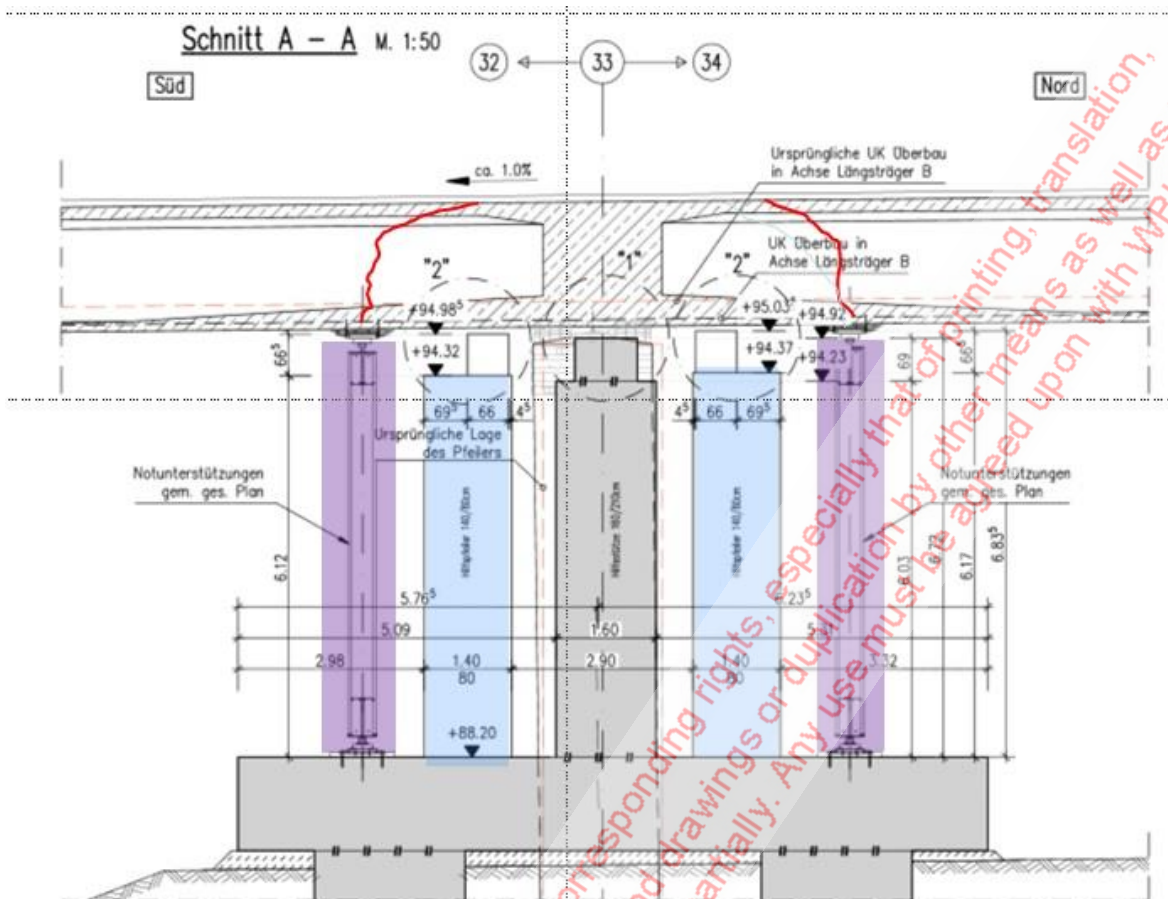


Bild 4: Hilfspfeiler für das Anheben des Überbaus



Bild 5: Probekonstruktion

Da keinerlei Aufschlüsse über die Schädigung im Innern des Querschnittes vorlagen, war ein rechnerischer Nachweis der Standsicherheit nicht möglich. Aus diesem Grund wurde die Standsicherheit des Überbaus durch eine Probebelastung nachgewiesen. Vier beladene Lkw (2 x 16 t und 2 x 21,6 t) befuhren den Überbau und erzeugten dadurch ein Moment, das dem entspricht, welches durch den mit einem Sicherheitsbeiwert versehenen Pkw-Verkehr hervorgerufen wird (Vollstau mit 3,5 t schweren Pkw). Während der Probebelastung wurden alle relevanten Überbau-, Riss-, Pfeiler- und Fundamentbewegungen messtechnisch überwacht. Es zeigte sich, dass sich die großen Risse durch die Probebelastung nicht geöffnet hatten. Der Pkw-Verkehr konnte am 12. April 2015 freigegeben werden.

3.2 Zur Freigabe des Lkw-Verkehrs

Für eine Lkw-Freigabe schied eine erneute, verschärfte Probebelastung aus, da zu befürchten war, dass der Überbau dabei zu Bruch geht. Deshalb wurde der Überbau durch 80 Stahlstützen HE-M 340 mit Stützenreihen in einem Abstand von 4 m unterbaut. Die Pendelstützen wurden nicht auf Kontakt zum Überbau eingebaut, sondern mit 2 mm Spalt über den Elastomerlagern. Dieser sogenannte Stützenwald dient als Schutz vor einem Überbauversagen, gleichzeitig soll er bei großer Durchbiegung infolge voller Verkehrslast die maßgebenden Momente und Querkräfte des Überbaus durch ein Auflegen auf die Stützen reduzieren. Sämtliche Bewegungen werden laufend messtechnisch kontrolliert.

Am 8. November 2015 wurde die Brücke wieder für den nicht genehmigungspflichtigen Lkw-Verkehr freigegeben. Bis heute hat sich der Überbau noch nicht auf die Stützen aufgelegt, die Epoxidharzverpressung hat die Betonzugfestigkeit teilweise wieder hergestellt.

Mit den beschriebenen Maßnahmen konnte zuerst der Pkw- und dann der Lkw-Verkehr auf der Schiersteiner Brücke wieder zugelassen werden. Damit ist die Verkehrsvernetzung des Ballungsraumes Mainz-Wiesbaden wieder hergestellt.

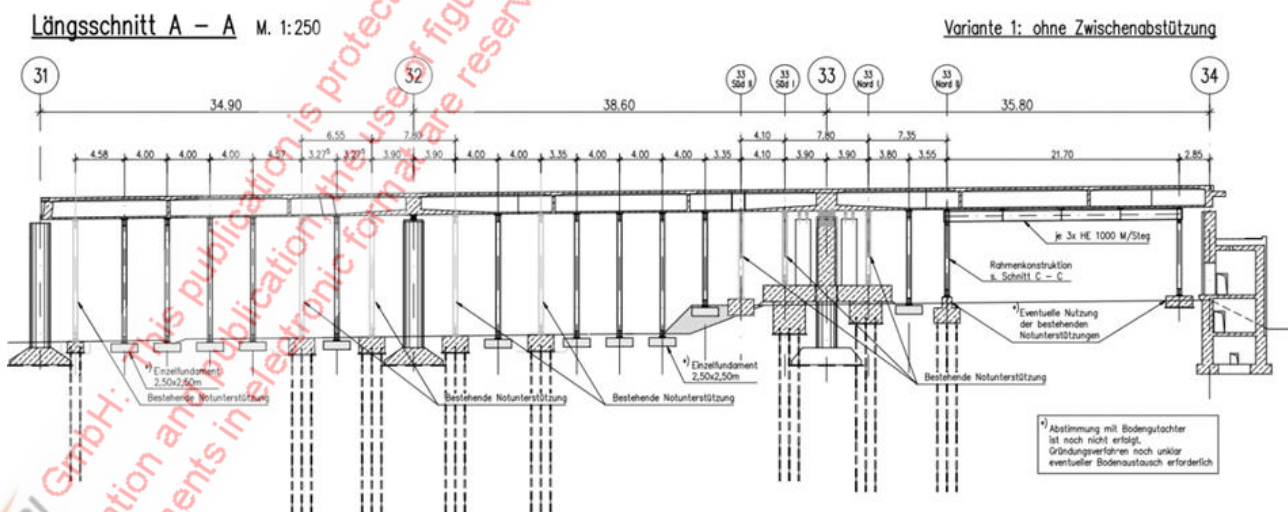


Bild 6: Längsschnitt des "Stützenwaldes"



Bilder 7 und 8: Stützenwald

Mit der Ermittlung der Ursache des Bauunfalls wurde das Ingenieurbüro WBI Prof. Dr. W. Wittke Beratende Ingenieure für Grundbau und Felsbau GmbH beauftragt.

4. Untersuchung der Schadensursache

Als Grundlage für das Schadensgutachten wurden zunächst alle verfügbaren Informationen, Erkundungsergebnisse, Mess- und Beobachtungsergebnisse dargestellt und ausgewertet. Darüber hinaus wurden gezielt Erkundungsbohrungen abgeteuft. Auf dieser Grundlage wurde eine Hypothese für die Schadensursache erarbeitet, die nachstehend in kurzer Form erläutert wird.

Im Schadensbereich stehen oberflächennah etwa 5 m mächtige Auffüllungen an, die auf den Bau eines alten Rheindeichs zurückzuführen sind. Darunter folgen quartäre Kiese und Sande mit einer Mächtigkeit von etwa 4 m. Unterhalb der quartären Böden wurde das Tertiär erkundet. In enger Wechselfolge stehen hier tertiäre Sande, Schluffe und Tone, fossilreiche Lagen (Hydrobien), Algenriffkalke und massive Kalksteinbänke an. Die Stütze 33 Ost, die im Zuge des Schadens gekippt war, ist etwa 12 m hoch. Sie bindet in die künstlichen Auffüllungen ein und ist flach auf dem Quartär gegründet (Bild 9).

Zur anfänglich erwähnten, planmäßigen Unterstützung des Herzstücks wurden in unmittelbarer Umgebung der Stütze eine Vielzahl von GEWI-Pfählen hergestellt. Mit Längen zwischen 14 und 16 m reichen diese bis in das Tertiär und deutlich unter die Sohle der Flachgründung (Bild 9). Für die Herstellung der GEWI-Pfähle wurden verrohrte Bohrungen mit einem Durchmesser von 133 mm abgeteuft. In diese wurde ein GEWI-Stahl mit 40 mm Durchmesser eingestellt. Anschließend wurde die Bohrung bei gleichzeitigem Ziehen der Verrohrung mit Zementsuspension verfüllt (Bild 10).

Die Bohrungen wurden im Schutze einer äußeren Verrohrung mit einem Imloch-Hammer und Druckluftspülung abgeteuft. Der Spüldruck konnte nicht geregelt werden und war mit 24 bar am Kompressor sehr hoch. In der Folge trat der Rücklauf unter hohem Druck am Auswurf aus. Es ist davon auszugehen, dass erosionsanfällige Böden bei derart hohen Drücken ausgespült werden (Bild 11).

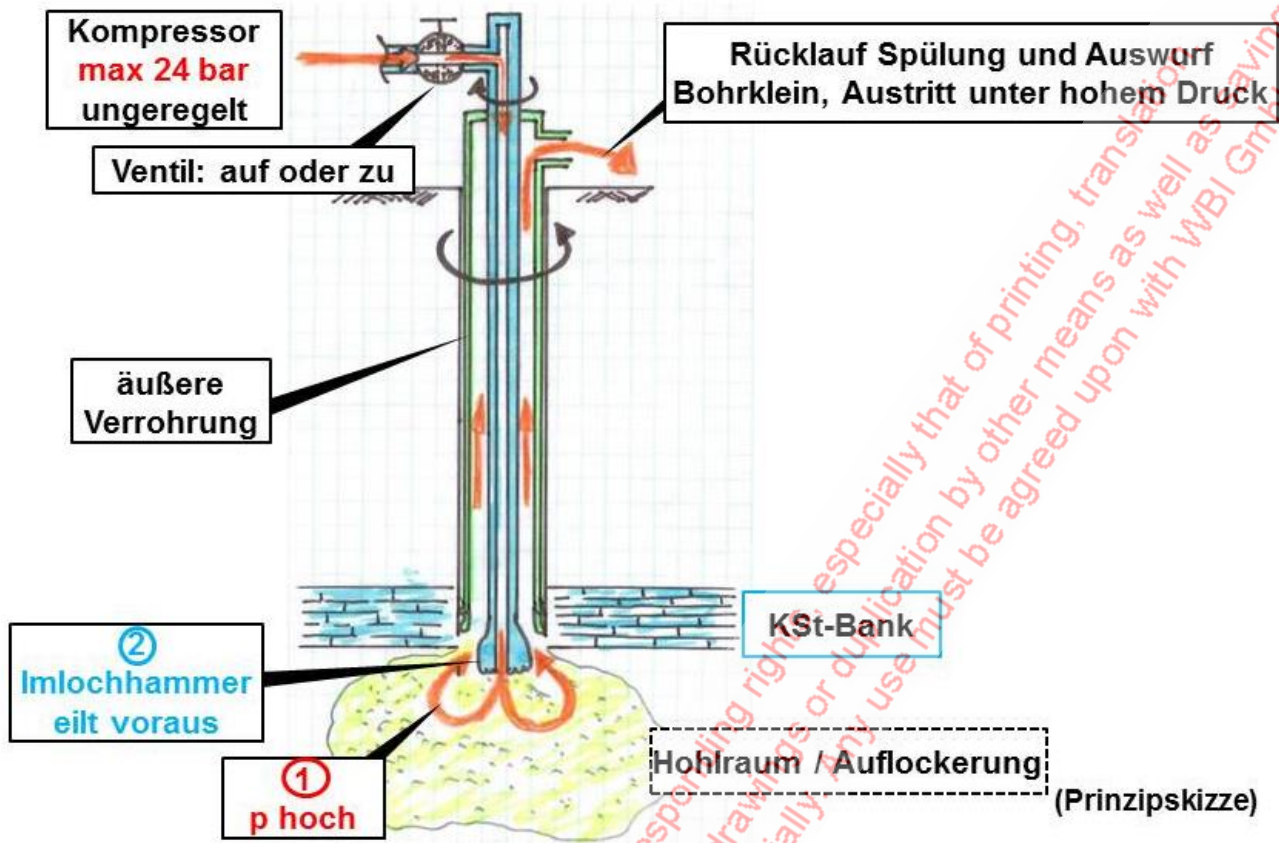


Bild 11: Druckluftspülung mit unregelmäßigem, sehr hohem Druck und Imloch-Hammer vorausgehend

Da die Bohrlochwandung in den Böden nicht standsicher ist, muss hier die Verrohrung vorausziehen, um Nachbrüche und ein Ausspülen von Boden zu vermeiden. Dahingegen muss der Imloch-Hammer vorausziehen, wenn die Kalksteinbänke durchbohrt werden. Insbesondere bei häufigen Wechsels zwischen gesteinsharten Kalksteinlagen und tertiären Böden ist es schwierig, die Verrohrung rechtzeitig bei Erreichen der Böden nachzuziehen. Wenn aber der Imloch-Hammer vorauszieht, ist die Bohrlochwandung ungestützt, der Boden bricht nach und wird ausgespült. Dies gilt umso mehr angesichts der hohen verwendeten Spüldrücke. In der Folge entstehen zunächst Hohlräume. Diese sind in den Böden jedoch nicht standfest. Es kommt zu Nachbrüchen und Sackungen, und es bilden sich aufgelockerte Zonen aus. Da die Hohlräume nicht offen stehen bleiben, ist es nicht möglich, sie beim Verfüllen der Bohrung zu schließen. Die aufgelockerten Zonen können durch die Verfüllung nur teilweise verdichtet werden. Damit verbleiben auch nach dem Verfüllen noch aufgelockerte Bereiche (Bild 11).

Bild 12 zeigt einen schematischen Lageplan der beiden alten Stützen der Achse 33: rechts die Stütze, die gekippt ist und den Schaden hervorgerufen hat. Die roten Vierecke markieren GEWI-Pfahlgruppen, die in der Nachbarschaft der Bestandsstützen hergestellt wurden. Seitlich der Pfahlgruppen sind jeweils die Verpressmengen je Pfahlgruppe aufgetragen. Mit drei Ausnahmen wurden sehr hohe Verpressmengen zwischen 17.000 bis 40.000 Liter gemessen. Die Sollwerte zzgl. einer Toleranz von 20 % betragen jedoch nur zwischen 1.800 und 3.500 ltr je Gruppe und sind somit deutlich geringer. Auch um die schad-

hafte Stütze herum wurden ausnahmslos sehr hohe Mengen verpresst. Die größten Werte wurden in dem Bereich festgestellt, in dessen Richtung die Stütze gekippt ist. Diese hohen Mengen lassen darauf schließen, dass in der Tat im Baugrund große Hohlräume und/oder Auflockerungen vorlagen.

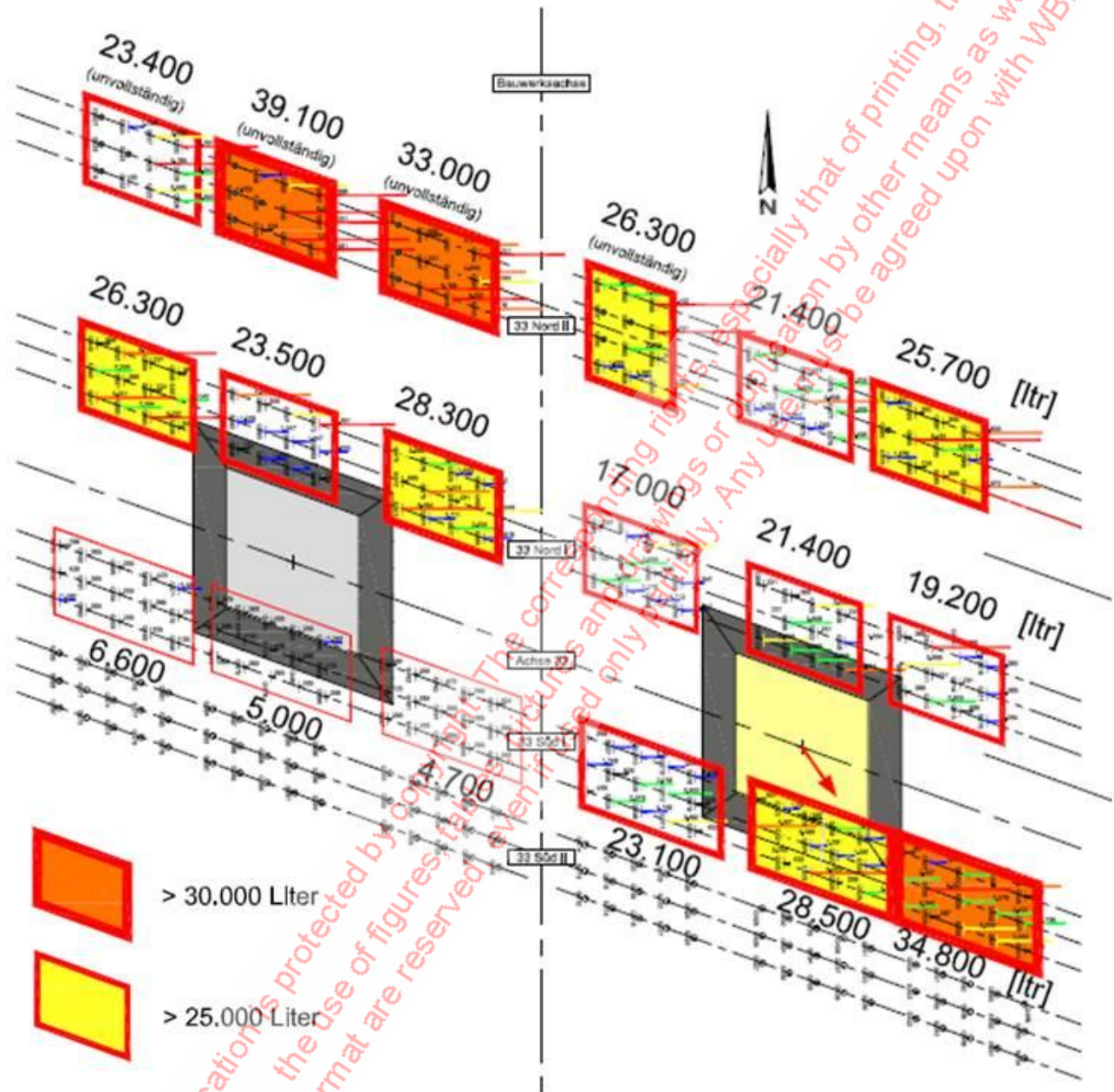


Bild 12: Lageplan Achse 33 mit GEWI-Pfahlgruppen und Verpressmengen

Es ist davon auszugehen, dass unterhalb des flach gegründeten Bestandsfundaments Hohllagen entstanden sind. Die in der Folge fehlende Bodenpressung wurde vermutlich zunächst durch die GEWI-Pfähle ausgeglichen, die durch das Bestandsfundament gebohrt worden waren. Dieser labile Gleichgewichtszustand bestand etwa ½ Jahr zwischen Fertigstellung der Pfähle und Schadenseintritt. Durch Umlagerungsvorgänge im Zusammenhang mit dem Rückgang eines Rheinhochwassers kam es zum Versagen in der Gründung und Kippen der Stütze sowie Absenken der Brücke (Bild 13).

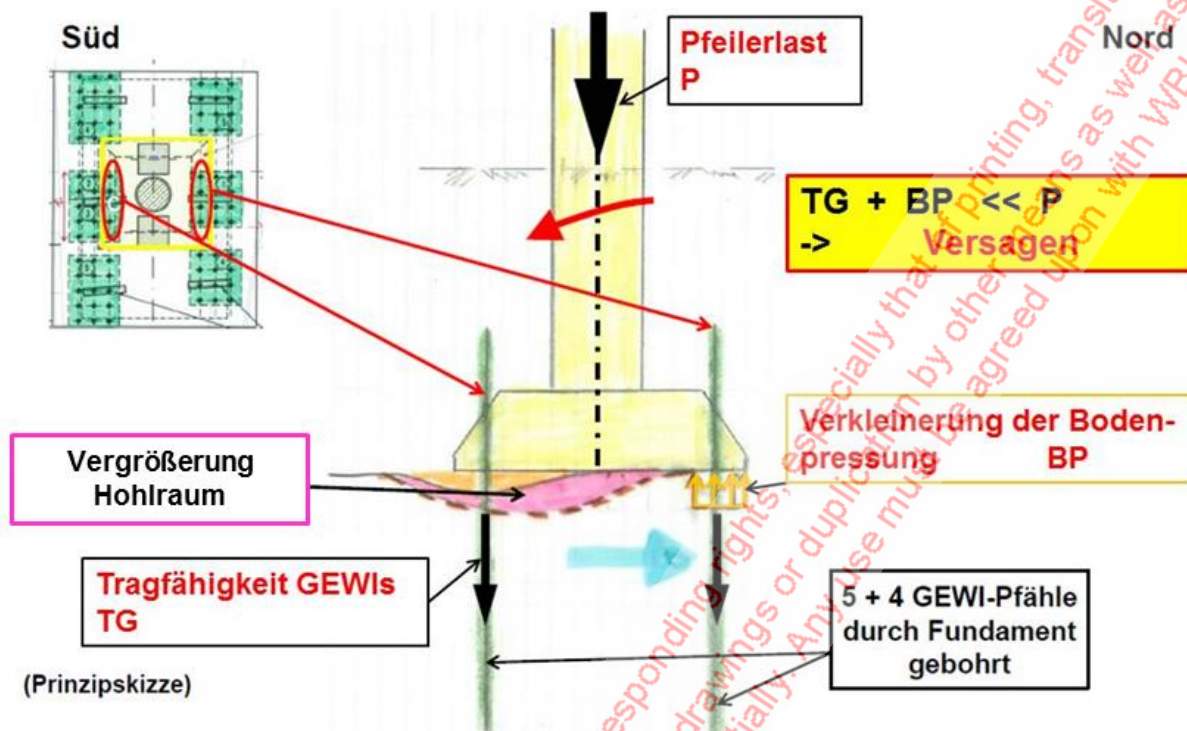


Bild 13: Versagen bei vergrößerter Hohlraumgröße unter Fundament

Im Zuge der Erkundungen wurden auch 4 Kernbohrungen in den 4 Ecken des Bestandsfundaments abgeteuft (Bild 14). Die Stütze hatte sich in südöstliche Richtung bewegt. Auf der abgewandten Seite wurden in den Bohrungen Hohlräume unterhalb des Fundaments erbohrt (Bilder 14, 15). Auf der Kippseite hingegen wurde ein starker Bodeneintrieb beim Durchbohren festgestellt, obwohl mit Bentonitpflügel gebohrt wurde. Die Darstellung im Schnitt (Bild 15) zeigt die Schiefstellung des Fundaments, die sich aus den Bohrungen ergeben hat.

Damit ergibt sich die folgende Hypothese für die Schadensursache:

Im Zuge der GEWI-Pfahlherstellung wurde Boden ausgespült. In der Folge sind aufgelockerte Zonen, Sackungen und Hohllagen entstanden, die trotz sehr hoher Verfüllmengen durch Zementverpressung nicht vollständig rückgängig gemacht werden konnten. Infolge von Bodenumlagerungen durch Strömungsvorgänge, die im Einflussgebiet des Rheins regelmäßig stattfinden, kam es zur Vergrößerung der Hohllagen und schließlich zum Versagen im Gründungsbereich.

Mit dieser Hypothese gelingt es, alle Beobachtungen, Messergebnisse und Erkundungsergebnisse schlüssig und widerspruchsfrei zu einem Bild zusammenzufügen.

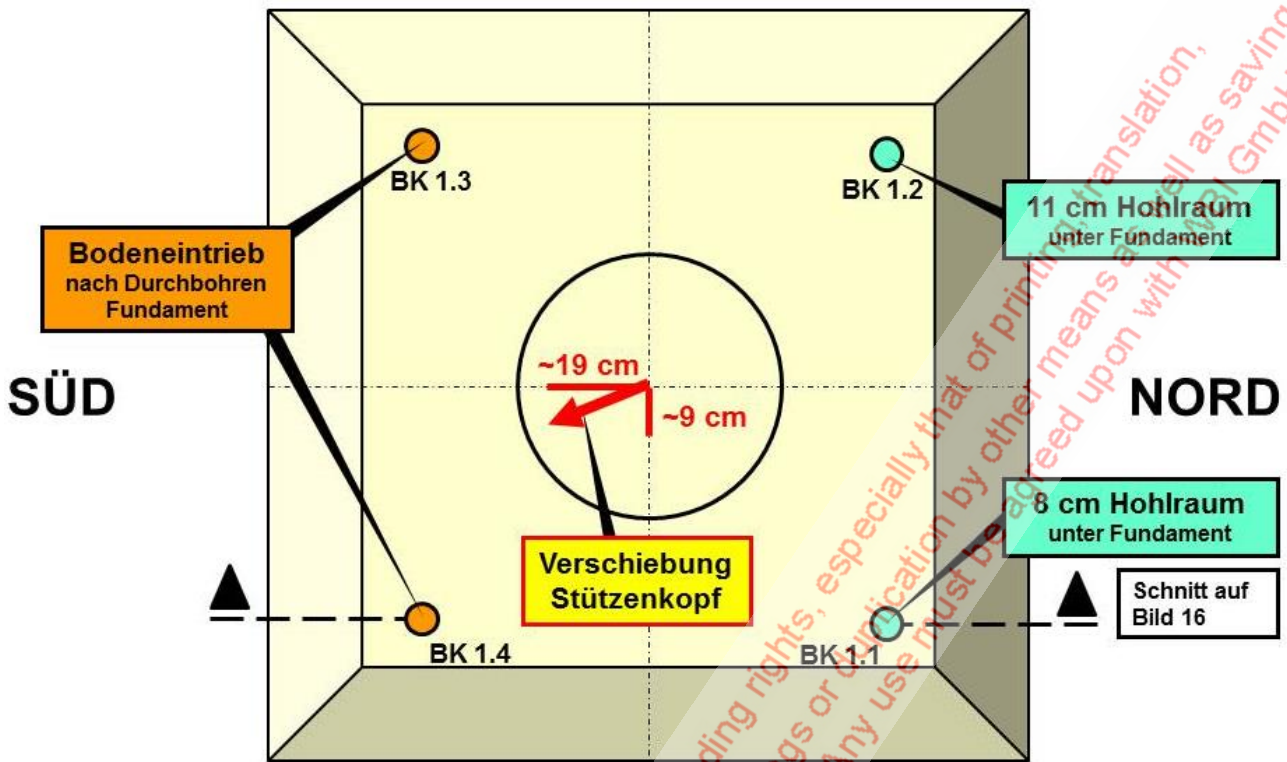


Bild 14: Draufsicht Fundament 33 Ost und Ergebnisse Erkundung

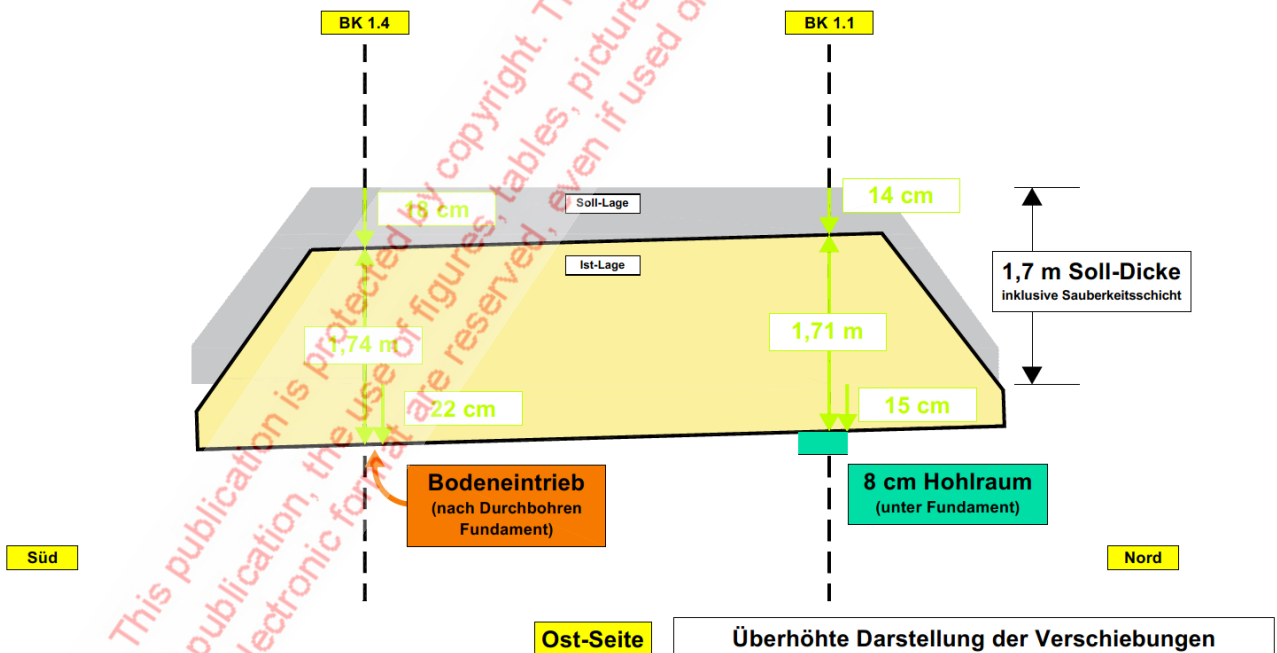


Bild 15: Schnitt Süd-Nord durch BK 1.4 und 1.1 mit Erkundungsergebnissen an OK/UK Fundament

Literatur

LBM Rheinland-Pfalz, Internet-Information "A 643 Rheinbrücke Schierstein".

WBI: Rheinbrücke Schierstein, Lagerschaden Stütze 33-Ost, Untersuchung der Ursachen, Schadensgutachten. September 2015.

CDM Smith: A643 - 6streifiger Ausbau zwischen AK Wiesbaden und AD Mainz, Schiersteiner Brücke, Verbreiterung Herzstück MZ 99, Baugrund- und Gründungsgutachten. Darmstadt, 2012.

KHP: A 643 Mainz-Mombach, Herzstück, Unterlagen zu Planung, Schaden und Sanierungsmaßnahmen. 2015.

Max Bögl: A 643 Mainz-Mombach, Herzstück, Unterlagen zur Bauausführung.