



Erneuerung SW Turnerstraße, Strecke 2992 km 133,995 Bericht zur Bauwerksdiagnostik Stufe II

Bericht Nr.**P2407128 - 01****Auftraggeber****DB InfraGO AG Region Nord**

Lindemannallee 3
30173 Hannover

Datum**30.04.2025**

Ausfertigung: digital

Verfasser**LPI Ingenieurgesellschaft mbH**

Völgerstraße 9
30519 Hannover
E-Mail: mail@lpi-ing.de
Internet: www.lpi-ing.de

Dieser Bericht umfasst 43 Seiten einschl. Deckblatt zzgl. 6 Anlagen. Jede Veröffentlichung, auch auszugsweise, bedarf der vorherigen schriftlichen Genehmigung. Probenmaterial wird, sofern es nicht verbraucht ist, nach 6 Wochen entsorgt. Eine längere Aufbewahrung bedarf der schriftlichen Abstimmung.

Inhaltsverzeichnis

1	Auftrag	3
2	Unterlagen.....	4
3	Beschreibung des Bauwerks	5
4	Ist-Zustandserfassung	7
4.1	Ortstermin.....	7
4.2	Visuelle Inaugenscheinnahme, Schadenserfassung	7
4.2.1	Zusammenfassung visuelle Bestandsaufnahme.....	17
4.3	Bauteilöffnungen	18
4.4	Betondeckungsmessung	23
4.5	Geometrie und Bauteilaufbau	27
4.6	Bohrkernansprache.....	27
4.7	Bestimmung der mechanischen Kennwerte	29
4.7.1	Bohrkernentnahme	29
4.7.2	Prüfung am Beton.....	31
4.7.2.1	Druckfestigkeitsprüfung des Betons	31
4.7.3	Bestimmung der Abreißfestigkeit.....	35
4.8	Schadstoffe	36
4.8.1	Untersuchung der Abdichtung und Abstandshalter.....	36
4.8.2	Ergebnisse der Abfalltechnischen Untersuchung.....	40
4.9	Herstellung von Schürfen.....	41
5	Bewertung und Zusammenfassung der Ergebnisse	42
6	Anlage	43

1 Auftrag

Die LPI Ingenieurgesellschaft mbH (im Folgenden AN) wurde mit Schreiben vom 09.07.2024 von der DB InfraGo AG (im Folgenden AG) mit der Durchführung der Bauwerksdiagnostik Stufe II an der Stützwand in der Turnerstraße in Osnabrück beauftragt.

Der Anlass für diese bauwerksdiagnostischen Untersuchungen ist die vom AG geplante Erneuerung der Stützwand entlang der Bahnstrecke 2992, zwischen den Streckenkilometern 133,995 und 134,267 in der Turnerstraße, Osnabrück.

Das Ziel der Untersuchungen ist es, den baulichen Zustand, den Aufbau und die Geometrie der ca. 270 m langen Stützwand zu erfassen sowie wesentliche Materialkennwerte zu ermitteln, die für die anschließende Planung und statische Nachrechnung zur Verfügung gestellt werden.

Hierzu werden im Wesentlichen folgende Leistungen erbracht:

- Visuelle Aufnahme und Fotodokumentation der Schadensbilder des Brückenbauwerks (Gewölbe, Widerlager, Stirn- und Flügelwände)
- Entnahme von Bohrkernen zur Bestimmung der Festigkeiten sowie des makroskopischen Bauteilzustandes und zur Ermittlung der Geometrie / Bauteilaufbauten.
- Durchführung von Schürfen, zur Freilegung des Spornansatzes.
- Putzabtrag zur Beurteilung des darunterliegenden Betons.
- Flächenscans im Bereich der verputzten Wand zur Detektion von Drahtbewehrung.
- Durchführung von Betondeckungsmessungen zur Lokalisierung der Bewehrung im Bereich der Mauerkrone und zur Lokalisierung und Beprobung von Abstandhaltern.
- Detektion von Verankerungselementen im Bereich der Sandstein-Vorsatzschale.
- Durchführung von Abreißversuchen zur Bestimmung der Oberflächenzugfestigkeit.
- Schadstoffanalyse der Bauwerksabdichtung.
- Durchführung von Schürfen zur Ermittlung der Geometrie der Mauerkrone

Zur Untersuchung des Ist-Zustandes des Bauwerks wurden vor Ort Bauwerksuntersuchungen durchgeführt. Die Bauwerksstrategie, das Untersuchungsziel und die auszuführenden Untersuchungen wurden auf Grundlage der aus Stufe I vorliegenden und in Abstimmung mit dem gebundenen Planer erarbeiteten Leistungsbeschreibung festgelegt.

2 Unterlagen

Es wird auf folgende Unterlagen, Regelwerke und Normen zurückgegriffen:

- [U 1] Fotodokumentation „Fotodokumentation des Bestandsbauwerks zur Vorplanung – Dokumentierter Zustand der Anlage im Jahr 2021“, Krebs + Kiefer Ingenieure GmbH, Darmstadt, 26.01.2022, auszugsweise, 14 von 28 Seite
- [U 2] Zusammenstellung „Bestandsdokumentation“ u.a. mit einer Fotodokumentation zur Begutachtung – Bauwerkszustand (Merkschäden) sowie Prüfergebnissen von Druckfestigkeitsprüfungen an Bohrkernen. Diverse Verfasser, 6 Einzeldokumente in 1 Sammelmappe, 31 Seiten.
- [U 3] Erläuterungsbericht „Nachrechnung und Instandsetzungsmöglichkeiten – Strecke 2992 Bahn-km 133,995 – 134,267, Stützwand Turnerstraße“, grbv Ingenieure im Bauwesen GmbH & Co. KG, Hannover, 24.06.2020, 60 Seiten
- [U 4] Plandatei „Querschnitte – Erkundungstiefe“ mit 7 Wandquerschnitten und skizzierter Rückverankerung, Verfasser unbekannt, undatiert, 1 Seite.
- [U 5] Plandateien „Darstellung Schürfe – Erneuerung SW Turnerstraße“, Baugrund Stralsund Ingenieurgesellschaft mbH für Geo- und Umwelttechnik, 07.02.2024, 4 Plandarstellungen in 4 Plandateien.

Für die Untersuchungen sowie die Erstellung des vorliegenden Berichts wurde auf folgende Normen / Regelwerke zurückgegriffen:

- [NOR 1] DIN EN ISO 12390-3:2009; „Prüfung von Festbeton – Teil 3 Druckfestigkeit von Probekörpern“, Beuth Verlag.
- [NOR 2] DBV-Merkblatt – Betondeckung und Bewehrung; Stand Dezember 2015.
- [NOR 3] DIN EN 12390-13:2014; „Prüfung von Festbeton – Teil 13: Bestimmung des Elastizitätsmoduls unter Druckbelastung (Sekantenmodul)“, Beuth Verlag.
- [NOR 4] DIN EN 1542:1999: „Prüfverfahren – Messung der Haftzugfestigkeit im Abreißversuch“, Beuth Verlag.
- [NOR 5] Kreislaufwirtschaftsgesetz (Ausfertigungsdatum 01. Juni 2012, Fassung vom 09. Oktober 2020)
- [NOR 6] Gefahrstoffverordnung (Ausfertigungsdatum 26. November 2010, Fassung vom 2. Dezember 2024)
- [NOR 7] Verordnung zur Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung „EBV“ (Fassung vom 09. Juli 2021)
- [NOR 8] TRGS 519: Asbest - Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten (Ausgabe Januar 2014, Fassung vom 31.März 2022)
- [NOR 9] TRGS 524: Schutzmaßnahmen bei Tätigkeiten in kontaminierten Bereichen (Ausgabe Februar 2010)
- [NOR 10] TRGS 551: Teer und andere Pyrolyseprodukte aus organischem Material (Ausgabe August 2015)
- [NOR 11] TRGS 905: Verzeichnis krebserzeugender keimzellmutagener und reproduktionstoxischer Stoffe (Ausgabe März 2016)
- [NOR 12] DGUV 101-004 (Ausfertigungsdatum April 1997, Fassung vom Februar 2006)

3 Beschreibung des Bauwerks

Bei dem vorliegenden Bauwerk handelt es sich um die südwestliche Stützwand entlang der Bahnstrecke 2992, von Bahnkilometer 133,995 bis ca. 134,267. Diese Stützwand, bestehend aus Stampfbeton, dient der Sicherung des Geländesprungs zwischen dem Bahndamm und der Turnerstraße. Informationen zur ursprünglichen Herstellung der Stützwand sind nicht vorhanden.

Am südöstlichen Ende grenzt die Stützwand an die Flügelwand des Brückenwiderlagers der Eisenbahnüberführung (EÜ) Hansasträße. An dieser Stelle ist innerhalb der Sandstein-Vorsatzschale eine Dehnfuge ausgebildet. Augenscheinlich wurde im Zuge eines Brückenneubaus im östlichen Abschnitt des Bauwerks auf der Bestandsstützwand eine neue Stahlbetonkrone mit einer Höhe von 1,9 m aufgesetzt, um die Brückenkappe und das Brüstungsgeländer höhengerecht entlang der Stützwand fortführen zu können. In regelmäßigen Abständen weist die Stützwand im Altbestand pfeilerförmig ausgebildete Vorsatzschalen aus Sandstein auf, wodurch die Wand in einzelne Abschnitte unterteilt ist.

Auf der Nordwestseite der Stützwand schließt ein höhenmäßig abgestufter Bereich an. Anstelle der 1,9 m hohen Stahlbetonkrone, wie sie im östlichen Bereich zu finden ist, wurde hier lediglich eine Stahlbetonkrone mit einer Höhe von ca. 70 cm angeordnet.

Vor der Stützwand verläuft ein Entwässerungsrohr, an das die Straßeneinläufe angeschlossen sind [U 5]. In einem Abstand von etwa 30 cm zur Wand ist ein Schrammbordstein aus Granit verlegt. Der schmale Grünstreifen zwischen Bordstein und Stützwand ist durch Wurzelwerk durchwachsen. Die Stützwand selbst besitzt einen Sockel aus Sandstein, der nur vorgesetzt ist. Die Lage der Stützwand sowie verschiedene Ansichten sind den folgenden Abbildungen zu entnehmen.



Abb. 1: Lage Stützwand Turnerstraße km 133.995 bis ca. 134,267 [Google Maps]



Abb. 2: Das nordwestliche Ende der Stützwand



Abb. 3: abgestufter Abschnitt der Stützwand mit mehreren Höhenversprüngen



Abb. 4: Mauerkrone, an die Höhe der Brückenkappe der EÜ HansasträÙe angepasst

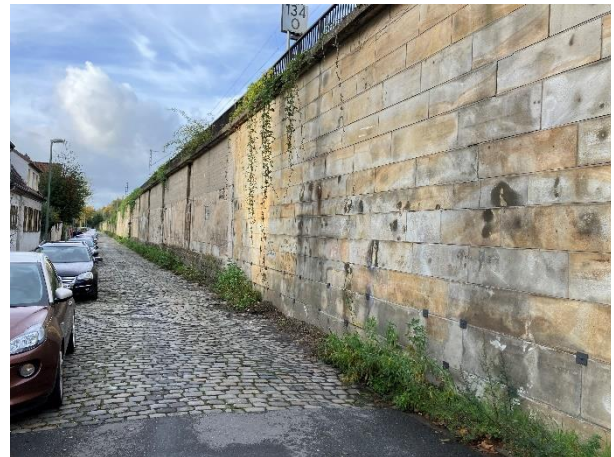


Abb. 5: Bereich mit Sandstein-Vorsatzschale.

4 Ist-Zustandserfassung

4.1 Ortstermin

Im Rahmen der Bauwerksuntersuchungen wurde eine visuelle Inaugenscheinnahme durchgeführt, bei der Auffälligkeiten und Schädigungen des Bauwerks dokumentiert wurden. Zur Gewinnung von Probekörpern für Festigkeitsuntersuchungen und zur Ermittlung des makroskopischen Gefüges der Bauteile wurden Bohrkernproben entnommen. Die Geometrie der verschiedenen Abschnitte wurde durch Kernbohrungen ermittelt, die jeweils das gesamte Bauteil durchdrangen.

Im Bereich der Tiefbohrungen wurden Handschürfe angelegt, um den Ansatzpunkt der Bohrungen auf die Höhe der Straßenoberkante zu verlagern. Dies verhinderte, dass das Bohrwasser auf die Straße abfloss, da es innerhalb der Schürfe gesammelt wurde.

In mehreren Bereichen wurden Betondeckungsmessungen durchgeführt, um die Position der Abstandhalter in der aufgesetzten Mauerkrone sowie mögliche vorhandene Drahtbewehrungen im Bereich der Putzschicht zu detektieren. Die Putzschicht wurde dabei stellenweise bis zur Betonoberfläche abgetragen, um den Zustand des darunterliegenden Betons visuell zu beurteilen. Die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen sind in den folgenden Abschnitten näher erläutert. Die Lage der Probenentnahmestellen ist in Anlage 1 dargestellt.

4.2 Visuelle Inaugenscheinnahme, Schadenserfassung

Im Rahmen der makroskopischen Prüfung wurden die maßgeblichen Bauteilbereiche visuell auf Schädigungen sowie Auffälligkeiten untersucht. Dabei wurden die Eigenschaften und der aktuelle Zustand überprüft. Die Beurteilung der Bauteileigenschaften erfolgte vorrangig anhand visueller Kriterien. Dabei wurden sowohl systematische Schäden (z.B. Substanzverlust, Absandungen, Verwitterung, Ausblühungen, etc.) als auch eventuelle signifikante Einzelschäden (z.B. Risse, Steinausbrüche, Bauteilverformungen, etc.) dokumentiert und bewertet.

Auffälligkeiten / Schäden an der Stützwand

Bereich 4 mit einer Sandstein-Vorsatzschale (km 133,995 bis km 134,013)

Die an das Widerlager angrenzende Stützwand zwischen etwa km 133,995 und km 134,013 ist über die gesamte Höhe, einschließlich des Sockels und der Mauerkrone, mit einer etwa 9,5 cm starken Vorsatzschale aus Sandsteinblöcken versehen. Im Bereich des Wandsockels, insbesondere in den ersten beiden Steinreihen, wurden vorab der Bohrkernentnahmen Verstärkungsmaßnahmen durchgeführt. Die Sandstein-Vorsatzschale der Stützwand weist oberflächliche Verwitterungen und Durchfeuchtungen sowie diverse Rissbildungen in den Steinen sowie ausgebrochenen Fugenmörtel auf.



Abb. 6: Verstärkungsmaßnahme der Vorsatzschale im Sockelbereich



Abb. 7 oberflächliche Verwitterungen und Durchfeuchtungen im Übergangsbereich
Brückenwiderlager/Stützwand



Abb. 8: Rissbildungen in den Steinen sowie ausgebrochener Fugenmörtel

Bereich 3 mit aufgesetzter 1,9 m hoher Mauerkrone (km 134,013 bis km 134,115)

Die einzelnen Felder in diesem Bereich weisen regelmäßige, vertikal verlaufende Risse auf, die sich typischerweise etwa in der Mitte der Felder befinden und vermutlich durch Zwangsbeanspruchungen entstanden sind. Diese Risse treten sowohl im Altbestand als auch in der Mauerkrone auf. An den Rissufern sind vor allem weiße Ausblühungen und Feuchtigkeitsspuren sichtbar, die sich durch dunkle Verfärbungen auf der Betonoberfläche zeigen.

Der Zementputz ist an vielen Stellen, insbesondere im Zusammenhang mit den horizontalen und vertikalen Rissbildungen und der damit einhergehenden Durchfeuchtung der Wandflächen, flächig abgeplatzt. Intakt erscheinende Wandbereiche mit anhaftendem Zementputz klingen oft hohl, was darauf hindeutet, dass der Putzmörtel nur noch punktuell am Stampfbeton haftet. Teilweise wurden die abgeplatzten Stellen im Zeitraum zwischen der Untersuchung der Stufe I und Stufe II bereits durch das Auftragen von Spritzbeton reprofiliert.

An den pfeilerförmig ausgebildeten Vorsatzschalen aus Sandstein sind lokal folgende Schäden erkennbar:

- Feuchtigkeitseinwirkung,
- Steinausbrüche,
- großflächige Ausbrüche, die den darunterliegenden Beton freilegen,
- weiße Ausblühungen,
- abgebrochener Beton in den Fugenbereichen, teils bis zu einer Tiefe von 20 cm.

Darüber hinaus sind lokal stark ausgeprägte Verwitterungen des Stampfbetons festzustellen, die zu einem erheblichen Substanzverlust führen. In den oberflächennahen Bereichen zeigt der Stampfbeton eine stark ausgewaschene Oberfläche, verbunden mit lokalen Abplatzungen. Besonders im Bereich der horizontalen und vertikalen Arbeitsfugen beträgt die Betonabtragstiefe mehrere Zentimeter. Eine detaillierte Beurteilung der Festigkeit des Stampfbetons erfolgt in Kapitel 4.5, basierend auf tiefengestaffelten Festigkeitsprüfungen, deren Ergebnisse, einschließlich einer ausführliche Gefügebeschreibung, in Anlage 3 dokumentiert sind. Die in diesem Bereich der Stützwand festgestellten Schäden sind den folgenden Abbildungen zu entnehmen.



Abb. 9: großflächige Beton- und Putzabplatzung im Zusammenhang mit vertikalen und horizontalen Rissen



Abb. 10: Feuchtigkeitsspuren und vertikale Rissbildung verlaufen sowohl in der Mauerkrone als auch im Altbestand



Abb. 11: horizontaler Riss in einer Arbeitsfuge des Stampfbetons mit weißen Ausblühungen und schwarzer Färbung der Oberfläche. Geschädigte und abgeplatzte Fläche wurde bereits instandgesetzt.



Abb. 12: flächige Beton- und Putzabplatzung verbunden mit horizontalen und horizontalen Rissbildungen im Bereich der Arbeitsfugen. Feuchtigkeitsspuren in Form schwarzer Oberflächenfärbung an den Rissufern.



Abb. 13: Feuchtigkeitsspuren im Bereich flächiger Abplatzungen, Betonoberfläche stark verwittert.



Abb. 14: Feuchtigkeitsspuren im Bereich flächiger Betonabplatzungen und weiße Ausblühungen im Bereich von horizontalen Rissen.

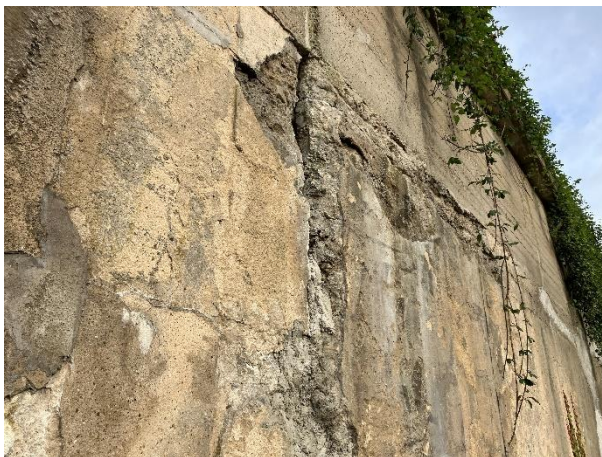


Abb. 15: Beton im Fugenbereich flächig abgebrochen



Abb. 16: Wandflächen bereits großflächig mit Spritzbeton überarbeitet.



Abb. 17: Sandsteine im Bereich der pfeilerförmig ausgebildeten Vorsatzschalen ausgebrochen. Im Fugenbereich ist grüner Bewuchs verwurzelt.



Abb. 18: Putzschicht großflächig abgebrochen. Der Stampfbeton weist vereinzelte Fehlstellen bzw. Abplatzungen auf.



Abb. 19: vertikaler Riss sowohl in der Mauerkrone als auch im Altbestand



Abb. 20: Putzschicht flächig im Fugenbereich abgeplatzt und die Betonoberfläche ist stark verwittert.



Abb. 21: Wasseraustritt aus dem Fugenbereich und Betonabplatzung im bereits instandgesetzten Bereich



Abb. 22: weiße Ausblühungen entlang horizontaler Rissbildungen. Braune Rostfahnen deuten auf regelmäßig durch die unverschlossenen Bohrlöcher austretendes Sickerwasser hin.



Abb. 23: schwarze Färbung und mikrobieller Bewuchs im Bereich der Mauerkrone



Abb. 24: Sandsteine im Bereich der pfeilerförmig ausgebildeten Vorsatzschalen ausgebrochen. Betonabtragtiefe beträgt mehrere Zentimeter.

Bereich 2 mit aufgesetzter Mauerkrone ohne Höhenversprung (km 134,115 bis km 134,180)

Die einzelnen Felder in diesem Bereich weisen regelmäßig horizontal verlaufende Risse auf, die sich zumeist im Bereich der Arbeitsfugen des Stampfbetons befinden. Diese Risse treten im Altbestand entlang der gesamten Stützwand auf. An den Rissufern wurden stellenweise weiße Ausblühungen und schwarze Verfärbungen der Wandoberfläche festgestellt, die auf Feuchtigkeit hinweisen. Zudem wurde lokal ein Wasseraustritt sowie Ablaufspuren beobachtet.

Die Oberfläche des Zementputzes ist an vielen Stellen verwittert und zeigt sowohl oberflächliche schalenförmige als auch flächige Abplatzungen der gesamten Putzschicht. Diese Abplatzungen treten insbesondere im Zusammenhang mit den vorhandenen horizontalen und vertikalen Rissbildungen auf. Der freigelegte Stampfbeton weist in diesen Bereichen eine stark verwitterte und ausgewaschene Oberfläche auf und ist lokal abgeplatzt. Unterhalb der abgeplatzten Bereiche sind Feuchtigkeitsspuren in Form von schwarzen Verfärbungen sichtbar, und lokal wurde während der Begehung ebenfalls ein Wasseraustritt festgestellt.

Lokal wurde in den Fugenbereichen zwischen den einzelnen Wandabschnitten sowie zwischen dem Altbestand und der aufgesetzten Mauerkrone grüner Bewuchs festgestellt. Die Betonoberfläche der Mauerkrone in diesem Bereich zeigt, abgesehen von einer grünen Verfärbung aufgrund des herunterhängenden Bewuchses, keine nennenswerten Schäden. Im Altbestand wurden vereinzelt Reprofilierungsmaßnahmen an der Betonoberfläche durchgeführt.



Abb. 25: großflächige Abplatzung der Putzschicht, Abplatzung des Stampfbetons im Bereich eines horizontalen Risses



Abb. 26: Links reprofilierte Stelle. Rechts: Betonabplatzung und weiße Ausblühungen im Rissbereich. Grüner Bewuchs im Fugenbereich verwurzelt.



Abb. 27: weiße Ausblühungen und Wasseraustritt (Ablaufspuren) im Bereich horizontaler Risse



Abb. 28: Flächige Abplatzung, weiße Ausblühungen und Wasseraustritt (Ablaufspuren) im Bereich horizontaler Risse



Abb. 29: Betonabplatzung und schwarze Färbung der Wandoberfläche im Bereich horizontaler Risse



Abb. 30: Ausblühungen und schwarze Färbung der Wandoberfläche (Durchfeuchtungen) im Bereich horizontaler Risse



Abb. 31: Schalenförmige Abplatzung des Zementputzes



Abb. 32: Grüne Färbung der Betonoberfläche im Bereich der Mauerkrone



Abb. 33: flächige Abplatzung der Putzschicht im Bereich horizontalem Riss



Abb. 34: Lokale Betonabplatzung, Ausblühungen und Wasseraustritt im Bereich vertikaler Risse



Abb. 35: freigelegte Betonoberfläche stark verwittert, Ablaufspuren im Bereich der Rissufer



Abb. 36: großflächig Abplatzung der Putzschicht

Bereich 1 mit mehrfach abgestufter Wandhöhe (km 134,180 bis km 134,267)

In diesem Bereich haftet der Putzmörtel im Allgemeinen besser am Stampfbeton, jedoch treten lokal flächige Putzabplatzungen auf, die jedoch seltener und weniger großflächig sind als im östlichen Bauwerksteil. Ebenso sind hier weniger ausgeprägte Vertikalrisse und geringere Verwitterung des Stampfbetons festzustellen.

Im Vergleich zum östlichen Bauwerksteil, wo die Durchfeuchtungen eher auf Vertikalrisse und Arbeitsfugen zurückzuführen sind, sind im westlichen Bereich deutlich horizontale Arbeitsfugen erkennbar. Der Beton wurde hier offensichtlich in etwa 20 bis 30 cm starken Lagen eingebaut. Vielfach sind die Durchfeuchtungen und Aussinterungen auf diese Arbeitsfugen zurückzuführen. Bereichsweise wurde zudem grüner Bewuchs festgestellt, der sowohl in den gerissenen Arbeitsfugen als auch in den vertikalen Fugen zwischen den Wandabschnitten verwurzelt ist.



Abb. 37: Flächige schalenförmige Abplatzung des Zementputzes sowie flächige Aussinterungen im Bereich horizontaler Risse



Abb. 38: Schwarze Färbung der Wandoberfläche und lokale Betonabplatzung um Bereich horizontaler Risse



Abb. 39: Betonabplatzung im Zusammenhang mit vertikal gerichtetem Riss



Abb. 40: Horizontale Risse entlang der gesamten Stützwand, Wandoberfläche flächig mit Efeu bedeckt.



Abb. 41: diagonaler Riss zwischen den Horizontalrissen



Abb. 42: Horizontalrisse vmtl. Im Bereich der Arbeitsfuge des Stampfbetons, Betonabplatzungen an den Rändern der Risse.



Abb. 43: Betonabplatzung im Fugenbereich mit einer Tiefe bis zu 50 cm.



Abb. 44: ausgeprägte Horizontale Risse, Betonoberfläche verwittert und lokal an den Rissufern abgeplatzt.



Abb. 45: Grünbewuchs im Bereich der Horizontalrisse verwurzelt.



Abb. 46: Durchfeuchtungen und schwarze Färbung der Wandoberfläche im Rissbereich.



Abb. 47: Vertikaler Riss entlang der gesamten Wandhöhe



Abb. 48: Rissbildung und Betonabplatzung im Zusammenhang mit der Bauwerksfuge im Bereich des Wandversprungs.

4.2.1 Zusammenfassung visuelle Bestandsaufnahme

Trotz der lokalen Überarbeitung durch Spritzbeton ist der Bauwerkszustand in den dargestellten Bauwerksabschnitten als instandsetzungsbedürftig zu beschreiben.

Die visuelle Bestandsaufnahme zeigte großflächige Verwitterungen sowie lokale Abplatzungen von Beton, Putz und Stein, die meist in Zusammenhang mit den vorhandenen Rissen stehen. Auffällig ist das vermehrte Auftreten horizontaler Risse im Bereich von herstellungsbedingten und in Einbaulagen von rund 20 bis 30 cm Höhe vorhandenen Arbeitsfugen entlang großer Teile des Bauwerks. Des Weiteren treten regelmäßig vertikale Risse im Bereich der vertikalen Fugen sowie in Feldmitte, die vermutlich auf Zwangsbeanspruchungen zurückzuführen sind. Ablagerungsspuren und Durchfeuchtungen sind in vielen Bereichen des Bauwerks sichtbar und treten häufig in Zusammenhang mit den Rissen auf.

Diese Beobachtungen lassen vermuten, dass die Dauerhaftigkeit der Stützwand durch die Feuchtigkeitseinwirkung bereits beeinträchtigt ist. Intakt erscheinende Wandflächen mit anhaftendem Zementputz, die keine offensichtlichen Schäden aufweisen, zeigen häufig ein hohles Klangbild. Dies deutet darauf hin, dass der Putzmörtel nur noch lokal am Stampfbeton haftet. Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse der Bauteilöffnungen dokumentiert, die zur Ermittlung des Zustands des Betons unter der Putzschicht durchgeführt wurden.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Dauerhaftigkeit der Stützwand durch die festgestellten Schadensbilder und Auffälligkeiten zum Teil stark beeinträchtigt ist. Insbesondere die Risse in Kombination mit Feuchtigkeit sowie die lokal beschädigte Oberflächenstruktur begünstigen eine fortschreitende Degradation der oberflächennahen Bereiche.

Es handelt sich hierbei im Wesentlichen um dauerhaftrelevante Schäden, die in ihrem aktuellen Zustand keine unmittelbare Gefährdung der Standsicherheit darstellen. Ohne eine zeitnahe Instandsetzung könnten sie jedoch mittelfristig standsicherheitsrelevant werden, insbesondere in Anbetracht der örtlich vorhandenen Abplatzungen und des Feuchtigkeitseintrags in die Stützwand.

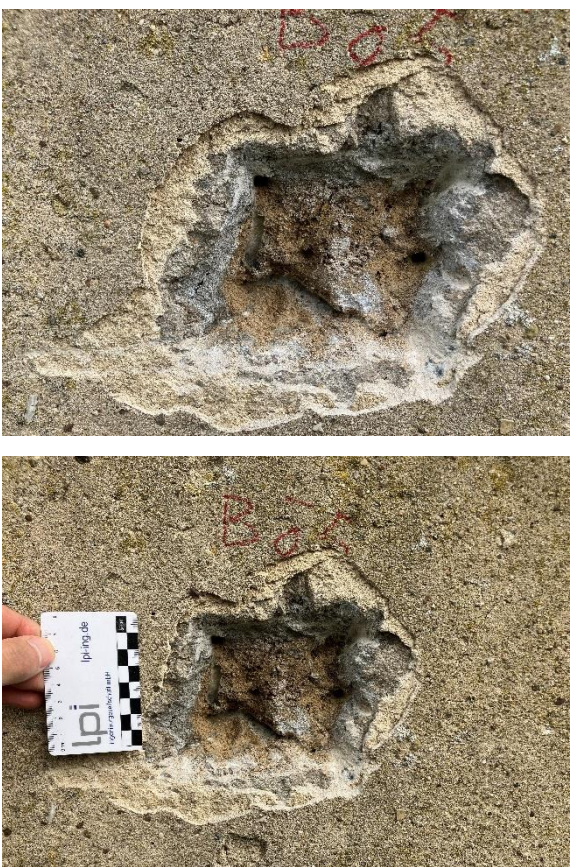
4.3 Bauteilöffnungen

Zusätzlich zu den sichtbaren Schäden, die sowohl in der aufgetragenen Putzschicht als auch an der freigelegten, verwitterten Betonoberfläche der Stützwand festgestellt wurden, wurden entlang der gesamten Stützwand exemplarisch zehn Bauteilöffnungen durch Putzabtrag vorgenommen. Diese dienen der Zustandsbewertung des Betons, insbesondere auch in den nicht einsehbaren Bereichen. Die folgende Tabelle zeigt eine Übersicht der hergestellten Bauteilöffnungen.

Tab. 1: Dokumentation der Bauteilöffnungen

BÖ	Bemerkungen	Fotodokumentation
Nr.1	BÖ1 (Km 134,261) • Schadensidentifikation: Schadstelle aufgrund von Ausblühungen lokalisiert • Putzstärke: Auftragsdicke des Putzes beträgt ca. 1 cm • Befund Spannvorrichtung: Stahldraht einer Schalungsspannvorrichtung identifiziert • Betonfeuchtigkeit: Beton zeigt erhöhte Feuchte • Betonstruktur: Zementmatrix weist eine sandige Textur auf	

Nr.2	BÖ2 (Km 134,230) • Schadensidentifikation: Schadstelle aufgrund von Ausblühungen und verwitterter Putzoberfläche lokalisiert • Putzstärke: Auftragsdicke des Putzes beträgt ca. 2,5 cm • Befund Spannvorrichtung: Stahldraht einer Schalungsspannvorrichtung identifiziert • Betonfeuchtigkeit: Beton zeigt erhöhte Feuchte • Betonstruktur: Zementmatrix weist eine sandige Textur auf • Oberflächenzustand: Verwitterung mit weißen Aussinterungen	
Nr.3	BÖ3 (Km 134,220) • Schadensidentifikation: Schadstelle aufgrund von Ausblühungen und einer Rissbildung an der Putzoberfläche lokalisiert • Putzstärke: Auftragsdicke des Putzes beträgt ca. 2,5 cm • Betonfeuchtigkeit: Beton zeigt erhöhte Feuchtigkeit • Betonstruktur: Zementmatrix weist eine absandende Oberfläche auf. Beton ist sehr weich. Oberflächenzustand: leicht abgewaschen.	

Nr.4	BÖ4 (Km 134,196) • Schadensidentifikation: Schadstelle aufgrund blätterartiger Abplatzung der Putzschicht und einer Rissbildung lokalisiert • Putzstärke: Auftragsdicke des Putzes beträgt ca. 2,5 cm • Betonfeuchtigkeit: Beton zeigt erhöhte Feuchtigkeit. • Betonstruktur: Zementmatrix weist eine absandende Oberfläche auf. Der Beton ist weich und zeigt eine niedrige Festigkeit.	
Nr.5	BÖ5 (Km 134,185) • Schadensidentifikation: horizontaler Riss unterhalb der Bauteilöffnung • Putzstärke: Auftragsdicke des Putzes beträgt ca. 2,5 cm • Betonfeuchtigkeit: Beton ist feucht. • Betonstruktur: Zementmatrix weist eine absandende Oberfläche auf. Der Beton ist weich und zeigt eine niedrige Festigkeit. • Betonoberfläche: weiße Aussinterungen im Beton	

Nr.6	BÖ6 (Km 134,173) • Schadensidentifikation: keine oberflächlichen Auffälligkeiten. • Putzstärke: Auftragsdicke des Putzes beträgt ca. 2,0 cm. • Befund Spannvorrichtung: Stahldraht einer Schalungsspannvorrichtung identifiziert. • Betonfeuchtigkeit: Beton zeigt erhöhte Durchfeuchtungen Betonstruktur: Zementmatrix weist eine sandige Struktur auf. Der Beton ist weich und zeigt eine niedrige Festigkeit	
Nr.7	BÖ7 (Km 134,119) • Schadensidentifikation: Schadstelle aufgrund einer vertikalen Rissbildung lokalisiert. • Putzstärke: Auftragsdicke des Putzes beträgt ca. 2,5 cm. • Betonfeuchtigkeit: Betonoberfläche leicht feucht Betonstruktur: Zementmatrix weist eine absandende Struktur auf. Der Beton ist fester als in den zuvor hergestellten Bauteilöffnungen.	

Nr.8	BÖ8 (Km 134,098) • Schadensidentifikation: Putzoberfläche verwittert. • Putzstärke: Auftragsdicke des Putzes beträgt ca. 2,5 cm. • Betonfeuchtigkeit: erhöhte Feuchtigkeit, Zementstein weist eine dunkelbraune Farbe. Betonstruktur: Zementmatrix weist eine absandende Struktur auf. Lokale weiße Aussinterungen an der Oberfläche.	
Nr.9	BÖ9 (Km 134,078) • Schadensidentifikation: Schadstelle aufgrund einer Rissbildung lokalisiert. • Putzstärke: Auftragsdicke des Putzes beträgt ca. 3,0 cm. • Auffälligkeiten: weiße Aussinterungen an der Betonoberfläche und leichte Feuchtigkeitsspuren. • Betonstruktur: Zementmatrix weist eine leichte absandende Struktur auf.	
Nr.10	BÖ10 (Km 134,048) • Schadensidentifikation: keine Auffälligkeiten • Putzstärke: Auftragsdicke des Putzes beträgt ca. 1,0 cm. • Betonoberfläche: keine nennenswerten Auffälligkeiten.	

Mittels Bauteilöffnung konnte an keiner Stelle Bewehrung oder sonstige Metalleinlagen im Bereich des Putzes festgestellt werden. Es ist somit von einem unbewehrten Putz auszugehen. Zur Verifizierung des Ergebnisses wurden an den Putzflächen im Bereich des Altbestands weitere zerstörungsfreie Messung mit einem Bewehrungsortungsgerät durchgeführt. Auch bei diesen Messungen wurden keine Hinweise auf eine durchgehende Bewehrung gefunden. Lediglich einzelne kleine Stäbe wurden in unregelmäßigen Abständen detektiert. Bauteilöffnungen an den Detektionsstellen zeigten, dass es sich hierbei um Stahldrähte handelt, die vermutlich als Bestandteile früherer Schalungsvorrichtungen eingebracht wurden.

In den meisten der durchgeführten Bauteilöffnungen zeigte der Stampfbeton unterhalb der Putzschicht eine Zementmatrix mit sandiger Struktur. Der Beton wies stellenweise eine weiche Beschaffenheit und geringe Festigkeit auf, sodass ein tiefes Stemmen ohne großen Kraftaufwand möglich war. Zudem wurden Durchfeuchtungen und Feuchtigkeitsspuren sowie weiße Aussinterungen im Beton festgestellt.

4.4 Betondeckungsmessung

Hinsichtlich des Korrosionsschutzes der Bewehrung stellt eine ausreichend dichte und dicke Betondeckung bei Stahlbetonbauteilen sicher, dass die für den Korrosionsschutz der Stähle erforderliche Alkalität in der direkten Umgebung der Stahloberfläche über die planmäßige Nutzungsdauer und für die zu erwartende Exposition erhalten bleibt. Grundsätzlich steigt die Lebenszeit von Stahlbetonbauteilen mit zunehmender Betondeckung an.

Die vorliegende Betondeckung wird in ausgewählten Bauteilbereichen stichprobenhaft gemessen. Die Messung erfolgt zerstörungsfrei mittels des elektro-magnetischen Induktionsverfahrens (Hilti Ferroskan PS 300) und wird über die Stahlbetonoberflächen bzw. die beschichtete Deckenoberseite des gegenständlichen Bauwerks verteilt durchgeführt.

Im Bereich des Altbestands der Stützwand wurden mehrere Flächenscans vorgenommen, um mögliche Drahtbewehrungen im Aufputz sowie die Betondeckung der Bewehrung und etwaige Abstandshalter in der aufbetonierten Mauerkrone zu erfassen.

In der nachfolgenden Tabelle sind die auf ganze Millimeter gerundeten Mittelwerte und das jeweilige Minimum der Betondeckung für die einzelnen Messstellen aufgeführt. Die angegebene Betondeckung ist dabei immer von der während des Ortstermins vorliegenden Oberfläche aus angegeben. Die Messrichtung wird für aufgehende Bauteile (Wände) mit horizontal und vertikal bezogen auf den Grundriss benannt. Dabei wird jeweils die quer zur Messrichtung liegende Bewehrung erfasst. Der für die Auswertung erforderliche angenommene Stabdurchmesser basiert entweder auf den Bauteilöffnungen oder wird auf Grundlage der Messergebnisse abgeschätzt.

Tab. 2: Betondeckungsmessungen

Nr.	Bereich	Messrichtung zum Bauteil	angenommener Stabdurchmesser [mm]	Messlänge [m]	Anzahl der Stäbe	Betondeckung Mittelwert [mm]	Betondeckung Minimum [mm]
1	Mauerkrone Km 134,263	horizontal	8	2,1	13	48	30
2			8	2,1	14	51	45
3		vertikal	8	0,7	5	47	36
4			8	0,7	5	53	40
5			8	0,66	4	57	53

Nr.	Bereich	Messrichtung zum Bauteil	angenommener Stabdurchmesser [mm]	Messlänge [m]	Anzahl der Stäbe	Betondeckung Mittelwert [mm]	Betondeckung Minimum [mm]
6			8	0,73	4	60	53
7	Altbestand Km 134,263	horizontal	8	2,36	-	-	-
8			8	2,42	-	-	-
9			8	2,07	-	-	-
10		vertikal	8	1,2	-	-	-
11			8	1,19	-	-	-
12			8	1,18	-	-	-
13	Mauerkrone Km 134,228	horizontal	8	1,23	8	60	54
14			8	1,29	8	56	46
15		vertikal	8	0,52	3	60	59
16			8	0,50	3	59	55
17			8	0,6	3	75	70
18	Altbestand Km 134,228	horizontal	8	1,63	-	-	-
19			8	1,67	-	-	-
20			8	2,02	1	-	50
21		vertikal	8	1,29	-	-	-
22			8	1,37	-	-	-
23			8	1,24	-	-	-
24	Altbestand BÖ1 (Km 134,261)	horizontal	8	0,95	1	-	39
25		vertikal	8	0,38	1	-	78
26	Altbestand BÖ2 (Km 134,230)	horizontal	8	1,03	1	-	20
27		vertikal	8	0,39	1	-	39
28	Altbestand BÖ6 (Km 134,173)	horizontal	8	0,91	1	-	36
29		vertikal	8	0,49	1	-	42
30	Altbestand (Km 134,224)	horizontal	8	2,01	-	-	-
31			8	2,11	-	-	-
32			8	2,30	-	-	-
33		vertikal	8	0,86	-	-	-
34			8	0,93	-	-	-
35			8	1,06	-	-	-
36	Altbestand (Km 134,215)	horizontal	8	2,09	-	-	-
37			8	2,11	-	-	-
38			8	2,10	-	-	-
39		vertikal	8	0,79	-	-	-
40			8	0,82	-	-	-
41			8	1,24	1	-	35
42	Altbestand BÖ5 (Km 134,185)	horizontal	8	2,29	-	-	-
43			8	2,14	1	-	79
44			8	2,07	-	-	-
45		vertikal	8	1,16	1	-	57
46			8	1,22	-	-	-
47			8	1,21	-	-	-

Nr.	Bereich	Messrichtung zum Bauteil	angenommener Stabdurchmesser [mm]	Messlänge [m]	Anzahl der Stäbe	Betondeckung Mittelwert [mm]	Betondeckung Minimum [mm]
48	Altbestand BÖ6 (Km 134,173)	horizontal	8	2,16	-	-	-
49			8	2,10	-	-	-
50			8	2,08	-	-	-
51		vertikal	8	1,09	-	-	-
52			8	1,24	2	52	36
53			8	1,06	-	-	-
54	Altbestand BÖ7 (Km 134,119)	horizontal	8	2,08	-	-	-
55			8	2,17	-	-	-
56			8	2,23	-	-	-
57		vertikal	8	1,13	-	-	-
58			8	1,05	-	-	-
59			8	1,08	-	-	-
60			8	1,07	-	-	-
61	Altbestand BÖ8 (Km 134,098)	horizontal	8	2,04	-	-	-
62			8	2,08	-	-	-
63			8	1,97	-	-	-
64		vertikal	8	0,92	1	-	84
65			8	1,03	-	-	-
66			8	1,01	-	-	-
67	Altbestand BÖ9 (Km 134,099)	horizontal	8	2,07	1	-	98
68			8	2,15	-	-	-
69			8	2,14	1	-	51
70		vertikal	8	0,97	-	-	-
71			8	0,95	-	-	-
72			8	0,93	-	-	-
73	Altbestand BÖ10 (Km 134,048) Instandgesetzter Bereich	horizontal	8	1,92	11	36	23
74			8	2,27	11	34	14
75			8	2,31	11	38	26
76		vertikal	8	1,04	-	-	-
77			8	1,10	-	-	-
78			8	1,09	17	31	19
79	Mauerkrone (Km 134,154)	horizontal	8	1,19	7	41	39
80			8	1,16	7	67	65
81		vertikal	8	0,67	4	60	34
82			8	0,68	7	56	35
83			8	0,75	4	64	31
84	Mauerkrone (Km 134,112)	horizontal	8	0,66	1	33	33
85		vertikal	8	1,11	2	37	35
86	Mauerkrone (Km 134,112)	horizontal	8	1,39	-	-	-
87		vertikal	8	1,01	-	-	-
88	Naturstein- mauerwerk (Km 134,011)	horizontal	8	2,52	4	27	22
89		vertikal	8	2,14	5	32	20

Nr.	Bereich	Messrichtung zum Bauteil	angenommener Stabdurchmesser [mm]	Messlänge [m]	Anzahl der Stäbe	Betondeckung Mittelwert [mm]	Betondeckung Minimum [mm]
90	Naturstein-mauerwerk (Km 134,006)	horizontal	8	2,65	4	30	28
91		vertikal	8	1,47	5	34	16
92	Naturstein-mauerwerk (Km 134,001)	horizontal	8	2,46	4	74	62
93		vertikal	8	1,26	4	40	20
94	Mauerkrone (Km 134,014)	horizontal	8	1,69	-	-	-
95		vertikal	8	1,50	-	-	-
96	Mauerkrone (Km 134,014)	horizontal	8	1,49	-	-	-
97		vertikal	8	1,46	-	-	-

Zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit der Stützwand ist ein Schutz der Bewehrung erforderlich, wozu genügend dicke und ausreichend dichte/widerstandsfähige Betondeckungen erforderlich sind. Die durch die Betondeckungsmessung ermittelten Werte in der vorangegangenen Tabelle zeigen, dass die Bewehrung im Bereich der Mauerkrone eine ausreichende Betondeckung aufweist.

Im Bereich der Mauerkrone wurden an fünf Messpunkten Untersuchungen zur Betondeckung durchgeführt. Innerhalb des Abschnitts der erhöhten Mauerkrone zwischen km 134,013 und km 134,115 wurde keine Bewehrung festgestellt (siehe Messungen 94–97). In den ersten beiden Bereichen (Untersuchungsstellen 1, 2, 7, 8 und 9) liegt das arithmetische Mittel der Betondeckung zwischen 41 mm und 75 mm, wobei die Mindestdeckung bei 30 mm liegt.

Im Bereich des Natursteinverbundmauerwerks zwischen ca. km 133,995 und km 134,013 wurden Betondeckungsmessungen durchgeführt, um potenzielle Drahtanker zu detektieren. Anhand der Messungen an drei Stellen konnten Drahtanker in regelmäßigen Abständen identifiziert werden (siehe Messungen 88–93). In Abstimmung mit dem AG wurde auf das Freilegen der Drahtanker verzichtet, um das Verbundmauerwerk nicht zu beschädigen. Die Positionen der Drahtanker sind im folgenden Bild exemplarisch an der Wandoberfläche markiert.



Abb. 49: exemplarische Darstellung der Position der Drahtanker

4.5 Geometrie und Bauteilaufbau

Im Rahmen der durchgeführten Untersuchungen wurde der Aufbau bzw. die Konstruktion der Stützwand ermittelt. Die Geometrie der Wand wurde durch ein örtliches Aufmaß und Bohrungen ermittelt. Ergänzende Abmessungen der Wand wurden aus [U 3] entnommen.

- Die Länge der Stützwand erstreckt sich zwischen km 133,995 bis 134,267.
- Die Wandhöhe steigt mit dem Geländeverlauf entsprechend in ihrem Verlauf von West nach Ost von 2,95 m bei km 134,267 auf 5,8 m bei km 134,013. Die Wandhöhe bei der Bahnkilometer 134,053 beträgt etwa 6,1 m. Die Turnerstraße weist von Nordwesten in Richtung Südosten ein Gefälle auf. Die Höhendifferenz beträgt auf der Länge der Wand ca. 1,20 m.
- Die Breite der Brückenkappe/Gesims beträgt am Beginn der Turnerstraße, zwischen Strecken-km 133,995 und ca. 134,040, 1,10 m. Im hinteren Bereich der Turnerstraße, von Strecken-km 134,120 bis 134,267, weist die Mauerkrone (ohne aufgesetzte Brückenkappe/Gesims) eine Dicke von 0,50 m auf. Die angegebene Breite bezieht sich auf die von oben sichtbare Stärke des Wandkopfes. Im Bereich zwischen km 133,995 und 134,115 entspricht die Breite der Brückenkappe nicht der tatsächlichen Dicke des Wandkopfes, da dieser Abschnitt mit einem Gesims bzw. einer aufgesetzten Kappe versehen ist.

Auf Grundlage der durchgeführten Untersuchungen konnten die Geometrie und der Bauteilaufbau der Stützwand ermittelt werden. Hierfür wurde die Stützwand in vier Abschnitte unterteilt, die anhand des optischen Erscheinungsbildes differenziert wurden. Um Stellen zu identifizieren, an denen sich der Wandaufbau verändert, wurden in Abstimmung mit dem Auftraggeber (AG) zusätzliche Bohrungen zwischen den Hauptuntersuchungsstellen durchgeführt. Eine Übersicht der ermittelten Bauteilaufbauten ist in Anlage 1 enthalten.

4.6 Bohrkernansprache

Zur Aufnahme des makroskopischen Gefüges der untersuchten Bauteile wurde eine Bohrkernansprache an den gewonnenen Bohrkernen aus dem gegenständlichen Bauwerk durchgeführt. Die Lage der Bohrkernentnahmestellen wurde anhand des abgestimmten Untersuchungsziels festgelegt (vgl. Anlage 1).

Zur Analyse der Konstruktion und des Aufbaus der Stützwand, die durch die Erstuntersuchung der Stufe I basierend auf dem optischen Erscheinungsbild in verschiedene Bereiche unterteilt wurde, erfolgten Durchbohrungen in den relevanten Untersuchungsbereichen. Zusätzlich wurden weitere Bohrungen vorgenommen, um ausreichend Material für die baustofflichen Untersuchungen zu gewinnen. Um die Stellen der Profiländerungen präzise zu lokalisieren, wurden zwischen den ursprünglich definierten Untersuchungsstellen zusätzliche Bohrungen durchgeführt.

Die Bereichsgrenzen / Längen wurden dabei aus den bekannten Kilometrierungswerten und Satellitendaten (Quelle: maps.google.de) abgeleitet:

- Bereich 1 (Strecken-km ca. 134,180 bis km 134,267):
Von Nordwestende bis etwa Südostfassade des Hauses Turnerstraße 9. Die Stützwand weist in diesem Bereich ausgeprägte horizontale Arbeitsfugen auf.
- Bereich 2 (Strecken-km ca. 134,115 bis ca. 134,180):
Etwa von Südostfassade des Hauses Turnerstraße 9 bis Höhenversprung Mauerkrone
- Bereich 3 (Strecken-km ca. 134,013 bis ca. 134,115):
Bereich mit aufbetonierter, hoher Mauerkrone und Kappe/Gesims

- Bereich 4 (Strecken-km ca. 133,995 bis ca. 134,013):
Bereich mit Sandstein-Vorsatzschale

Der Beton der Stützwand besteht aus Stampfbeton, der bereichsweise vermehrt Kiesnester zeigt, was auf unzureichende Verdichtungsarbeiten hinweist. In einigen Bohrungen wurden horizontale Arbeitsfugen angetroffen, an denen der Beton ebenfalls vermehrt Kiesnester aufweist. Hier zeigt sich eine deutlich unterschiedliche Gefügedichte zwischen den einzelnen Betonlagen.

Im Bereich der aufgesetzten Mauerkrone zeigt der Beton an fast allen Untersuchungsstellen eine gute Qualität. Die aufgesetzte Mauerkrone weist unterschiedliche Bauteildicken auf, die anhand der durchgeführten Bohrungen in halber Höhe der Mauerkrone sowie in den Fugen im Übergangsbereich zwischen der aufgesetzten Mauerkrone und dem Altbestand ermittelt werden konnten (vgl. Anlage 3, Untersuchungsstellen 9 sowie 13 bis 18). An den Bohrstellen 9, 13, 17 und 18 (Bohrkerne 28, 35, 39 und 40) wurde eine Trennfuge bei 80 cm Tiefe festgestellt. Unterhalb dieser Trennfuge setzte sich der Beton bis zu einer Tiefe von etwa 2,15 m fort.

Bei den Diagonalbohrungen zur Bestimmung der Fundamenttiefe ist die Bohrkernlänge merklich kürzer als die tatsächliche Bohrtiefe. Dies ist auf eine erhöhte Mörtelanteilbildung im Bohrbereich zurückzuführen, die während des Bohrvorgangs ausgespült wurde und somit zu einem verkürzten Bohrkern führte.

Die ermittelten Geometrien für die untersuchten Stellen der Stützwand können aus der Anlage 1 entnommen werden. In der folgenden Tabelle werden auszugsweise repräsentative Aufnahmen der Bohrkern e dargestellt.

Tab. 3: exemplarische Dokumentation der Bohrkernansprache

Makroskopische Gefüge Bohrkern e	
	BK 9: Untersuchungsbereich 8 0-10 cm Natursteinmauerwerk: Steinfarbe beige, feine Struktur, wenige Poren vorhanden. 10-90 cm Entlang der BK-Achse ist eine Arbeitsfuge vorhanden. Beton: Größtkorn 16 mm, gebrochene Gesteinskörnung, grob- mittelkörnige Kornverteilung, geringer Mörtelanteil, Mörtelfarbe zementgrau bis graubeige, erhöhter Porenanteil, Mantelfläche leicht rau, vereinzelte Kiesnestbildungen vorhanden. 90-200 cm Entlang der BK-Achse ist eine Arbeitsfuge vorhanden. Beton: Größtkorn 16 mm, gebrochene Gesteinskörnung, fein- mittelkörnige Kornverteilung, hoher Mörtelanteil, Mörtelfarbe zementgrau bis graubeige, erhöhter Porenanteil, Mantelfläche rau, leicht absendende Oberfläche. 200-269 cm Entlang der BK-Achse ist eine Arbeitsfuge vorhanden. Beton: Größtkorn 8 mm, gebrochene Gesteinskörnung, fein- mittelkörnige Kornverteilung, normaler Mörtelanteil, Mörtelfarbe steingrau, erhöhter Porenanteil, Mantelfläche rau, leicht absendende Oberfläche. 269-270 cm Mörtel: Größtkorn 2 mm, Farbe steingrau, geringer Porenanteil.

Makroskopische Gefüge Bohrkerne	
	BK 31: Untersuchungsbereich 1
	0-15 cm Natursteinmauerwerk: Farbe Beige, gebändert, feine Struktur, wenige Poren vorhanden.
	15-217 cm Beton: Größtkorn 16 mm, gebrochene Gesteinskörnung, grob- mittelkörnige Kornverteilung, hoher Mörtelanteil, Mörtelfarbe zementgrau bis graubeige, erhöhter Porenanteil, Mantelfläche rau, leicht absendende Oberfläche. Von 200-220 cm teilweise kiesnestartige Struktur.
	217-218 cm Mörtel: Größtkorn 2 mm, steingrau, geringer Porenanteil, mit einer dünnen schwarzen Schicht am Ende.
	218-230 cm Natursteinmauerwerk: Farbe Beige, gebändert, feine Struktur, wenige Poren vorhanden.

4.7 Bestimmung der mechanischen Kennwerte

4.7.1 Bohrkernentnahme

Zur Ermittlung der mechanischen Kennwerte wurden aus den vier Bereichen der Stützwand Bohrkerne mit einem Durchmesser von 100 mm im Nassbohrverfahren entnommen. Die Positionen der Entnahmestellen wurden gemäß dem Untersuchungskonzept der Stufe 1 und in enger Abstimmung mit dem Auftraggeber (AG) festgelegt und bei Bedarf an die örtlichen Gegebenheiten angepasst.

Zur Ermittlung von Festigkeitskenngrößen wurden aus den Bohrkernen im Labor Probekörper präpariert. Nachfolgend eine Auflistung der entnommenen Bohrkerne und die daran durchzuführende Prüfungen.

Tab. 4: Durchgeführte Prüfungen an den entnommenen Bohrkernen

Bohrkern	Durchgeführte Prüfung
Bohrkern 3	- Druckfestigkeitsprüfung - E-Modul
Bohrkern 4	- Druckfestigkeit
Bohrkern 5	- Druckfestigkeit
Bohrkern 6	- Druckfestigkeitsprüfung - E-Modul
Bohrkern 7	- Druckfestigkeitsprüfung
Bohrkern 8	- Druckfestigkeitsprüfung

Bohrkern	Durchgeführte Prüfung
Bohrkern 8a	- Druckfestigkeitsprüfung
Bohrkern 9	- Druckfestigkeitsprüfung
Bohrkern 10	- Druckfestigkeitsprüfung - E-Modul
Bohrkern 11	- Druckfestigkeitsprüfung
Bohrkern 12	- Druckfestigkeitsprüfung
Bohrkern 13	- Druckfestigkeitsprüfung
Bohrkern 14	- Druckfestigkeitsprüfung
Bohrkern 15	- Druckfestigkeitsprüfung
Bohrkern 16	- Druckfestigkeitsprüfung
Bohrkern 18	- Druckfestigkeitsprüfung
Bohrkern 18a	- Druckfestigkeitsprüfung
Bohrkern 20	- Druckfestigkeitsprüfung
Bohrkern 22	- E-Modul - Druckfestigkeitsprüfung
Bohrkern 25	- E-Modul - Druckfestigkeitsprüfung
Bohrkern 26a	- Druckfestigkeitsprüfung
Bohrkern 27	- E-Modul - Druckfestigkeitsprüfung
Bohrkern 28	- Druckfestigkeitsprüfung
Bohrkern 29	- E-Modul - Druckfestigkeitsprüfung
Bohrkern 30	- Druckfestigkeitsprüfung
Bohrkern 31	- Druckfestigkeitsprüfung
Bohrkern 32	- Druckfestigkeitsprüfung - E-Modul
Bohrkern 35	- Druckfestigkeitsprüfung

4.7.2 Prüfung am Beton

4.7.2.1 Druckfestigkeitsprüfung des Betons

Zur Bestimmung der Rohdichte und der Betondruckfestigkeit wurden im Labor aus den entnommenen Bohrkernen Prüfkörper hergestellt. Die Druckfestigkeitsprüfungen der Bohrkerns erfolgte nach den Kriterien der DIN EN 12390-1 und 3. Die Druckflächen der Probekörper wurden vor der Prüfung so geschliffen, dass die Probekörperhöhe annähernd dem Durchmesser des Probekörpers entsprach ($h/d \sim 1$). Die Prüfung erfolgte in einer Druckprüfmaschine mit einer Laststeigerung von $0,60 \text{ N}/(\text{mm}^2 \cdot \text{s})$. Die Druckfestigkeit wird als arithmetischer Mittelwert der einzelnen Probekörper angegeben.

Um repräsentative Druckfestigkeitswerte des vorhandenen Betons zu ermitteln, wurden insgesamt 82 Prüfkörper aus der Stützwand entnommen und geprüft. Die Anzahl der Prüfkörper richtet sich nach den Vorgaben des WTA-Merkblatts E-7-4 und der DIN EN 13791. Zur Effizienzsteigerung wurden mehrere Untersuchungsbereiche zusammengefasst. Die Druckfestigkeitsanalyse des Stampfbetons wurde über alle Tiefenbereiche durchgeführt, wobei die Druckfestigkeitswerte jeweils für den oberflächennahen Bereich, den Betonkern sowie den rückwärtigen Bereich der Stützwand differenziert ermittelt wurden. Die Druckfestigkeiten sind nachfolgend entsprechend den Bauteilbereichen zusammengefasst.

Bereich 1 (Untersuchungsstellen 1 bis 6):

Tab. 5: Betondruckfestigkeiten im Bereich 1

Probe	$\varnothing$	Schleifen / Abgleichen	Höhe	Masse Trocken	Trocken-rohdichte	Bruchlast	h/d	Druckfestigkeit	Mittelwert	Bauteil
	d	S / A	h	ms,dry		F,max	-	fc	fcm	
	mm	-	mm	g	kg/dm ³	kN	-	N/mm ²		
4	98,35	S	98,78	1681	2,24	396,1	1,00	52,1	53,2	Mauerkrone
4	98,38	S	98,39	1693	2,26	446,6	1,00	58,8		
4	98,35	S	98,7	1685	2,25	370,8	1,00	48,8		
3.1	99,97	S	100,07	1680	2,14	196,1	1,00	25,0	14,5	Altbestand oberflächennah
16.2	98,8	S	98,46	1573	2,08	89,3	1,00	11,6		
13.1	101,14	S	98,43	1725	2,18	178,1	0,97	22,2		
14.2	101,6	S	98,53	1547	1,94	50,5	0,97	6,2		
15.2	100,67	S	98,47	1659	2,12	93,8	0,98	11,8		
20.2	98,4	S	98,84	1499	1,99	43,5	1,00	5,7		
31.1	101,84	S	100,18	1680	2,06	149,0	0,98	18,3		
32.1	102,09	S	100,25	1668	2,03	126,6	0,98	15,5		
3.2	99,99	S	100,02	1751	2,23	339,3	1,00	43,2	18,1	Altbestand Kernbeton
16.4	98,85	S	99,1	1600	2,10	117,1	1,00	15,3		
13.3	100,57	S	98,57	1619	2,07	94,6	0,98	11,9		
14.3	100,52	S	95,99	1504	1,97	51,3	0,95	6,5		
15.4	101,05	S	98,85	1644	2,07	120,0	0,98	15,0		
20.6	98,5	S	98,81	1629	2,16	157,9	1,00	20,7		
31.3	101,98	S	100,24	1705	2,08	136,4	0,98	16,7		
32.3	101,87	S	100,41	1688	2,06	129,6	0,99	15,9		
3.3	100,12	S	98,55	1534	1,98	107,0	0,98	13,6	12,9	Altbestand rückwärtig
16.6	98,51	S	98,97	1585	2,10	98,2	1,00	12,9		
13.5	100,71	S	98,23	1686	2,15	102,5	0,98	12,9		

Probe	Ø	Schleifen / Abgleichen	Höhe	Masse Trocken	Trocken- rohddichte	Bruch- last	h/d	Druck- festigkeit	Mittel- wert	Bauteil
	d	S / A	h	ms,dry		F,max	-	fc	fcm	
	mm	-	mm	g	kg/dm ³	kN	-	N/mm ²		
14.4	100,16	S	98,59	1630	2,10	97,4	0,98	12,4		
15.5	101,01	S	98,41	1682	2,13	128,8	0,97	16,1		
20.9	98,75	S	98,39	1461	1,94	25,2	1,00	3,3		
31.4	102,14	S	100,01	1600	1,95	84,5	0,98	10,3		
32.4	102,02	S	96,16	1666	2,12	179,9	0,94	22,0		

Tab. 6: Elastizitätsmodul im Bereich 1

Probe	Ø	Schleifen / Abgleichen	Höhe	Masse Trocken	Trocken- rohddichte	Bruch- last	Druck- festigkeit	Mittel- wert	E-Modul	Bauteil
	d	S / A	h	ms,dry		F,max	fc	fcm		
	mm	-	mm	g	kg/dm ³	kN	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	
3.2	99,94	S	199,38	3466	2,26	196,8	25,1		24.700	Altbestand
32.4	101,72	S	199,46	3435	2,12	106,2	13,1	19,1	17.000	

Bereich 2 (Untersuchungsstellen 7 und 12):

Tab. 7: Betondruckfestigkeiten im Bereich 2

Probe	Ø	Schleifen / Abgleichen	Höhe	Masse Trocken	Trocken-rohdichte	Bruchlast	h/d	Druckfestigkeit	Mittelwert	Bauteil
	d	S / A	h	ms,dry		F _{max}	-	f _c	f _{cm}	
	mm	-	mm	g	kg/dm ³	kN	-	N/mm ²		
8.1	98,39	S	98,47	1690	2,26	404,4	1,00	53,2	58,8	Mauerkrone
8.1	98,48	S	98,61	1690	2,25	450,0	1,00	59,1		
8.1	98,67	S	98,27	1705	2,27	491,4	1,00	64,3		
5.2	100,26	S	98,41	1658	2,13	143,1	0,98	18,1	13,4	Altbestand oberflächennah
6.2	100,05	S	98,78	1645	2,12	166,1	0,99	21,1		
7.2	100,52	S	98,57	1490	1,90	68,2	0,98	8,6		
12.1	98,58	S	102,37	1521	1,95	44,5	1,04	5,8		
5.3	99,6	S	96,56	1597	2,12	132,0	0,97	16,9	11,1	Altbestand Kernbeton
6.2	100,31	S	98,42	1633	2,10	155,7	0,98	19,7		
7.2	99,67	S	98,62	1449	1,88	28,3	0,99	3,6		
12.4	98,12	S	98,78	1466	1,96	31,1	1,01	4,1		
5.7	99,54	S	98,5	1625	2,12	90,6	0,99	11,6	6,5	Altbestand rückwärtig
6.3	98,67	S	98,53	1345	1,79	34,5	1,00	4,5		
7.5	99,91	S	98,6	1472	1,90	27,6	0,99	3,5		
12.9	98,63	S	98,49	1503	1,99	47,6	1,00	6,2		

Tab. 8: Elastizitätsmodul im Bereich 2

Probe	Ø	Schleifen / Abgleichen	Höhe	Masse Trocken	Trocken-rohdichte	Bruchlast	Druckfestigkeit	Mittelwert	E-Modul	Bauteil
	d	S / A	h	ms,dry		F _{max}	f _c	f _{cm}		
	mm	-	mm	g	kg/dm ³	kN	N/mm ²	N/mm ²		
6.2	99,97	S	196,59	3166	2,05	104,5	13,3	11,4	12.000	Altbestand
22.2	98,90	S	196,61	2923	1,94	73,5	9,6		11.700	

Bereich 3 (Untersuchungsstellen 8 und 13):

Tab. 9: Betondruckfestigkeiten im Bereich 3

Probe	Ø	Schleifen / Abgleichen	Höhe	Masse Trocken	Trocken-rohdichte	Bruchlast	h/d	Druckfestigkeit	Mittelwert	Bauteil
	d	S / A	h	ms,dry		F _{max}	-	f _c	f _{cm}	
	mm	-	mm	g	kg/dm ³	kN	-	N/mm ²		
18a	98,96	S	98,5	1732	2,29	289,7	1,00	37,7	40,0	Mauerkrone
18.1	98,96	S	98,94	1737	2,28	311,0	1,00	40,4		
35.1	99,09	S	98,68	1698	2,23	277,7	1,00	36,0		
18a	98,97	S	99,04	1744	2,29	325,9	1,00	42,4		
18.1	98,94	S	98,63	1759	2,32	336,2	1,00	43,7		
9.2	100,15	S	98,74	1575	2,02	97,8	0,99	12,4	11,7	Altbestand oberflächennah
10.3	99,23	S	98,88	1534	2,01	46,6	1,00	6,0		

Probe	∅	Schleifen / Abgleichen	Höhe	Masse Trocken	Trocken-rohdichte	Bruch-last	h/d	Druck-festigkeit	Mittel-wert	Bauteil
	d	S / A	h	ms,dry		F,max	-	fc	fc _m	
	mm	-	mm	g	kg/dm³	kN	-	N/mm²		
11.1	100,7	S	98,65	1601	2,04	102,4	0,98	12,9		
25.1	94,8	S	100,33	1397	1,97	108,5	1,06	15,4		
9.5	100,41	S	98,71	1647	2,11	192,4	0,98	24,3	15,0	Altbestand Kernbeton
10.4	98,93	S	98,54	1414	1,87	70,0	1,00	9,1		
11.3	100,77	S	98,39	1619	2,06	128,7	0,98	16,1		
25.3	94,49	S	100,21	1373	1,95	72,5	1,06	10,3		
9.7	100,29	S	98,62	1478	1,90	85,3	0,98	10,8	10,7	Altbestand rückwärtig
10.8	98,93	S	98,54	1510	1,99	21,0	1,00	2,7		
11.3	100,6	S	98,79	1596	2,03	113,6	0,98	14,3		
25.6	94,15	S	100,3	1371	1,96	103,8	1,07	14,9		

Tab. 10: Elastizitätsmodul im Bereich 3

Probe	∅	Schleifen / Abgleichen	Höhe	Masse Trocken	Trocken-rohdichte	Bruch-last	Druck-festigkeit	Mittel-wert	E-Modul	Bauteil
	d	S / A	h	ms,dry		F,max	fc	fc _m		
	mm	-	mm	g	kg/dm ³	kN	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	
10.3	99,84	S	196,48	3100	2,02	76,4	9,8	11,1	13.100	Altbestand
25.3	94,27	S	199,65	2879	2,07	86,6	12,4		16.900	

Bereich 4 (Untersuchungsstellen 9,10 und 11):

Tab. 11: Betondruckfestigkeiten im Bereich 4

Probe	∅	Schleifen / Abgleichen	Höhe	Masse Trocken	Trocken-rohdichte	Bruch-last	h/d	Druck-festigkeit	Mittel-wert	Bauteil
	d	S / A	h	ms,dry		F,max	-	fc	fc _m	
	mm	-	mm	g	kg/dm³	kN	-	N/mm²	N/mm²	
28.2	93,75	S	100,2	1590	2,30	325,3	1,07	47,1	24,8	Mauerkrone
28.6	93,65	S	99,95	1390	2,02	101,5	1,07	14,7		
28.9	94,16	S	104,14	1435	1,98	87,6	1,11	12,6		
26.4	100,28	S	98,45	1558	2,0	113,5	0,98	14,4	14,2	Altbestand oberflächennah
27.2	92,41	S	100,46	1406	2,09	85,6	1,09	12,8		
29.2	99,07	S	100,31	1591	2,06	144,6	1,01	18,8		
30.1	99,26	S	98,76	1472	1,93	84,3	0,99	10,9		
26.7	99,83	S	98,29	1467	1,91	70,9	0,98	9,1	13,1	Altbestand Kernbeton
27.5	92,96	S	99,89	1355	2,00	75,4	1,07	11,1		
29.4	98,48	S	100,65	1607	2,10	140,7	1,02	18,5		
30.6	97,85	S	98,28	1499	2,03	104,9	1,00	13,9		
26.8	100,52	S	100,27	1667	2,10	116,2	1,00	14,6	13,0	Altbestand rückwärtig
27.8	93,51	S	100,51	1252	1,81	45,6	1,07	6,6		
29.6	98,7	S	100,35	1559	2,03	110,3	1,02	14,4		

Probe	∅	Schleifen / Abgleichen	Höhe	Masse Trocken	Trocken-rohdichte	Bruchlast	h/d	Druckfestigkeit	Mittelwert	Bauteil
	d	S / A	h	ms,dry		F _{max}	-	f _c	f _{cm}	
	mm	-	mm	g	kg/dm ³	kN	-	N/mm ²	N/mm ²	
30.8	99,06	S	98,63	1568	2,06	124,4	1,00	16,1		

Tab. 12: Elastizitätsmodul im Bereich 4

Probe	∅	Schleifen / Abgleichen	Höhe	Masse Trocken	Trocken-rohdichte	Bruchlast	Druckfestigkeit	Mittelwert	E-Modul	Bauteil
	d	S / A	h	ms,dry		F _{max}	f _c	f _{cm}		
	mm	-	mm	g	Kg/dm ³	kN	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	
27.2	93,25	S	199,6	2909	2,13	100,1	14,7	13,5	18.000	Altbestand
29.4	98,19	S	199,95	3166	2,09	93,3	12,3		13.700	

4.7.3 Bestimmung der Abreißfestigkeit

Zur Beurteilung der Abreißfestigkeit des Putzes im Altbestand sowie des Betons im Bereich der aufgesetzten Mauerkrone wurden im Labor Oberflächenzugfestigkeitsprüfungen an Bohrkernen aus den zuvor definierten Bereichen der Stützwand durchgeführt. Die Prüfung erfolgte nach Untergrundvorbereitung der Oberfläche, nach dem Abreißversuch nach DIN EN 1542 mit einem Messgerät des Typen F20D Easy (Freundl). Als Kleber wurde das Produkt MC Quicksolid der Firma MC Bauchemie verwendet. Die Ergebnisse sind der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen.

Tab. 13: Ergebnisse der Abreißfestigkeit

Prüfkörper	Bauteil	Abreißfestigkeit [N/mm ²]		Bruchart in % der Bruchfläche							
		Einzelwert	Mittelwert	Kohäsionsbruch				Adhäsionsbruch			
				A	B	C	Y	A/B	B/C	-/Y	Y/Z
HZ 1 BK 4 vorne	Mauerkrone Bereich 1	2,97	2,90	100							
HZ 2 BK 4 hinten		2,83		30			70				
HZ 3 BK 2	Altbestand Bereich 1	1,55	1,00	30			40			30	
HZ 4 BK 15		0,44		100							
HZ 5 BK 24		1,46		100							
HZ 6 BK 32		0,51		100							
HZ 7 BK 8a	Mauerkrone Bereich 2	3,18	2,93	100							
HZ 8 BK 8.1		3,64		100							
HZ 9 BK 8.2		1,96		100							
HZ 10 BK 7	Altbestand Bereich 2	0,68	0,80	100							
HZ 11 BK 12		0,87		100							
HZ 12 BK 22		0,84		100							
HZ 13 BK 18a	Mauerkrone Bereich 3	2,07	2,62	90			10				

Prüfkörper	Bauteil	Abreißfestigkeit [N/mm ²]		Bruchart in % der Bruchfläche							
		Einzelwert	Mittelwert	Kohäsionsbruch				Adhäsionsbruch			
				A	B	C	Y	A/B	B/C	-/Y	Y/Z
HZ 14 BK 18.1		2,67		100							
HZ 15 BK 35.1		3,12		70			30				
HZ 16 BK 11.1	Altbestand Bereich 4	0,44	0,44	100							
Trennfälle nach Rili-SIB DAfStb <u>Kohäsionsbrüche:</u> A - im Asphalt/Beton bzw. im Untergrund B - in der ersten Schicht des zu prüfenden Systems C - in der zweiten Schicht des zu prüfenden Systems Y - in der Klebschicht <u>Adhäsionsbrüche</u> A/B - zwischen Asphalt/Beton und der ersten Schicht des Systems B/C - zwischen der ersten und zweiten Schicht des Systems -/Y - zwischen der letzten Schicht des Systems und der Klebschicht Y/Z - zwischen Klebschicht und Stempel											

4.8 Schadstoffe

4.8.1 Untersuchung der Abdichtung und Abstandshalter

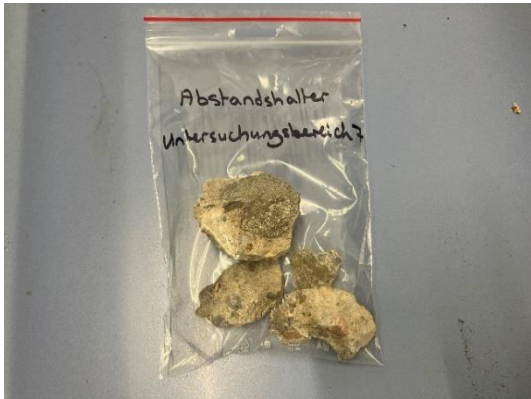
Im Rahmen der Untersuchung des Bauteilaufbaus wurden Bohrkerne entnommen, aus denen Abdichtungsproben gewonnen wurden. Diese betreffen die Abdichtung im rückseitigen Bereich der Stützwand, im Bereich der Mauerkrone sowie des Altbestands. Darüber hinaus wurden Abstandshalter im Bereich der aufgesetzten Mauerkrone untersucht.

Nach Entnahme der Materialproben und visueller Kontrolle wurden die Abdichtungsproben und die Abstandshalter zur Analyse auf Asbest, PCB und PAK dem akkreditierten Prüflabor WESSLING GmbH übermittelt.

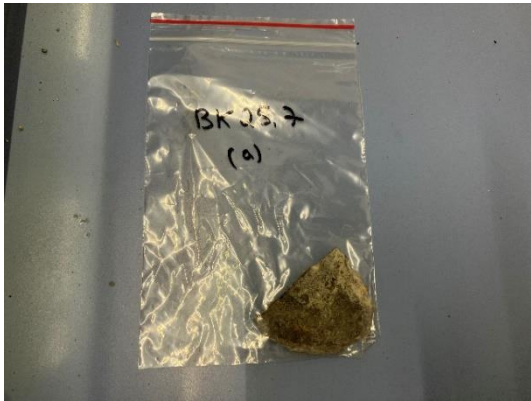
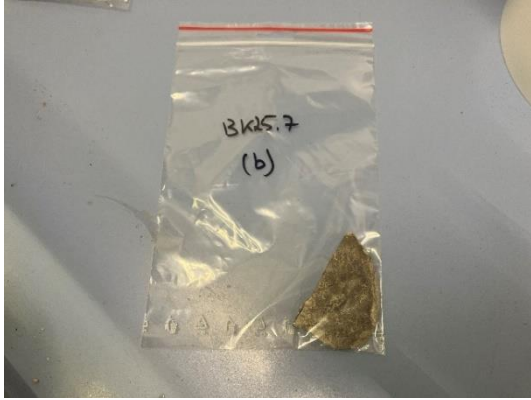
In den Merkblättern des Gefahrstoffinformationssystems der BG Bau (GISBAU) sind die für den Arbeitsschutz relevanten Eigenschaften zusammengefasst. Ebenso sind in der Stoffdatenbank GESTIS (Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz BIA) alle relevanten Daten zu den aufgelisteten Schadstoffen dargestellt.

Nachfolgend sind die Ergebnisse dargestellt, bei denen sich ein Schadstoffverdacht durch eine Laboranalytik bestätigt hat.

Tab. 14: Schadstoffanalyse

Bauteil	Probenbezeichnung	Foto	Ergebnis
Mauerkrone	Abstandhalter Untersuchungsstelle 1		Asbest NWG 0,1% Nicht Nachgewiesen
Mauerkrone	Abstandhalter Untersuchungsstelle 7		Asbest NWG 0,1% Nicht Nachgewiesen
Altbestand	Abdichtung Untersuchungsstelle 8 BK9 (a)		PAK: Summe PAK: 2,0 mg/kg → nicht auffällig PCB: Unterhalb der Nachweisgrenze
Altbestand	Abdichtung Untersuchungsstelle 1 BK 16.6 (b)		Asbest: Nicht Nachgewiesen PAK: Benzo(a)pyren: 59 mg/kg, Summe PAK: 401,8 mg/kg → gefährlicher Abfall, Arbeitsschutz TRGS 524 und TRGS 551 PCB: Unterhalb der Nachweisgrenze

Bauteil	Proben- bezeichnung	Foto	Ergebnis
Altbestand	Abdichtung Untersuchungs- stelle 7 BK 12	 	Asbest: Nicht Nachgewiesen PAK: Summe PAK: 73,1 mg/kg → gefährlicher Abfall, Arbeitsschutz TRGS 524 und TRGS 551 PCB: Unterhalb der Nachweisgrenze
Mauerkrone	Abdichtung Untersuchungs- stelle 8 BK 18 (a)		PAK: Summe PAK: 5,0 mg/kg → nicht auffällig PCB: Summe der PCB beträgt 0,653 mg/kg → nicht auffällig
Altbestand	Abdichtung Untersuchungs- stelle 2 BK 24		PAK: Benzo(a)pyren: 65 mg/kg, Summe PAK: 281 mg/kg → gefährlicher Abfall, Arbeitsschutz TRGS 524 und TRGS 551 PCB: Summe der PCB beträgt 0,487 mg/kg → nicht auffällig

Bauteil	Proben- bezeichnung	Foto	Ergebnis
Altbestand	Abdichtung Untersuchungs- stelle 8 BK 25		Asbest: Nicht Nachgewiesen
			PAK: Summe PAK: 291,0 mg/kg → gefährlicher Abfall, Arbeitsschutz TRGS 524 und TRGS 551 PCB: Unterhalb der Nachweisgrenze
Altbestand	Abdichtung Untersuchungs- stelle 9 BK 27		Asbest: Nicht Nachgewiesen
			PAK: Summe PAK: 60,2 mg/kg → gefährlicher Abfall, Arbeitsschutz TRGS 524 und TRGS 551 PCB: Unterhalb der Nachweisgrenze

Bauteil	Proben- bezeichnung	Foto	Ergebnis
Altbestand	Abdichtung Untersuchungs- stelle 3 BK 31		PAK: Benzo(a)pyren: 195 mg/kg, Summe PAK: 2.440 mg/kg → gefährlicher Abfall, Arbeitsschutz TRGS 524 und TRGS 551 PCB: Unterhalb der Nachweisgrenze

Entsprechend der Prüfergebnisse der analysierten Materialproben konnten keine Asbestfasern nachgewiesen werden. Die Summe der Polychlorierten Biphenylen (PCB) liegt unter 0,65 mg/kg und ist somit unauffällig.

Bei den untersuchten Proben wurden hohe Werte an Benzo(a)pyren festgestellt. Die Summe der quantifizierten Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) liegt zwischen 2,0 und 2440 mg/kg. Der Grenzwert für Benzo(a)pyren von 50 mg/kg ist somit deutlich überschritten. Damit ist die Abdichtung als gefährlicher Abfall einzustufen und zu entsorgen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die aufgeführten Schadstoffe besondere Arbeitsschutzmaßnahmen und Entsorgungswege bedürfen. Für Abbrucharbeiten ist ein A+S-Plan im Sinne der TRGS 524 zu erstellen und mit dem ausführenden Unternehmen abzustimmen.

4.8.2 Ergebnisse der Abfalltechnischen Untersuchung

Zur Klärung des Entsorgungspaths des vorhandenen Betons erfolgte eine Deklarationsanalyse gemäß EBV [NOR 7] des entnommenen Probenmaterials. Es wurde aus der Mauerkrone sowie aus dem Beton des Altbestands insgesamt zwei Mischproben aus den entnommenen Bohrkernen vorbereitet und dem akkreditierten Prüflabor Eurofins Umwelt Nord GmbH übermittelt. Die vollständige Analyseergebnisse liegen als Anlage 5 bei. Es resultiert die folgenden Ergebnisse:

Mittlerer/unterer Abschnitt BK11.1, BK5.2, BK6.2, BK7.1, BK7.2, BK22.1 und BK9.1:

Die Grenzwerte der Klasse RC-1 werden eingehalten, es wurde keine Überschreitung der Überwachungswerte festgestellt.

Der EOX-Gehalt liegt bei < 1,0 mg/kg und ist damit unauffällig.

Oberer Abschnitt BK35.1, BK35.2, BK8.1, BK18a, BK18.1:

Die Grenzwerte der Klasse RC-1 werden eingehalten, es wurde keine Überschreitung der Überwachungswerte festgestellt.

Der EOX-Gehalt liegt bei < 1,0 mg/kg und ist damit unauffällig.

4.9 Herstellung von Schürfen

Zur Untersuchung des Aufbaus der Mauerkrone wurden drei Schürfe im gleisnahen Bereich oberhalb der Stützwand hergestellt. Die Arbeiten fanden in der Nacht vom 16. auf den 17.04.2025 im Rahmen einer Gleissperrung statt.

Der erste Schurf wurde an der Untersuchungsstelle 17 bei Bahnkilometer 134,0+38 ausgeführt. In unmittelbarer Nähe zur Stützwand befindet sich ein Kabelkanal mit einer Breite von ca. 50 cm. Aus diesem Grund konnte der Schurf erst in einem Abstand von mindestens 1,6 m zur äußeren Gesimskante angesetzt werden. Die Oberkante der Stützwand wurde in einer Tiefe von 118 cm unterhalb der Oberkante der Mauerkrone erreicht. Die freigelegte Fläche war eben und bestätigt die im Rahmen der Bohrkernentnahme ermittelten Geometrieangaben (Abb. 50).



Abb. 50: Detailbild vom Ende des Bohrkerns BK 38

Schurf 2 wurde am OLA-Mast bei km 134,0+09 an der Eisenbahnüberführung über die Hansasträße durchgeführt. Auch an dieser Stelle befindet sich der Kabelkanal in unmittelbarer Nähe zur Stützwand. Aufgrund der örtlichen Gegebenheiten konnte der Schurf erst in einem Abstand von 1,75 m zur äußeren Gesimskante angelegt werden. Die Oberkante der Stützwand wurde in einer Tiefe von 78 cm unterhalb der Mauerkrone erreicht. Die freigelegte Fläche zeigte eine ebene Struktur.

Der dritte Schurf wurde bei Bahnkilometer 133,9+97 ausgeführt. Um den Verdichtungsgrad des Schotters im Gleisbereich möglichst wenig zu beeinträchtigen, erfolgte die Herstellung des Schurfes in etwa 1,1 m Entfernung zur Außenkante der Schwelle und 1,95m Entfernung zur Gesimskante. Die Ausführung erfolgte händisch bis zu einer Tiefe von 1,30 m. Innerhalb dieses Tiefenbereichs konnte weder eine Abschleppplatte noch die Oberkante der Stützmauer festgestellt werden.

Die festgestellten Schichtenaufbauten und Bauteilgeometrien sind in der Dokumentation zu den Schürfen in Anlage 6 dargestellt

5 Bewertung und Zusammenfassung der Ergebnisse

Zum Zeitpunkt der Untersuchung war keine Gefährdung der Standsicherheit erkennbar. Es wurden keine Verformungen oder Schiefstellungen festgestellt, die auf ungleichmäßige Setzungen hindeuten würden. Weiterhin ist bekannt, dass das Bauwerk regelmäßig hinsichtlich Verformungen vermessen wird.

Hinsichtlich der Dauerhaftigkeit ist anzuführen, dass die oberflächennahen Durchfeuchtungen der Stützwand die Dauerhaftigkeit der Konstruktion beeinträchtigen. Die vorhandenen horizontalen Risse im Bereich der Arbeitsfugen und die vertikalen Risse entlang des Bauwerks fördern potenziell das Eindringen von Schadstoffen in den Beton, was wiederum die Gefahr von weiteren Abplatzungen erhöht und die Dauerhaftigkeit zusätzlich beeinträchtigen kann.

Zur Aufrechterhaltung der Verkehrssicherheit waren vorab der Bauwerksuntersuchungen Ausbesserungen mittels Spritzbeton vorgenommen und die Sandstein-Vorsatzschale lokal verankert worden.

Aufgrund der deteriorierten Randzone des Stampfbetons, die sich in den Bauteilöffnungen häufig minderfest und absandend dargestellt hat, muss zukünftig mit einer Beeinträchtigung der Verkehrssicherheit durch infolge Verwitterung gelöste und herabfallende Putzschollen gerechnet werden. Hier empfehlen wir eine regelmäßige Kontrolle und Abtrag des gelösten Materials.

Die tiefengestaffelt ermittelten Druckfestigkeiten sind für einen historischen Stampfbeton durchaus als homogen zu bezeichnen, wobei die Druckfestigkeit von Stampfbeton stark von der Zusammensetzung, dem Verdichtungsgrad und den Zuschlagstoffen abhängt. Übliche Druckfestigkeiten für Stampfbeton sind:

- **Niedrigere Druckfestigkeiten:** Für einfachere Bauprojekte oder historische Bauten mit Stampfbeton liegen die Druckfestigkeiten häufig zwischen **5 bis 15 MPa**.
- **Höhere Druckfestigkeiten:** Moderne Anwendungen oder bei stärker verdichtetem Stampfbeton können Druckfestigkeiten von etwa **15 bis 30 MPa** erreicht werden.

Eine Korrelation zwischen den ermittelten Rohdichten und der Druckfestigkeit bestätigt: Je höher die Rohdichte (bessere Verdichtung des Betons), desto höher ist die gemessene Druckfestigkeit. Diese Korrelation gilt für alle untersuchten Bereiche, einschließlich des oberflächennahen Betons, des Betonvolumens im Kern und der rückwärtigen Bereiche.

Zusammenfassend lässt sich anhand der gewonnenen Erkenntnisse zur Stützwand feststellen, dass der Beton für ein historisches Bauwerk eine übliche Festigkeit aufweist. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass herstellungsbedingt lokale Minderfestigkeiten vorliegen können. Ferner zeigen die Druckfestigkeitsergebnisse, dass die an der exponierten Wandvorderseite witterungsbedingt geringere Festigkeiten vorliegen als im Kernbeton.

Hinsichtlich der Substanz ist die Stützwand damit als erhaltungswürdig zu bewerten.

Ergänzend ist hinzuzufügen, dass eine Instandsetzung der oberflächennahen Bereiche der Stützwand zeitnah erfolgen sollte, um eine weitere Degradation des Betons in diesem Bereich zu verhindern. Durch

frühzeitige Sanierungsmaßnahmen kann das Eindringen von Feuchtigkeit und Schadstoffen minimiert und die langfristige Tragfähigkeit der Stützwand nachhaltig gesichert werden.

Die untersuchten Abdichtungsproben wiesen signifikante Konzentrationen von Benzo(a)pyren auf. Die Gesamtsumme der quantifizierten polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) variiert zwischen 2,0 und 2440 mg/kg. Der festgelegte Grenzwert für Benzo(a)pyren von 50 mg/kg wurde somit erheblich überschritten. Infolgedessen ist die Abdichtung als gefährlicher Abfall zu klassifizieren und entsprechend zu entsorgen. Die identifizierten Schadstoffe erfordern spezielle Arbeitsschutzmaßnahmen sowie angepasste Entsorgungswege. Für die Durchführung von Abbrucharbeiten ist ein A+S-Plan gemäß TRGS 524 zu erstellen und mit dem ausführenden Unternehmen abzustimmen.

Die Ergebnisse der Deklarationsanalyse gemäß EBV der Betonmischproben aus der aufgesetzten Mauerkrone sowie dem Altbestand zeigen, dass die Grenzwerte der Klasse RC-1 eingehalten werden und keine Überschreitung der Überwachungswerte vorliegt. Der EOX-Gehalt liegt mit < 1,0 mg/kg im unauffälligen Bereich.



i. A. Michel Nauom M. Sc.



Ppa. Dr.-Ing. Sebastian Kunz

6 Anlage

Anlage 1: Lage Entnahmestellen und Geometrieermittlung

Anlage 2: Schadenskartierung

Anlage 3: Bohrkernansprache

Anlage 4: Schadstoffbericht

Anlage 5: Ergebnisse der Abfalltechnischen Untersuchung

Anlage 6: Dokumentation der Schürfe