

Ø

Grundlagenermittlung und Vorplanung

Zustandskonservierung der Kaimauer im Hafen Leverkusen-Hitdorf

Stadt Leverkusen
Fachbereich Finanzen
Postfach 101140
51311 Leverkusen

Impressum

Auftraggeber: Stadt Leverkusen
Fachbereich Finanzen

Auftragnehmer: **Grontmij GmbH**

Quantiusstraße 21
53115 Bonn

Bearbeitung: Ebm / Fj

Bearbeitungszeitraum: 12/2013 – 01/2014

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Grundlagenermittlung	2
3	Vorplanung	3
3.1	Variante 1: Beschichtung der Spundbohlen mit einem Korrosionsschutzsystem	3
3.2	Variante 2: Ersatz der Kaimauer durch eine vorgelagerte neue Spundwand	5
3.3	Variante 3: Kathodischer Korrosionsschutz der bestehenden Kaimauer	6
4	Zusammenfassung	8

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: vorhandene Spundwand im Hafen Hitdorf	1
--	---

Tabellenverzeichnis

Entfällt

Kartenverzeichnis

Entfällt

Anlagenverzeichnis

Anlage 1: Querschnittsdarstellung der Variante 1

Anlage 2: Querschnittsdarstellung der Variante 2

Planverzeichnis

Entfällt

Literaturverzeichnis

Entfällt

1 Einleitung

Im Hafen Leverkusen-Hitdorf besteht die Kaimauer im unteren Bereich aus Spundbohlen Typ Larssen III neu aus den 1960er Jahren. In diesem Bereich liegen die Anliegerstellen des Marine-Clubs und des Nautic-Clubs jeweils als Schwimmstege.

Die betrachtete Kaimauer ist etwa 194,0 m lang. Vom nordwestlichen Ende der Hafeneinfassung wurde auf einer Länge von etwa 101,0 m eine massive Winkelstützwand auf die Spundwand aufgesetzt. Hier befinden sich die Bootsanleger des Nautic-Clubs. Der in südöstlicher Richtung angrenzende Bereich wird vom Marine-Club genutzt. Hier ist die Kaimauer aus Spundbohlen der ursprünglichen Kaimauer vorgelagert.



Abbildung 1: vorhandene Spundwand im Hafen Hitdorf

Die vorhandenen Spundbohlen wurden aufgrund der deutlich sichtbaren Korrosion des Stahls im Jahr 2009 in statischer Hinsicht untersucht und eine voraussichtliche Restnutzungsdauer unter Berücksichtigung fortschreitender Korrosion bis zum Versagen ermittelt. Im Zuge der statischen Betrachtung wurde die Restwandstärke der Spundbohlen mittels Ultraschallverfahren bestimmt und der statischen Untersuchung zugrunde gelegt.

Die Rückverankerung der Spundwände wurde im Jahr 2008 durch Freilegen der Litzenanker und Begutachtung untersucht.

Die statische Untersuchung kam zu dem Ergebnis, dass unter Zugrundelegung des bisherigen Querschnittsverlusts infolge Korrosion und Hochrechnung der fortschreitenden Korrosion des Stahls die Standicherheit in 25 bzw. 30 Jahren nicht mehr gewährleistet werden kann. Zusätzliche Sicherheit soll durch eine Konservierung des derzeitigen Zustands erreicht werden. Diese Konservierung wird in der vorliegenden Grundlagenermittlung und Vorplanung untersucht und dargestellt.

2 Grundlagenermittlung

Seitens des Auftraggebers wurden Unterlagen zur Verfügung gestellt, die der vorliegenden Vorplanung als Planungsgrundlage dienen.

Die vorhandenen Spundwände der Kaimauer wurden im Jahr 2009 in statischer Hinsicht nachgerechnet und untersucht. Diese Untersuchung des Büros DOMKE Nachf., Mannesmannstraße 161, 47259 Duisburg einschließlich der zugehörigen Anlagen, die unter anderem eine Untersuchung des anstehenden Baugrunds sowie die Ergebnisse der Ultraschallmessung zur Wanddickenbestimmung beinhalten, liegt vor.

Bei einer Ortsbegehung wurden die örtlichen Gegebenheiten aufgenommen und fotografisch dokumentiert.

Eine Bestandszeichnung aus dem Jahr 1960 mit Ansicht, Draufsicht und Schnittdarstellung liegt vor.

3 Vorplanung

3.1 Variante 1: Beschichtung der Spundbohlen mit einem Korrosionsschutzsystem

Die Spundbohlen zeigen deutliche Schäden infolge der Korrosion, die vor allem in der Wasserwechselzone deutlich werden. Der derzeitige Zustand der Stahlprofile soll durch eine Korrosionsschutzbeschichtung konserviert werden und dadurch ein Fortschreiten der Korrosion unterbunden werden.

Die in Kapitel 3.1 vorgestellte Variante bedarf gewisser Voraussetzungen, die im Folgenden vorgestellt werden. Die vorbereitenden Maßnahmen als auch das Beschichten der Spundbohlen müssen unter trockenen Verhältnissen durchgeführt werden. So könnte z.B. im Hochsommer bei entsprechendem Niedrigwasser die Oberflächenvorbereitung und die Beschichtungsarbeiten von einem Ponton aus von der Wasserseite her vorgenommen werden. Falls in nächster Zeit keine Niedrigwasserperioden erwartet werden, so ist durch geeignete bauliche Maßnahmen eine trockene Arbeitsebene zu schaffen. Dies könnte z.B. durch eine wasserdichte Umschließung der Kaimauer mit Spundbohlen erfolgen, die nach den Instandsetzungsarbeiten wieder gezogen werden können. Anschließend kann durch Lenzen des Bereichs innerhalb der Umschließung bis zur Unterkante der Wasserwechselzone bzw. des geschädigten Bereichs der Kaimauer eine trockene Arbeitsebene geschaffen werden. Für diese baulichen Maßnahmen sind entsprechende Belange Dritter zu prüfen und die hierfür erforderlichen Kosten zu berücksichtigen.

Vor dem Beschichten der Spundbohlen sind vorbereitende Maßnahmen erforderlich. Die Bestandsaufnahme der Kaimauer zeigt deutliche Schäden durch Korrosion des Stahls, die teilweise schon zur Lochbildung und vollständigem Querschnittsverlust geführt haben. Die am Stahl anhaftenden Korrosionsprodukte müssen zur Erzielung eines Untergrunds, auf dem die Beschichtung eine ausreichende Haftfestigkeit erreicht, entfernt werden. Üblicherweise würde dies durch Strahlen mit mineralischem Strahlgut durchgeführt werden, um neben dem Entfernen der Korrosionsprodukte gleichzeitig eine raue Oberfläche zu schaffen. Im hier vorliegenden Fall kommt dieses Verfahren jedoch nicht zum Einsatz, da eine weitere Querschnittsschwächung der Spundbohlen durch die mechanische Einwirkung des Strahlguts selbst bei sorgfältiger Anwendung nicht ausgeschlossen werden kann.

Eine evtl. vorhandene Altbeschichtung auf den Stahlprofilen ist im ersten Arbeitsschritt mittels Hochdruckwasserstrahlen zu lösen, die Korrosionsprodukte sind dagegen mittels Wasserstrahlen bei niedrigem Wasserdruck zu entfernen. Die mit dem Wasser gelösten Beschichtungs- und Korrosionsprodukte müssen durch geeignete Maßnahmen gefasst und fachgerecht entsorgt werden.

Nach dem Reinigen und Vorbereiten der Oberfläche werden die vorhandenen Löcher durch Plattierungen verschlossen. Die Bleche werden umlaufend mit einer Schweißnaht als Kehlnaht mit den Spundbohlen verschweißt.

Als Beschichtungsstoff kommt eine Dickbeschichtung mit BAW-Zulassung zum Einsatz. Bei der Wahl des Beschichtungsstoffherstellers ist darauf zu achten, dass keine Oberflächenvorbereitung nach DIN EN ISO 12944 erzielt werden kann. Daher empfiehlt sich vorab nach dem Reinigen der Oberfläche eine Haftzugfestigkeitsuntersuchung mit dem verwendeten Beschichtungsstoff durchzuführen.

Der Beschichtungsstoff wird mit einer Lage aufgetragen. Die zu erzielende Sollschichtdicke sollte zwischen 500 und 1000 µm betragen. Es wird empfohlen während des Beschichtens regelmäßig die Nassschichtdicke zu messen und nach dem Beschichten durch eine Schichtdickenmessung die ausreichende Korrosionsschutzwirkung der Beschichtung zu überprüfen.

Die Prinzipdarstellung des Verfahrens ist in der Anlage 1 als Skizze dargestellt. Zur Vorbereitung der Oberfläche (Reinigung, Entrostung) und zum Beschichten werden Arbeitsgerüste erforderlich, die auf dem Ponton bzw. in der trockenen Spundwandumschließung aufgestellt werden.

Für die Durchführung dieses Verfahrens sind die Schwimmstege des Marine-Clubs und des Nautic-Clubs temporär zu entfernen, um einen ausreichenden Arbeitsraum herstellen zu können.

Die Kosten für die Konservierung des derzeitigen Zustands der Kaimauer einschließlich dem Instandsetzen der Schäden belaufen sich nach Kostenschätzung auf etwa 215.000,- €. Diese setzen sich wie folgt zusammen:

• Baustelleneinrichtung	= 10.000,- €
• Demontage Schiffsanleger	= 5.000,- €
• Wasserstrahlen der Spundwandoberfläche 194,0 m * 2,0 m * 35,- €/m² Ansichtsfläche	= 13.580,- €
• Beschichtung der Spundwandoberfläche 194,0 m * 2,0 m * 160,- €/m² Ansichtsfläche	= 62.080,- €
• Arbeitsgerüst und Ponton einschl. Umsetzen	= 85.000,- €
• Korrosionsschäden mit Blechen schließen	= 25.000,- €
• Geräteeinsatz	= 5.000,- €
• <u>Zuschlag für Kleinleistungen (~4,5 %)</u>	<u>= 9.340,- €</u>
	= 215.000,- €

Neben den Baukosten sind noch die Planungskosten, etc. in Höhe von etwa 10 % zu berücksichtigen.

3.2 Variante 2: Ersatz der Kaimauer durch eine vorgelagerte neue Spundwand

Die oben dargestellte Variante 1 hat den entscheidenden Nachteil, dass für die Oberflächenvorbereitung, die Instandsetzung der Schäden und die Beschichtung der Spundbohlen eine trockene Umgebung Voraussetzung ist. Kann diese nicht durch bauliche Maßnahmen geschaffen werden, bzw. stellt sich der dafür notwendige Wasserpegel „Niedrigwasser“ nicht ein, so kann das Verfahren nicht bzw. nur über einen langen Zeitraum gestreckt durchgeführt werden.

Als Alternative wird nachfolgend die Ertüchtigung der vorhandenen Kaimauer aus Spundbohlen durch eine zusätzliche Spundwand dargestellt. Die alte Konstruktion erfüllt weiterhin die tragende Funktion und wird durch die zusätzliche Spundwand verstärkt und vor Korrosion geschützt.

Von einem Ponton aus werden neue Spundbohlen im Abstand von etwa 30 bis 50 cm zur bestehenden Kaimauer eingebracht. Die Oberkante der neuen Spundbohlen kommt etwa 1,0 m oberhalb des Wandkopfs der bestehenden Spundbohlen zu liegen. Nach dem Herstellen einer wasserundurchlässigen Plombe zwischen den beiden Spundwänden, die z.B. als Betonsuspension eingebracht wird und die das Nachlaufen von Wasser von unten aus der Hafensohle weitestgehend verhindert, wird der Bereich zwischen den Spundwänden gelenzt. Die vorhandenen Korrosionsprodukte werden mittels Wasserstrahlen schonend von der bestehenden Kaimauer gelöst und fachgerecht entsorgt. Anschließend wird der lichte Raum zwischen den Spundwänden mit Beton verfüllt.

Durch den Beton wird eine basische Umgebung für die bestehende Spundwand geschaffen und diese vor weiterer Korrosion geschützt.

Auf die neue Spundwand wird wasserseitig eine Korrosionsschutzbeschichtung aufgebracht. Dies erfolgt im Werk unter optimalen Umgebungsbedingungen. Als Beschichtungsstoff kommt eine Dickbeschichtung mit BAW-Zulassung zum Einsatz. Beschädigungen der Beschichtung durch den Transport werden vor dem Einbringen fachgerecht ausgebessert.

Entsprechend der vorliegenden Untersuchung des anstehenden Baugrunds ist nicht mit Erschwerissen beim Einbringen der Spundwände zu rechnen. Es wurden bis zur Endteufe von 30,0 m rollige Böden, auf den letzten Metern teilweise in dichter Lagerung, angetroffen. Ob die Spundbohlen mittels Vibrationsverfahren oder durch Rammen eingebracht werden können, ist durch zusätzliche Untersuchungen des anstehenden Baugrunds unterhalb der Hafensohle zu bestimmen.

Das zuvor vorgestellte Verfahren ist in der Anlage 2 im Querschnitt dargestellt.

Für die Durchführung dieses Verfahrens sind die Schwimmstege des Marine-Clubs und des Nautic-Clubs temporär zu entfernen, um einen ausreichenden Arbeitsraum herstellen zu können.

Die zuvor dargestellte Variante hat den Vorteil, dass die Instandsetzung und Konservierung der bestehenden Spundwand weitestgehend unabhängig vom Wasserpegel im Hafen Hildorf ist. Demgegenüber ist jedoch mit höheren Baukosten zu rechnen. Diese werden wie folgt abgeschätzt:

• Baustelleneinrichtung	= 10.000,- €
• Demontage Schiffsanleger	= 5.000,- €
• Einbringen der Spundwand 194,0 m * 7,0 m * 150,- €/m ² Ansichtsfläche	= 203.700,- €
• Beschichtung der Spundwand 194,0 m * 7,0 m * 80,- €/m ² Ansichtsfläche	= 108.640,- €
• Verfüllung mit Beton 194,0 m * 7,0 m * 0,5 m * 180,- €/m ³	= 122.220,- €
• Geräteeinsatz	= 10.000,- €
• <u>Zuschlag für Kleinleistungen (~4,5 %)</u>	<u>= 20.440,- €</u>
	= 480.000,- €

Neben den Baukosten sind noch die Planungskosten, etc. in Höhe von etwa 10 % zu berücksichtigen.

3.3 Variante 3: Kathodischer Korrosionsschutz der bestehenden Kaimauer

Als weitere Alternative ist die Einrichtung eines kathodischen Korrosionsschutzes mit galvanischen Anoden ohne Fremdstromzuführung der Spundwände denkbar. Hierfür würden unterhalb des Wasserpegels in regelmäßigen Abständen sogenannte Opferanoden, z.B. auf Zink- oder Magnesiumbasis angebracht werden, die elektrisch leitend mit den Spundbohlen verbunden sind.

Die Korrosion an der Kaimauer wird im Wesentlichen durch die korrosiven Bestandteile des umgebenden Wassers im Hafen ausgelöst. Diese sind als Ionen im Wasser vorhanden und führen somit auch zu einem Stromfluss. Durch die elektrisch leitende Verbindung der Spundwände mit den Opferanoden wird durch die Ionen im Wasser der unedlere Werkstoff angegriffen, in diesem Fall die Opferanode, d.h. die Korrosion findet nicht mehr am Stahlprofil statt. Die Schutzdauer des Kathodischen Korrosionsschutzsystems bis zur Erneuerung der Opferanoden wird bis zu 5 Jahre abgeschätzt. Die Schutzwirkung der Opferanoden kann durch regelmäßiges Monitoring gesichert werden.

Das Anbringen der Opferanoden ist weitestgehend unabhängig vom Pegelstand im Hafenbereich. Die Opferanoden können auch mit Tauchereinsatz unter Wasser installiert werden. Bei einem engen Raster des kathodischen Korrosionsschutzsystems kann unter Umständen auf die kostenintensive Installation und Vorhaltung eines Stromaggregats und der Versorgung des Korrosionsschutzsystems mit Fremdstrom verzichtet werden. Dies ist durch eine vertiefende Planung des kathodischen Korrosionsschutzes und der Analyse der spezifischen Leitfähigkeit des umgebenden Mediums einschließlich der Dimensionierung der Opferanoden festzulegen. Weiterhin ist zu klären ob durch die Einleitung der Korrosionsprodukte der Opferanoden aus dem Korrosionsschutzsystem in das Hafenbecken Umweltbelange zu berücksichtigen sind.

Für die Durchführung des Verfahrens muss in der weitergehenden Planung geklärt werden, ob die Schwimmstege des Marine-Clubs und des Nautic-Clubs bauzeitlich ausgebaut werden müssen.

Die Kosten für die Einrichtung des kathodischen Korrosionsschutzsystems und die Vorhaltungskosten für eine geplante Restnutzungsdauer belaufen sich nach Kostenschätzung auf etwa 221.000 €.

• Baustelleneinrichtung	= 10.000,- €
• Demontage Schiffsanleger	= 5.000,- €
• Messung der spezifischen Leitfähigkeit des Hafenbeckens	= 2.500,- €
• Anbringen der Opferanoden	
150 Stk * 1.200,- €/Stk	= 180.000,- €
• Reparaturkosten während der geplanten Restnutzungsdauer	
10 Jahre à 1 % der Anodenkosten	= 18.000,- €
• Geräteeinsatz	= 5.000,- €
• <u>Zuschlag für Kleinleistungen (~4,5 %)</u>	<u>= 9.500,- €</u>
	= 230.000,- €

Neben den Baukosten sind noch die Planungskosten, etc. in Höhe von etwa 10 % zu berücksichtigen.

4 Zusammenfassung

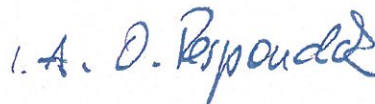
Im vorliegenden Dokument werden die Notwendigkeit der Instandsetzungs- und Konservierungsmaßnahmen für die vorhandene Kaimauer dargestellt. Die wesentlichen Schäden der Spundbohlen in der Wasserwechselzone infolge der fortgeschrittenen Korrosion bedeuten zukünftig eine reduzierte Restnutzungsdauer. Für die Konservierung des derzeitigen Zustands der bestehenden Kaimauer werden 3 Varianten vorgestellt und hinsichtlich der zu erwartenden Baukosten bewertet.

Die Vorteile, aber auch die Nachteile, der einzelnen Verfahren werden erläutert, ebenso die wesentlichen Randbedingungen zur Durchführung der Baumaßnahmen.

Aufgestellt: Bonn, 27.01.2014

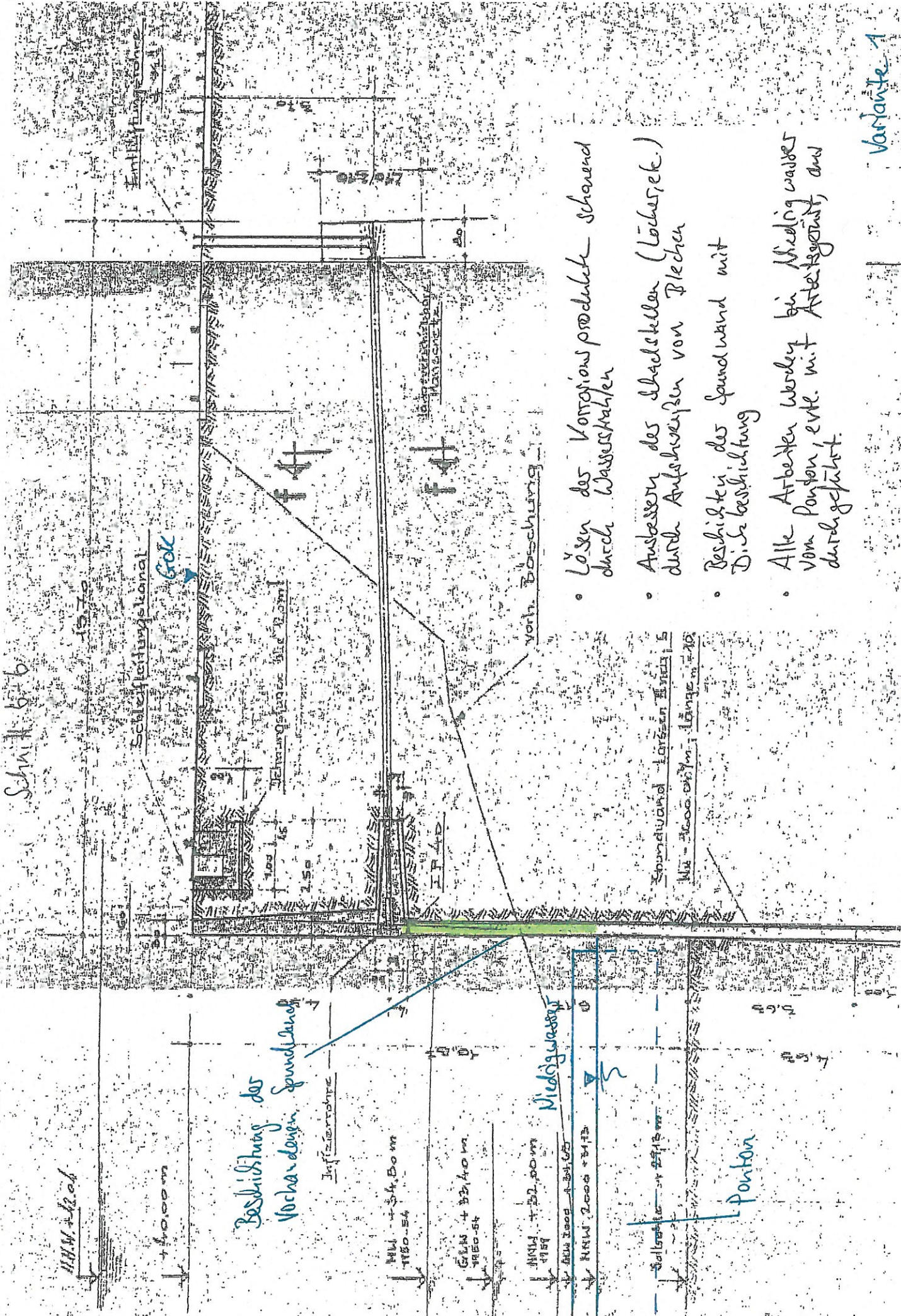


(Dipl.-Ing. J. Flierenbaum)



(Dipl.-Ing. O. Respondek)

Schnitt b-b



- Lösen des Korrosionsprodukts schabend durch Wasserstrahlen
- Ausbessern des Stackschalen (Löcher, etc.) durch Aufschweißen von Blechen
- Beschichten der Spundwand mit Dispersionsbeschichtung
- Alle Arbeiten werden bei Niedrigwasser vom Ponton, evtl. mit Arbeitsgerüst, aus durchgeführt.

Variante 1

Beschichtung der vorhandenen Spundwand

Infizierstange

NH + 54,50 m
+180-54

GLN + 52,40 m
+180-54

NH + 52,50 m
+180-54

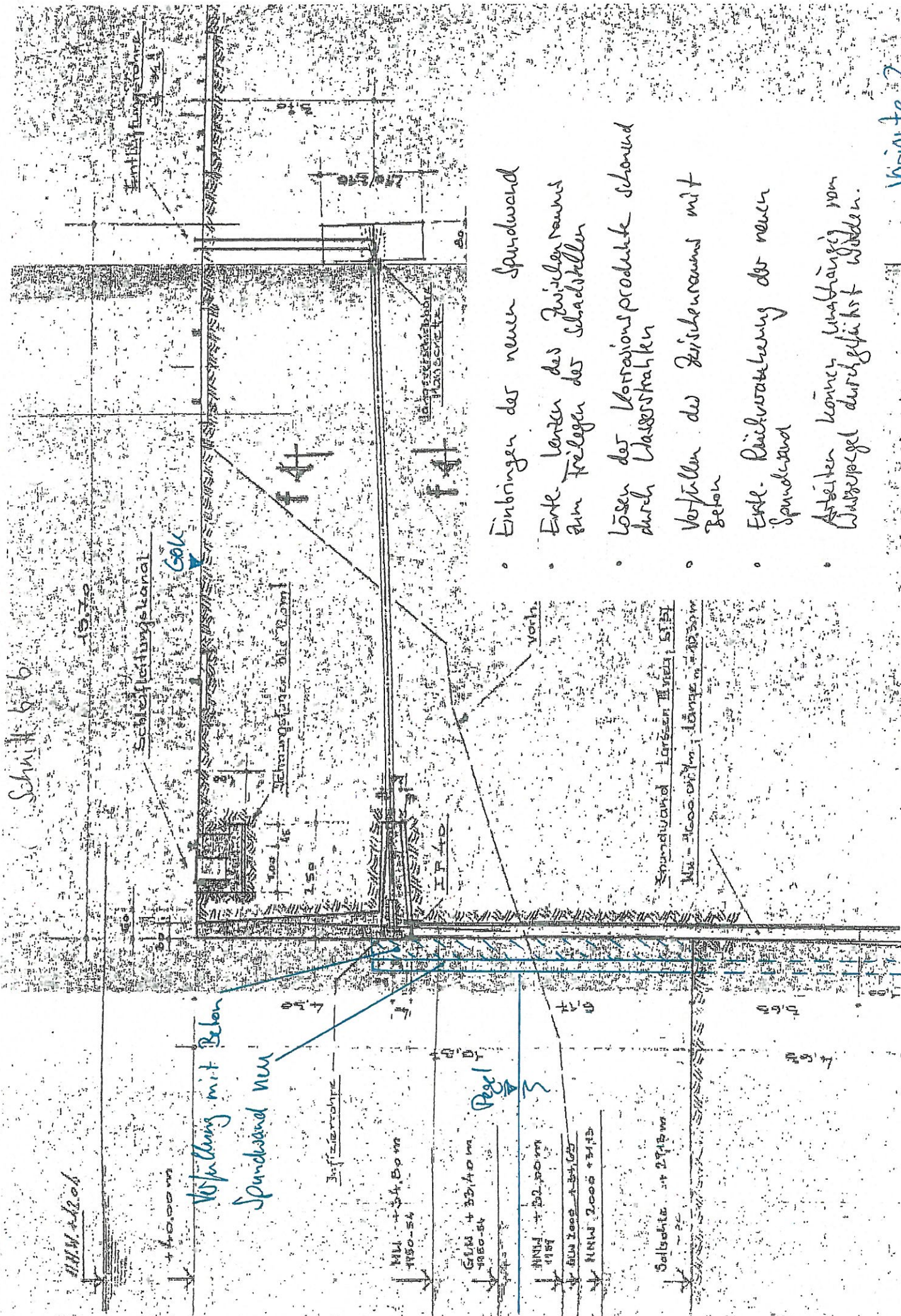
Niedrigwasser

NH + 52,50 m
+180-54

NH + 52,50 m
+180-54

Ponton

Schnitt b-b



- Einbringen der neuen Spundwand
- Erde laden des Zwischenraums zum Freilegen der Schadstellen
- Lösen der Korrosionsprodukte schonend durch Wasserstrahlen
- Verfüllen des Zwischenraums mit Beton
- Erde-Rückverwahrung der neuen Spundwand
- Arbeiten können unabhängig vom Wasserpegel durchgeführt werden.

Variante 2