



Bezirksregierung Köln
Zeughausstraße 2 - 10
50667 Köln

ICG Düsseldorf GmbH & Co. KG
Ingenieur Consult Geotechnik

Beratende Ingenieure für Baugrund, Grundbau,
Hydrogeologie und Altlasten
Baugrundlaboratorium

Düsseldorf, 30.07.2013

La-Br-Fr

Projekt-Nr.: 60142

Auftrag-Nr.: 11656

**Sanierung des Bornheimer Rheinufer
Rhein-km 661,3 bis 664,4, linkes Ufer**

Geotechnischer Untersuchungsbericht

Bearbeiter: Dr.-Ing. Patrick Lammertz
Dipl.-Ing. Roland Haarer
Dipl.-Ing. Barbara Berdt

(Tel.: -25)
(Tel.: -44)
(Tel.: -13)

Borbecker Straße 22
40472 Düsseldorf

Tel.: 0211/ 4 72 01-0
Fax: 0211/ 4 72 01-33

mail@icg-duesseldorf.de
www.icg-duesseldorf.de

Geschäftsführende Gesellschafter:

Dipl.-Ing. Roland Haarer
Dipl.-Ing. Reinhard Kirschner
Dr.-Ing. Patrick Lammertz
Dr.-Ing. Norbert Veith

Kommanditgesellschaft in Düsseldorf
AG Düsseldorf HRA 14683

Persönlich haftende Gesellschafterin:
ICG Verwaltungsgesellschaft mbH
AG Düsseldorf HRB 40138

Bankverbindungen:

Kto: 10 190 411
BLZ: 300 501 10
Stadtsparkasse Düsseldorf
Kto: 144 932
BLZ: 360 200 30
National-Bank Essen

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1	Veranlassung und Aufgabenstellung
2	Unterlagen
3	Topographie
4	Baugrund
4.1	Regionalgeologische Verhältnisse
4.2	Art und Umfang der geotechnischen Untersuchung
4.3	Baugrundbeschreibung
4.3.1	„Leinpfad“
4.3.2	"Rheinuferweg"
4.3.3	"Uferböschung"
4.4	Bodenklassifizierung
4.5	Bodenmechanische Kenngrößen
4.6	Erdbebeneinwirkung
4.7	Sensorische Beurteilung der Bodenproben
5	Grundwasser
5.1	Allgemeines
5.2	Rheinwasserstände
5.3	Grundwasserstände
5.4	Auswertung der Loggerdaten
6	Schlussbemerkung

Verzeichnis der Bilder

	Seite
Bild 3-1: Bestimmung der Böschungsgeometrie, Profil 30 (662,49)	12
Bild 3-2: Regelprofil der vorläufigen Stabilisierung des WSA Köln durch Wasserbausteine [2]	13
Bild 3-3: Vorläufigen Stabilisierung der Rheinuferböschung durch Wasserbausteine [3]	14
Bild 4-1: Bodenprofil, Ausschnitt aus [8]	16
Bild 5-1: Korrelation zwischen dem Pegel Köln und dem Rheinwasserspiegel bei Rhein-km 662,8	39
Bild 5-2: Karte der Flurabstände im März 1988 [8]	42

Verzeichnis der Tabellen

	Seite
Tab. 4-1: Ergebnisse der Laborversuche an ungestörten Bodenproben	32
Tab. 4-2: Bodenklassifikation	33
Tab. 4-3: Bodenmechanische Kennwerte (charakteristische Werte)	35
Tab. 5-1: Statistische Hauptwasserstände bei Rhein-km 662,8	40
Tab. 5-2: Grundwassermessstellen im Umfeld des Untersuchungsgebietes	41

Anlagenverzeichnis**Anlage****Lageplan**

Lageplan mit Lage der Erkundungspunkte	1
----------------------------------------	---

Felderkundungen

Übersicht Felderkundungen / Laborversuche	2.1 und 2.2
Bohrprofile und Sondierdiagramme, Leinpfad	3.1 bis 3.4
Bohrprofile und Sondierdiagramme, Rheinuferweg	4.1 bis 4.4
Schurfprofile	5
Fotodokumentation Bohrkerne	6.1 bis 6.36
Querprofile	7.1 bis 7.6

Bodenmechanische Laborversuche

Korngrößenverteilung, „Leinpfad“	8.1 bis 8.5
Korngrößenverteilung, „Rheinuferweg“	9.1 bis 9.11
Korngrößenverteilung, ungestörte Bodenproben	10
Zustandsgrenzen, ungestörte Bodenproben	11.1 bis 11.7
Scherversuche, ungestörte Bodenproben	12.1 bis 12.7

Grundwasser- / Rheinwasserstände

Korrelierte Pegelganglinie des Rheins bei Rhein-km 662,8	13
Grundwasserganglinien	14
Grundwasserstände und-gefälle	15.1 bis 15.4

Böschungsgeometrie

Berechnung der max/mittel Böschungsneigungen je Querprofil	16.1 und 16.2
Diagramm der max/mittel Böschungsneigungen je Querprofil	17

Datenträger, CD-ROM

Vorstudie, ICG	18
Vermessungsbericht, Lageplan und Querprofile, te Laak	19
Schichtenverzeichnisse, Kopfblätter, Bohr-/Sondierprofile BauGrund Süd	20
Bodenmechanische Laborversuche, Borchert Ingenieure	21

1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Der Rhein verläuft im Bereich der Ortschaften Hersel, Uedorf und Widdig der Stadt Bornheim, zwischen Rhein-km 661,3 und 664,4, in einer lang gezogenen Rechtskurve, so dass sich das linke Ufer im Laufe der Zeit zu einem Prallhang ausgebildet hat.

Die Böschung des Hochufers zeichnet sich nahezu im gesamten Abschnitt durch eine ausgeprägte Steilheit mit Neigungen von bis zu $n = 1:1,15$ ($\beta \approx 41^\circ$) aus. Die Höhendifferenz zwischen den beiden parallel zum Hochufer verlaufenden Fußwegen am Kopf und Fuß der Böschung beträgt bis zu 9 m. Zudem schließt unmittelbar an den oberen Fußweg (Rhein-uferweg) bereichsweise Wohnbebauung an.

An der übersteilen Böschung sind insbesondere am Böschungsfuß kleinräumige Deformationen, lokale Abrutschungen und Auskolkungen aufgetreten, die auf eine nicht ausreichende globale und lokale Standsicherheit hindeuten. Zudem wurden Längsrisse im Asphalt des Rheinuferweges festgestellt.

Im Herbst/Winter 2010/2011 erfolgte im Rahmen einer Vorabmaßnahme durch das Wasser- und Schifffahrtsamt Köln zwischen Rhein-km 661,7 und 663,24 eine vorläufige Stabilisierung des Böschungsfußes mithilfe von Steinschüttungen, Mutterbodenandeckung und Grasansaat.

Dennoch traten auch nach Einbau dieser Steinvorschüttung weitere Deformationen am Rand des Rheinuferweges auf, die weiterhin ein bestehendes Gefährdungspotential erkennen lassen.

Vor diesem Hintergrund wurde die ICG Düsseldorf GmbH & Co. KG von der Bezirksregierung Köln mit Schreiben vom 30.11.2011 (12.4 ZV-108/11) sowie mit Schreiben vom 19.11.2012 (12.4 ZV-124/12) und

15.04.2013 (12.4 ZV-52/13) beauftragt, eine abschließendes ganzheitliches Sanierungskonzeptes für den vorgenannten Bereich zwischen Rhein-km 661,3 und 664,4, linkes Ufer, zu erarbeiten. Im Einzelnen sind von der ICG folgende Teilleistungen zu erbringen:

- Aufbereitung vorhandener Daten: Datenrecherche, Datenaufbereitung, Vorstudie
siehe ICG-Bericht vom 15.03.2012: Zusammenfassende Darstellung und Bewertung der vorhandenen Unterlagen und Daten - Vorstudie -
- Erarbeitung eines vermessungs- und geotechnischen Untersuchungsprogramms
- Ausschreibung und Mitwirkung bei der Vergabe sowie Überwachung der Ausführung des erarbeiteten vermessungs- und geotechnischen Untersuchungsprogramms
siehe Leistungsbeschreibung und Leistungsverzeichnis der ICG vom 11.09.2012
- Ausarbeitung des Geotechnischen Untersuchungsberichtes
- Ausarbeitung des Geotechnischen Entwurfsberichtes einschließlich der Untersuchungen zur lokalen und globalen Standsicherheit sowie Erosionssicherheit
- Ausarbeitung von Sanierungsvarianten und Kostenermittlung

Der vorliegende Geotechnische Untersuchungsbericht gemäß den Vorgaben und Empfehlungen des Handbuchs EC 7-2 fasst die Ergebnisse der durchgeführten Baugrunderkundungen und bodenmechanischen Laborversuche zusammen und beinhaltet sowohl eine Darstellung als auch eine Bewertung der geotechnischen Befunde bzw. Informationen. Darüber hinaus werden die Ergebnisse der vermessungstechnischen Untersuchungen zusammenfassend dargestellt.

2 Unterlagen

Für die Bearbeitung des vorliegenden geotechnischen Untersuchungsberichtes wurde neben den in der Vorstudie der ICG vom 15.03.2012 aufgeführten Informationen auf folgende Unterlagen zurück gegriffen:

Projektbezogene Unterlagen

- [1] Sanierung des Bornheimer Rheinufers, Rhein-km 661,3 bis 664,4: Zusammenfassende Darstellung und Bewertung der vorhandenen Unterlagen und Daten - Vorstudie – ICG Düsseldorf GmbH & Co. KG, 15.03.2012 (siehe Anlage 18)
- [2] Temporäre Hangsicherung Bornheimer Rheinufer, Lageplan Maßstab 1 : 2000 (Plan-Nr. 411-1-39-01-662.055-1 vom 25.08.2010) und Querprofil Maßstab 1:100 (Plan-Nr. 411-1-39-01-1) - Wasser- und Schifffahrtssdirektion West Wasser- und Schifffahrtsamt Köln – erhalten mit E-Mail vom 09.05.2012
- [3] Auszug Fotodokumentation im Zuge der Baudurchführung: Temporäre Hangsicherung Bornheimer Rheinufer; erhalten von der Wasser- und Schifffahrtssdirektion West Wasser- und Schifffahrtsamt Köln mit E-Mail vom 10.05.2012
- [4] FLYS-Daten zu Wasserstand – Abfluss – Beziehungen Pegel Köln und Bornheim; erhalten von der Bezirksregierung Köln mit E-Mails vom 21.02., 06.03., 14.03. und 21.03.2013
- [5] Onlinedaten, Grundwasserstände www.elwasims.nrw.de, Rheinpegel Köln: www.bafg.de

Ingenieurgeologische Unterlagen

- [6] Geologische Karte von Preußen und benachbarten Bundesstaaten, Maßstab 1:25.000, 5208 Bonn, 1923; Hrsg.: Preußische Geologische Landesanstalt

- [7] Hydrologische Karte von Nordrhein-Westfalen, Maßstab 1:25000, 5208 Bonn, Grundrisskarte und Profilkarte, 1992, Hrsg.: Landesamt für Wasser und Abfall NRW

- [8] Ingenieurgeologische Karte, Maßstab 1:2500, 5208 Bonn, Blatt 1 und 2 + Erläuterungen, 1998, Hrsg.: Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen

- [9] Klostermann, Josef (1992): Das Quartär der Niederrheinischen Bucht; Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, Krefeld

- [10] Geologie am Niederrhein, Hrsg.: Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, Krefeld, 4. Auflage, 1988

Normen und Regelwerke

- [11] Handbuch Eurocode 7: Geotechnische Bemessung, Band 1: Allgemeine Regeln, 1. Auflage 2011
DIN EN 1997-1: Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik, Teil 1: Allgemeine Regeln, September 2009
DIN EN 1997-1/NA Nationaler Anhang, Dezember 2010
DIN 1054 Baugrund – Sicherheitsnachweise im Er- und Grundbau- Ergänzend Regelungen zu DIN EN 1997-1, Dezember 2010

- [12] Handbuch Eurocode 7: Geotechnische Bemessung, Band 2: Erkundung und Untersuchung, 1. Auflage 2011
DIN EN 1997-2: Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung

in der Geotechnik, Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrundes, Oktober 2010

DIN EN 1997-2/NA Nationaler Anhang, Dezember 2010

DIN 4020 Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke- Ergänzend Regelungen zu DIN EN 1997-2, Dezember 2010

- [13] SCHUPPENER, B. (2012): Kommentar zum Handbuch Eurocode 7 – Geotechnische Bemessung, Allgemeine Regeln; Ernst & Sohn
- [14] DIN 19712: Hochwasserschutzanlagen an Fließgewässern, Januar 2013
- [15] Merkblatt DWA-M 507-1: Deich an Fließgewässern, Teil 1: Planung, Bau und Betrieb, Dezember 2011
- [16] Merkblatt Standsicherheit von Dämmen an Bundeswasserstraßen (MSD), Ausgabe 2011, Bundesanstalt für Wasserbau
- [17] DIN EN ISO 22475-1: Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Probenentnahmeverfahren und Grundwassermessungen, Teil 1: Technische Grundlagen der Ausführung, Januar 2007
- [18] DIN EN ISO 22476-2: Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Felduntersuchungen, Teil 2: Rammsondierungen, April 2005
- [19] DIN 4023: Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Zeichnerische Darstellung der Ergebnisse von Bohrungen und sonstigen direkten Aufschlüssen, Februar 2006
- [20] DIN EN 1998-1: Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben, Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten, Dezember 2010

- [21] DIN EN 1998-1/NA: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter - Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben, Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten, Januar 2011

- [22] Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen der Bundesrepublik Deutschland: Bundesland Nordrhein-Westfalen 1:350 000, Karte zu DIN 4149 / Herausgeber: Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen in Zusammenarbeit mit dem Ministerium für Bauen und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen, Bearbeitung: Geologischer Dienst NRW, Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen, Krefeld, 2006.

- [23] DIN 18196: Erd- und Grundbau – Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke, Mai 2011

- [24] DIN 18300: VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Erdarbeiten, April 2010

- [25] DIN 18301: VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Bohrarbeiten, April 2010

3 Topographie

Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich auf einer Länge von ca. 3,1 km zwischen Rhein-km 661,3 und 664,4, linkes Ufer über die Ortschaften Hersel, Uedorf und Widdig der Stadt Bornheim. Der Rhein verläuft hier in einer lang gezogenen Rechtskurve, so dass sich das linke Ufer zu einem Prallhang ausgebildet hat.

Die Böschung des Hochufers weist nahezu im gesamten Abschnitt eine ausgeprägte Steilheit mit Neigungen von bis zu 1:1,15 ($\beta \approx 41^\circ$) auf. Die Höhendifferenz zwischen den beiden parallel zum Hochufer verlaufenden Fußwegen am Kopf (Rheinuferweg) und Fuß der Böschung (Leinpfad) beträgt bis zu 9 m.

Nach Auswertung der vorhandenen vermessungstechnischen Unterlagen wurde auf der Grundlage der vorliegenden Vorstudie [1] im Vorfeld der geotechnischen Erkundungen eine tachymetrische Neuvermessung der Uferböschung und der angrenzenden Bebauung durchgeführt.

Die vermessungstechnische Aufnahme des Böschungsbereichs erfolgte im Auftrag der Bezirksregierung Köln durch den öffentlich bestellten Vermessungsingenieur Dipl.-Ing. Klaus te Laak im Zeitraum November 2012 bis Januar 2013.

Die Ergebnisse der vermessungstechnischen Aufnahme sind in Form von insgesamt 11 Lageplänen und 76 Querprofilen einschließlich des Vermessungsberichtes in digitaler Form als Anlage 19 diesem Bericht beigelegt. Die Lage der 76 Querprofile ist im Übersichtsplan in Anlage 1 dargestellt. Grundsätzlich wurde bei der Neuvermessung der Uferböschung ein Profilabstand von 50 m eingehalten. Zwischen Rhein-km 661,8 und 663,5 erfolgte zusätzlich eine vermessungstechnische Aufnahme bei jedem Gebäude, das weniger als 15 m von der Uferböschung entfernt steht.

Die tachymetrische Neuvermessung der Uferböschung diente neben der Erstellung der Querprofile zur Darstellung der Geometrieverhältnisse auch der genauen Erfassung aller im Böschungsbereich vorhandenen Bäume, befestigten Flächen sowie Bauwerke, darunter beispielsweise Mauern, Treppenanlagen, Masten und Lampen.

Die nunmehr vorliegenden 76 Querprofile wurden hinsichtlich der Böschungsgeometrie (Höhe und Neigungswinkel) ausgewertet. Hierfür wurden für jedes Vermessungsprofil die maßgeblichen Punkte zwischen Böschungskopf und -fuß festgelegt und ihre Höhe und Lage in einer Tabelle zusammengestellt. Sehr kleinräumige Änderungen der Böschungsneigung wurden dabei nicht berücksichtigt. Im nachfolgenden Bild 3-1 ist die Vorgehensweise zur Berechnung der Neigungswinkel zwischen den einzelnen Punkten (hier β_1 und β_2) grafisch dargestellt.

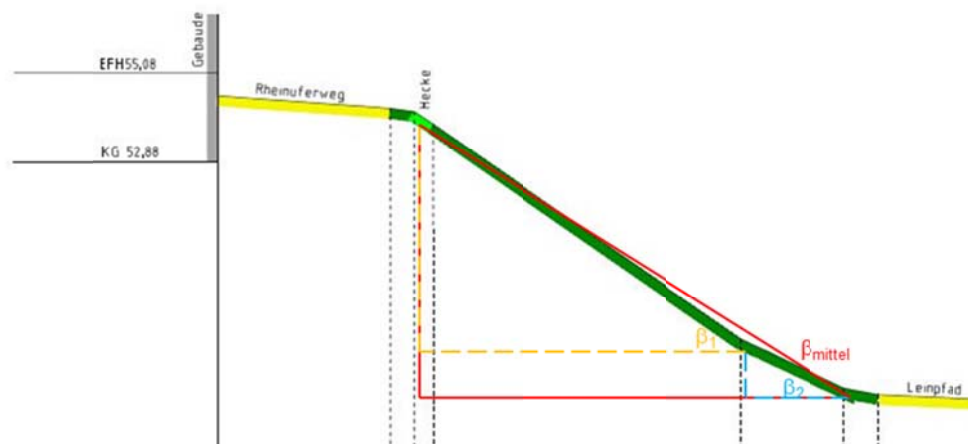


Bild 3-1: Bestimmung der Böschungsgeometrie, Profil 30 (662,49)

Der Neigungswinkel berechnet sich aus der Höhendifferenz und dem Abstand jeweils zweier benachbarter Punkte. Für die mittlere Böschungsneigung werden der oberste und der unterste Punkt auf der Uferböschung betrachtet (β_{mittel}).

Die Berechnungen erfolgten für jedes der 76 Querprofile. Die Ergebnisse der Auswertung sind in den Anlagen 16.1 und 16.2 tabellarisch aufgeführt. Zudem wurde für jedes Querprofil der maximale und mittlere Böschungswinkel in einem Diagramm dargestellt, welches diesem Bericht in Anlage 17 beigelegt ist. Hieraus ist zu erkennen, dass die mittleren Böschungswinkel etwa in einer Größenordnung von $\beta_{\text{mittel}} = 21^\circ$ und 41° liegen, wobei der Mittelwert aller 76 mittleren Böschungswinkel etwa $32,8^\circ$ beträgt. Die Gesamthöhen der Böschung variieren etwa zwischen $h = 4$ und 9 m (Mittelwert: $h_{\text{mittel}} = 6,8$ m).

Die im Herbst/Winter 2010/2011 durch das Wasser- und Schifffahrtsamt Köln ausgeführte vorläufige Stabilisierung des Böschungsfußes (Rhein-km 661,7 und 663,24) ist im Bild 3-2 exemplarisch für das Profil mit Steinschüttung bei Rhein-km 663,2 abgebildet.

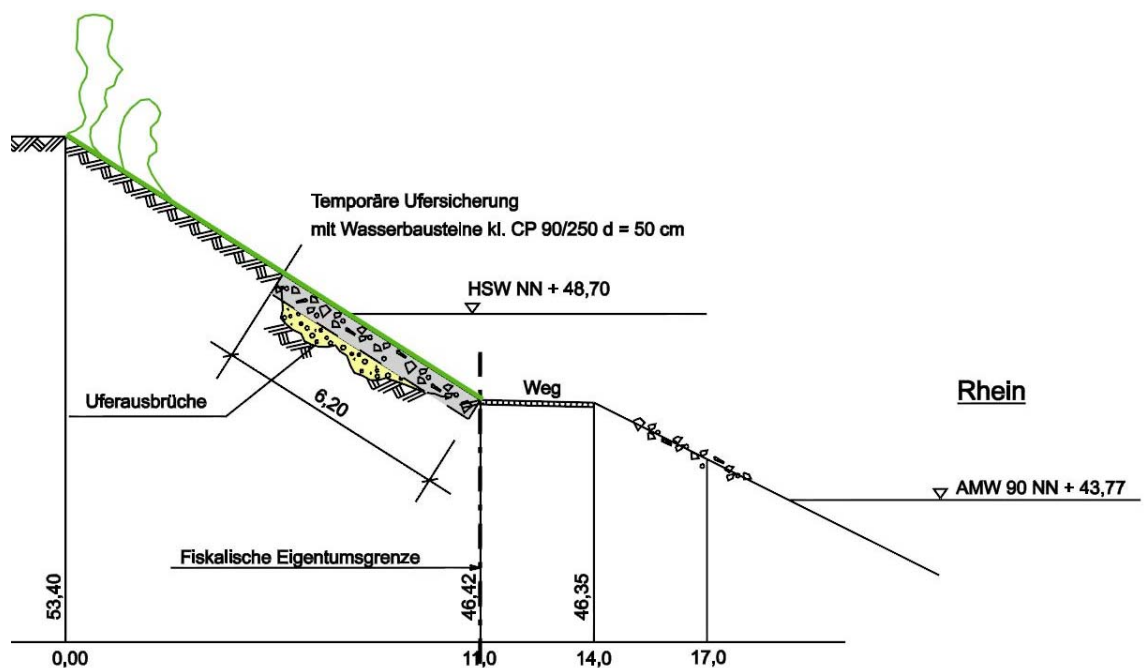


Bild 3-2: Regelprofil der vorläufigen Stabilisierung des WSA Köln durch Wasserbausteine [2]

Unmittelbar nach Durchführung der temporären Ufersicherung wurden durch das WSA Köln die Aufmaße der Steinschüttungen in einem Lageplan dargestellt [2]. Sie wurden in den Übersichtsplan der Anlage 1 übernommen.

Für die temporäre Ufersicherung wurde zunächst der Oberboden abgetragen und eine Steinschüttung mit einer Dicke von $d = 50 \text{ cm}$ (siehe Bild 3-3, links) bis etwa in eine Höhe „1 m über HSW“ (Höchster Schiffahrtswasserstand) aufgebracht. Anschließend erfolgte eine Andeckung mit Mutterboden (Bild 3-3, rechts) sowie eine Grasansaat.



Bild 3-3: Vorläufigen Stabilisierung der Rheinuferböschung durch Wasserbausteine [3]

Während eines Hochwasserereignisses im Frühjahr 2011 wurde ein Teil des angedeckten Mutterbodens weggeschwemmt, so dass eine erneute Andeckung und Grasansaat erfolgen musste. Inzwischen sind, bis auf ein-

zelne lokale Ausnahmen, die Gräser angewachsen und die Steinschüttungen nicht mehr sichtbar, so dass im Zuge der vermessungstechnischen Neuaufnahme der Uferböschung im Herbst/Winter 2012/2013 eine exakte Abgrenzung der temporären Böschungssicherung nicht möglich war.

4 Baugrund

4.1 Regionalgeologische Verhältnisse

Das Untersuchungsgebiet liegt am südlichen Rand der zur Großeinheit der Niederrheinischen Bucht gehörenden Kölner Bucht. Die Niederrheinische Bucht greift hier als tektonisches Senkungsgebiet keilförmig nach Süden in das umgebende Grundgebirge des Rheinischen Schiefergebirges ein.

Die geologischen Verhältnisse des Rheintals werden vorwiegend von den relativ jungen Ablagerungen des Rheins bestimmt. Hierzu zählen die im Pleistozän aufgeschotterten fluviatilen Ablagerungen (Niederterrasse) sowie die holozänen Hochflutablagerungen.

Nach [7], [8] stehen im Untersuchungsgebiet als oberste gewachsene Bodenschicht ca. 2 bis 3 m mächtige Hochflutablagerungen aus tonigen, feinsandigen Schluffen und teils schluffigen Sanden an. Darunter folgen die pleistozänen Sande und Kiese (gemäß [7]: schwach sandiger Kies mit Steinen) der Niederterrasse des Rheins. Die Mächtigkeit der vorgenannten quartären Ablagerungen beträgt im Untersuchungsbereich ca. 22 bis 27 m. Das Quartär wird von tertiären Ablagerungen großer Mächtigkeit unterlagert, die im Untersuchungsgebiet als sogenannte Kölner Schichten

vorwiegend aus Tonen und Schluffen mit Braunkohlelagen sowie örtlich auch aus Fein- bis Mittelsanden bestehen.

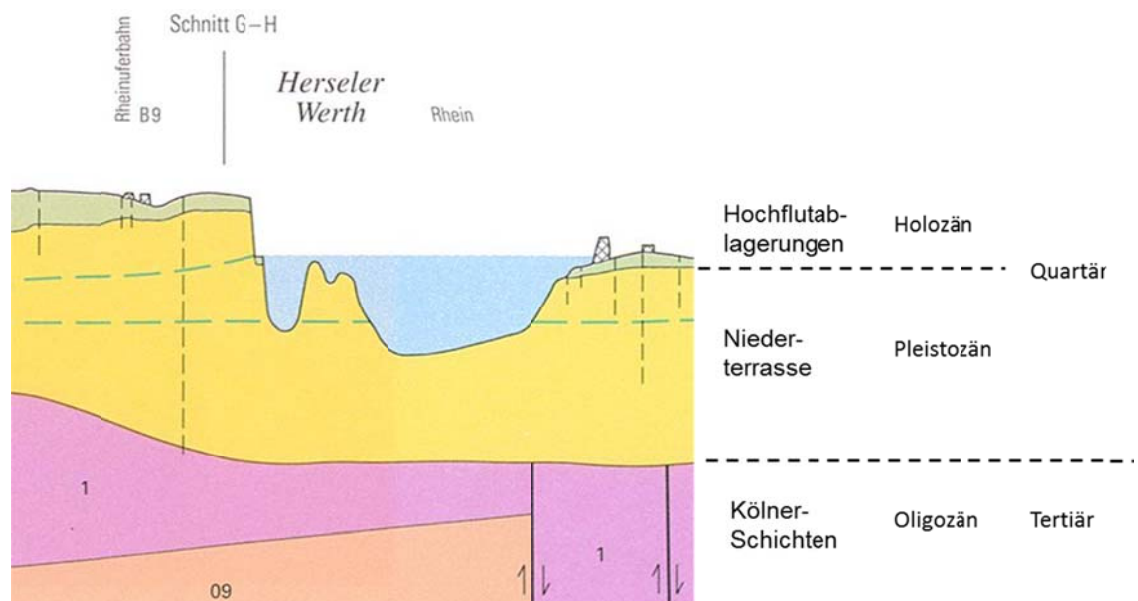


Bild 4-1: Bodenprofil, Ausschnitt aus [8]

Die fluviatilen Ablagerungen der Niederterrasse lassen sich entstehungszeitlich in eine Ältere und Jüngere einteilen. Die Ältere Niederterrasse gehört grundsätzlich zu den am tiefsten gelegenen Verebnungen in der Terrassenlandschaft des Rheins. Südlich von Köln ist die Jüngere Niederterrasse jedoch teilweise noch etwas unter das Niveau der Älteren Niederterrasse eingesenkt. [9], [10]

Der Terrassenkörper der Älteren Niederterrasse zeigt nach [9] einen zyklischen Aufbau. Die Schichtenfolge setzt an der Basis mit Grobkiesen ein, die sehr wenig Sand enthalten. Häufig treten dünne Ton- und Schluffbänder auf, die mit dem Grobkies vermengt sind. Überlagert werden diese Schichten von einer ausgeprägten Sand-Kies-Wechselfolge, die lokal sandig ausgebildet ist und Blöcke sowie Schluffgerölle führt. Im oberen Teil besteht die Ältere Niederterrasse aus sandigem Mittelkies und kiesigen Sanden. Die Quarzzahlen der Älteren Niederterrasse schwanken im

Untersuchungsgebiet nach [9] etwa zwischen 25 und 36 %. Der größte Teil des Geröllspektrums (ca. 50 %) wird durch Grauwacken und sandige Schiefer bestimmt, sowie untergeordnet durch Quarzit, Eruptiva und Buntsandstein.

Die Jüngere Niederterrasse unterscheidet sich von der Älteren durch die Einschaltung von Bims, und ist zudem insgesamt etwas sandiger entwickelt. Generell zeigt die Jüngere Niederterrasse eine deutliche Bänderung von Sand- und Kiesschichten, wobei der Bims häufig an die sandigen Abschnitte der Schichtenfolge gebunden ist. Die maximalen Durchmesser der einzelnen Bimskörner liegen bei etwa 5 cm. Neben dem Auftreten von Bimslinsen können auf Einschaltungen von dunklen Tuffiten innerhalb der Schichtenfolge auftreten. Grundsätzlich besteht zwischen Älterer und Jüngerer Niederterrasse aus sedimentpetrographischer Sicht kein Unterschied. [9], [10]

4.2 Art und Umfang der geotechnischen Untersuchung

Ausgehend von den aufgrund durchgeführter Recherchen [1] zu erwartenden Baugrund- und Grundwasserverhältnissen, der vorhandenen Böschungsgeometrie sowie den Einstufungsmerkmalen des Anhangs AA des Normen-Handbuchs EC 7, Band 1 [12] wurde bei der Planung und Festlegung des geotechnischen Untersuchungsprogramms von der Geotechnischen Kategorie GK 3 (Baumaßnahmen mit hohem Schwierigkeitsgrad im Hinblick auf das Zusammenwirken von Bauwerk und Baugrund) ausgegangen.

Hierauf abgestimmt und unter Berücksichtigung der Vorgaben und Empfehlungen der einschlägigen Normen und Regelwerke [12], [13], [14], [15] wurden zur stichprobenartigen Erkundung des Aufbaus und der Beschaf-

fenheit des Baugrundes sowie zur Entnahme von Bodenproben in ausreichender Menge und Qualität folgende direkte Aufschlüsse gemäß [17] durchgeführt:

- 4 Greiferbohrungen (GRB), Ø 600 mm
mit Tiefen von t = 12, 17 und 18 m
- 29 Rammkernbohrungen (RKB), Ø 219 mm
mit Tiefen von t = 6, 7, 11, 18 und 24 m
- 19 Kleinbohrungen (KIB), Ø 80 mm
mit Tiefen zwischen t = 0,8 und 11 m
- 24 Baggerschürfe (SCH) mit Tiefen von t = 0,7 bis 1,8 m

Zudem erfolgte der Ausbau einer Greiferbohrung und 6 Rammkernbohrungen zu insgesamt 3 Grundwassermessstellen (GWM) und 4 Inklinometermessstellen (IKM).

Zur Erkundung der Festigkeit bzw. zur Beurteilung der Lagerungsdichte der anstehenden Böden wurden

- 88 Rammsondierungen mit der schweren Rammsonde (DPH)
mit Tiefen von 3,3 bis 12 m

gemäß [18] ausgeführt.

Die Durchführung der vorgenannten direkten und indirekten Baugrundaufschlüsse sowie der Ausbau der Bohrungen zur Grundwasser- und Inklinometermessstellen erfolgte im Auftrag der Bezirksregierung Köln von der BauGrund Süd Gesellschaft für Bohr- und Geotechnik mbH in Würselen. Die fachtechnische Überwachung der Bohr, Sondier- und Schurfarbeiten oblag der ICG Düsseldorf GmbH & Co. KG.

Sämtliche Erkundungspunkte wurden sowohl in der Lage (ETRS89/UTM, East-North-Koordinaten) als auch in der Höhe (DHHN 92, NHN-Höhen) vermessungstechnisch aufgenommen und sind im Lageplan der Anlage 1 dargestellt.

Die Anlagen 2.1 und 2.2 bieten einen tabellarischen Überblick aller vorstehend aufgeführten Felduntersuchungen. Die fachtechnische Dokumentation der Feldarbeiten nach [17], [18] ist im Einzelnen den in Anlage 20 in digitaler Form beigefügten Feldprotokollen und Schichtverzeichnissen zu entnehmen.

Die Ergebnisse der Aufschlüsse sind in Form von Bohrprofilen und Rammdiagrammen in den Anlagen 3.1 bis 3.4 („Leinpfad“) und in den Anlagen 4.1 bis 4.4 („RheinUferweg“) sowie in Form von Schurfprofilen in der Anlage 5 („UferBöschung“) zusammenfassend dargestellt. Die in den Bohrprofilen für die Bezeichnung der Bodenschichten verwendeten Abkürzungen und Signaturen entsprechen hier der DIN 4023 [19].

Im Zuge der Erkundungsarbeiten wurden aus den großkalibrigen Bohrungen (GRB und RKB) insgesamt 342 m Bohrkern der Güteklasse 3 und 4 sowie aus den Kleinbohrungen 164 Stück Bodenproben der Güteklasse 3 entnommen. Darüber hinaus erfolgte im Rahmen der Schurfe die Entnahme von 46 gestörten (Güteklasse 3) und 17 ungestörten Bodenproben (Güteklasse 1 und 2).

Sämtlichen Bodenproben wurden im bodenmechanischen Labor der ICG fachtechnisch beurteilt. Die mittels der großkalibrigen Bohrung aus dem Untergrund entnommenen und in Kernkisten abgelegten Bodenproben wurden zudem fotografisch in der Anlage 6 erfasst. Die im Labor von der ICG vorgenommene Bodenansprache und Beurteilung der Bodenproben liegt der zeichnerischen Darstellung der Bohr- und Schurfprofile der Anlagen 3 bis 5 zugrunde.

Zur Klassifizierung der Böden sowie zur Beurteilung der bodenmechanischen Eigenschaften wurden von der ICG insgesamt 107 repräsentative Bodenproben ausgewählt, an denen folgende bodenmechanische Versuche durchgeführt worden sind:

- 105 x Bestimmungen der Kornverteilungen (DIN 18123)
- 11 x Bestimmungen der Zustandsgrenzen (DIN 18122)
- 3 x Bestimmungen des Glühverlustes (DIN 18126)
- 6 x Bestimmungen der Korndichte (DIN 18126)
- 7 x Bestimmungen der Scherfestigkeit (DIN 18126)

Mit der Durchführung der bodenmechanischen Laborversuche wurde von der Bezirksregierung Köln die Borchert Ingenieure GmbH & Co. KG beauftragt. Die Ergebnisse der Laborversuche sind im Einzelnen den in Anlage 21 in digitaler Form beigefügten Berichten zu entnehmen.

Der Übersicht halber wurden die Ergebnisse der Laborversuche in den Anlagen 8 und 9 (Korngrößenverteilungen, „Leinpfad“ und „Rheinuferweg“) sowie in den Anlagen 10, 11 und 13 (ungestörte Bodenproben: Korngrößenverteilung, Zustandsgrenzen und Scherversuche) zusammengestellt.

4.3 Baugrundbeschreibung

Entsprechend den Ergebnissen der durchgeführten Baugrunderkundung und bodenmechanischen Laborversuchen sowie der Auswertung der vorliegenden geologischen und geotechnischen Informationen ist aus bautechnischer Sicht von folgendem 3-schichtigem Bodenaufbau auszugehen:

- Schicht 1: Auffüllungen
- Schicht 2: Hochflutablagerungen
- Schicht 3: Terrassenablagerungen

Die einzelnen Schichtenglieder werden in Abhängigkeit von der Lage der Erkundungen in den folgenden Kapiteln beschreiben.

4.3.1 „Leinpfad“

Auffüllungen

Unterhalb der unbefestigten, teilweise mit einer Grasnarbe bedeckten Geländeoberfläche, die in den Ansatzpunkten etwa in Höhe der Ordinaten 47,8 bis 46,7 m NHN verläuft, wurden zunächst ca. 0,1 bis 2,8 m mächtige Anschüttungen (im Mittel ca. 1,1 m mächtig) angetroffen. Die Anschüttungen bestehen vorwiegend aus sandigen Schluffen und schluffigen Sanden, die mehr oder minder mit Wurzelresten und humosen Beimengungen sowie mit kiesigen Anteilen, Sandstein- und Basaltbruchstücken durchsetzt sind. Untergeordnet wurden teils verlehnte sandige Kiese aufgeschlossen.

Die oberflächennahen Schluffe und schluffigen Feinsande weisen aufgrund von humosen Beimengungen und Wurzelresten einen teilweise mütterbodenartigen Charakter auf.

Die gemischtkörnigen Böden sind nur vereinzelt mit anthropogenen Fremdbestandteilen wie Ziegel-, Plastik- und Betonresten durchsetzt. Bei der RKB 330-L wurde darüber hinaus eine konzentriert abgelagerte Schicht aus Betonresten mit einer Dicke von 0,9 m erkundet.

Die KIB 300-L musste aufgrund von Steineinlagerungen (hier: Wasserbausteine) in einer Tiefe von 0,6 m abgebrochen werden.

Die angeschütteten Schluffe wiesen zum Zeitpunkt der Erkundungen im Dezember 2012 und Januar 2013 überwiegend eine weiche bzw. weiche bis steife Konsistenz auf.

Mit der schweren Rammsonde sind innerhalb der Anschüttung in Zuordnung zu dem unterschiedlichen Kornaufbau sehr wechselnde Eindringwiderstände gemessen worden. Durchschnittlich wurden nur geringe Eindringwiderstände der schweren Rammsonde von meist $N_{10H} = 2$ bis 10 gemessen, die somit nur eine lockere bis mitteldichte Lagerung ($D < 0,5$) bzw. eine weiche bis steife Konsistenz besitzen. Lokal wurden aber auch höhere Schlagzahlen bis etwa maximal $N_{10H} = 20$ festgestellt, die auf gröbere Auffüllungsmaterialien, auf Steineinlagerungen und/oder künstliche Verdichtung zurückzuführen sind.

Zu berücksichtigen ist, dass die Ansatzpunkte im Bereich des „Leinpfads“ unmittelbar neben dem vorwiegend mit Schwarzdecke befestigten Weg angeordnet wurden, so dass die unmittelbar unter der Wegbefestigung voraussichtlich vorhandenen und im Zuge des Einbaus planmäßig verdichteten ($D_{Pr} \geq 100 \%$) Trag- und Frostschutzschichten nicht aufgeschlossen worden sind.

Hochflutablagerungen

Unterhalb der Auffüllungen stehen zunächst meist sandige Schluffe und schluffige Fein- bis Mittelsande an, bei denen es sich um Reste der Hochflutablagerungen des Rheins handelt. Die Schichtmächtigkeit dieser Hochflutablagerung beträgt im Mittel ca. 1,4 m (min: 0,2 m; max: 3,2 m). Bei den Bohrungen etwa zwischen Rhein-km 662,70 bis 663,90 und 664,30 fehlt die bindige Deckschicht vollständig bzw. wurde im Zuge vorangegangener Bauaktivität vollständig ausgekoffert.

Die Schluffe und Sande der Hochflutablagerungen sind in der Regel kalkhaltig, weisen teils schwach tonige Anteile sowie vereinzelt kiesige und zur Basis hin teils steinige (Basaltstücke) Anteile auf. Zudem sind schwache humose und organische Beimengungen sowie Wurzelreste festgestellt worden.

Innerhalb der Sande und Schluffe der Hochflutablagerungen wurden Schlagzahlen der schweren Rammsonde von meist $N_{10H} = 2$ bis 9 gemessen, was einer lockeren bis mitteldichten Lagerung ($D = 0,20$ bis $0,45$) bzw. einer weichen bis steifen Konsistenz entspricht. Bereichsweise (bspw. 210-L und 220-L) wurden auch Schlagzahlen von etwa $N_{10H} = 10$ bis 20 registriert, was auf eine mitteldichte bis dichte Lagerungen ($D = 0,45$ bis $0,60$) der nichtbindigen Böden bzw. auf eine halbfeste Konsistenz der bindigen Böden hindeutet.

Nach der Ansprache der entnommenen bindigen Bodenproben liegen die gewachsenen Schluffe ausschließlich in einer weichen bis steifen Konsistenz vor.

Gemäß den Ergebnissen der durchgeführten bodenmechanischen Laborversuche sind die untersuchten Bodenproben vom Kornaufbau als schwach tonige, stark schluffige Sande einzustufen und nach DIN 18196 als Sand-Schluff-Gemische (SU, SU*) sowie als leicht plastische Schluffe (UL) zu klassifizieren.

Terrassenablagerungen

Den Hochflutablagerungen bzw. den Anschüttungen folgen die für das Untersuchungsgebiet typischen Terrassenablagerungen des Rheins in Form von oberflächennah verlehmtten zur Tiefe hin nahezu schlufffreien, kiesigen Sanden, Kiessanden und sandigen Kiesen.

Der Schichtbeginn der Sande und Kiese der Niederterrasse liegt nach den Ergebnissen der Erkundungen etwa in Höhe der Ordinaten 46,8 bis 43,2 m NHN (Mittelwert: 45,7 m NHN). Mit den ca. 6 bis 7 m tiefen Aufschlüssen wurden die Terrassenablagerungen erwartungsgemäß nicht durchteuft. Nach den Angaben der ingenieurgeologischen Karte [8] werden die Terrassenschotter etwa ab den Ordinaten 26 bis 28 mNN von tertiären Schichten unterlagert.

Die Sande und Kiese sind bereichsweise mit mehr oder weniger steinigen Beimengungen durchsetzt, lokal wurden auch ca. 0,5 bis 1 m mächtige Steineinlagerungen erkundet. Zudem traten innerhalb des Terrassenkörpers gelegentlich Schlufflinsen und schluffige Feinsandbänder in Dezimeterstärke in Erscheinung.

Von den vorstehend beschriebenen Terrassenablagerungen wurden an insgesamt 22 Bodenproben Korngrößenverteilungen bestimmt. Aufgrund der durchgeführten Siebanalysen sind die untersuchten Böden überwiegend als stark sandige Kiese und kiesige Sande einzustufen. Bei den am Schichtbeginn verlehmtten Sanden und Kiesen handelt es sich vorwiegend um Kies- bzw. Sand-Schluff-Gemische. Nach DIN 18196 lassen sich die insgesamt untersuchten 22 Bodenproben in folgende Bodengruppen klassifizieren:

- 9 x Gl: intermittierend gestufte Kies-Sand-Gemische,
 U = 15 bis 60
- 5 x GW: weit gestufte Kies-Sand-Gemische,
 U = 27 bis 55
- 2 x Sl: intermittierend gestufte Sand-Kies-Gemische,
 U = 7 und 13
- 1 x SE: eng gestufte Sande, U = 4
- 2 x GU: Kies-Schluff-Gemische, Feinkornanteil ca. 6 und 8 %
- 1 x GU*: Kies-Schluff-Gemische, Feinkornanteil ca. 25 %
- 2 x SU*: Sand-Schluff-Gemische,
 Feinkornanteil ca. 20 und 25 %

Wie aus den Rammdiagrammen zu erkennen ist, steigen die Eindringwiderstände der schweren Sonde mit Erreichen der gewachsenen Sande und Kiese auf Werte von meist $N_{10H} = 10$ bis 20 an, die eine lockere bis mitteldichte Lagerung ($D = 0,35$ bis $0,5$) kennzeichnen. Mit zunehmender Tiefe ist ein treppenartiger Zuwachs der Eindringwiderstände zu erkennen, wobei etwa in Tiefen von 3 bis 4 m unter GOK Schlagzahlen von $N_{10H} = 30$ bis 40 registriert wurden, die auf eine mitteldichte bis dichte Lagerung ($D = 0,6$ bis $0,7$) hindeuten. Lokal höhere Schlagzahlen von $N_{10H} > 50$ sind zum Teil auf eine sehr dichte Lagerung, aber auch auf Steineinlagerungen zurückzuführen.

4.3.2 "Rheinuferweg"

Auffüllungen

Unterhalb der teils befestigten, teils unbefestigten bzw. mit einer Grasnarbe bedeckten Geländeoberfläche, die in den Ansatzpunkten etwa in Höhe

der Ordinaten 57,1 bis 50,8 m NHN verläuft, wurden zunächst etwa 0,1 bis 7,9 m, im Mittel ca. 1,5 m mächtige Anschüttungen angetroffen.

Die Anschüttungen bestehen vorwiegend aus gemischtkörnigen Böden (Schluff, Sand und Kies), die teils mehr oder weniger tonige und steinige Beimengungen enthalten.

Innerhalb der Anschüttungen wurden neben organischen Beimengungen wie Humus, Torf, Wurzelreste und Holzstücke auch, jedoch nur vereinzelt, Fremdbestandteile in Form von Ziegelbruch und Schwarzdecke festgestellt.

Die oberflächennahen Schluffe und schluffigen Feinsande weisen aufgrund von humosen Beimengungen und Wurzelresten einen teilweise mütterbodenartigen Charakter auf.

Die Geländeoberfläche ist teilweise mit Schwarzdecke befestigt. Unter den meist 12 bis 20 cm, stellenweise auch nur 2 bis 6 cm starken Schwarzdecken wurden grundsätzliche mehrere Dezimeter dicke Trag- und Frostschuttschichten aus sandigem Kies und kiesigem Sand sowie lokal auch aus teils tonigem, sandigem Schluff festgestellt.

Die angeschütteten Schluffe wiesen zum Zeitpunkt der Erkundungen im Dezember 2012 und Januar 2013 überwiegend eine weiche bzw. weiche bis steife Konsistenz auf.

Mit der schweren Rammsonde sind innerhalb der Anschüttung in Zuordnung zu dem unterschiedlichen Kornaufbau sehr wechselnde Eindringwiderstände gemessen worden. Durchschnittlich wurden nur geringe Eindringwiderstände der schweren Rammsonde von meist $N_{10H} = 2$ bis 10 gemessen, die somit nur eine lockere bis mitteldichte Lagerung ($D \leq 0,45$) bzw. eine weiche bis steife Konsistenz besitzen. Lokal wurden aber auch

höhere Schlagzahlen bis etwa maximal $N_{10H} = 20$ festgestellt, die auf gröbere Auffüllungsmaterialien, auf Steineinlagerungen und/oder künstliche Verdichtung zurückzuführen sind. Demgegenüber sackte die Rammsonde allein unter Eigengewicht gelegentlich lokal um wenige Dezimeter durch.

Innerhalb der Oberflächenbefestigung bzw. den Trag- und Frostschutzschichten wurden vereinzelt Schlagzahlen von $N_{10H} \approx 10$ bis 30 und höher registriert, was auf eine planmäßige Verdichtung von $D_{Pr} \geq 97 \%$ hinweist.

Hochflutablagerungen

Die Basis der Anschüttung bilden feinsandige, teils tonige Schluffe sowie schluffige Feinsande. Vereinzelt wurden innerhalb der bindigen Deckschicht mehr oder weniger kiesige Anteile sowie Muschelreste erkundet. Zudem weisen die Schluffe und schluffigen Feinsande aufgrund von humosen Beimengungen und Wurzelresten einen teilweise mutterbodenartigen Charakter auf.

Die Schichtmächtigkeit dieser Hochflutablagerung beträgt im Mittel ca. 2 m (min: 0,5 m; max: 3,8 m). Bei den Aufschlüssen 133-U, 270-U, 330-U, 340-U, 410-U und 430-U fehlt die bindige Deckschicht vollständig.

Gemäß den Ergebnissen der durchgeführten bodenmechanischen Laborversuche sowie aufgrund der vorliegenden Erfahrungswerte sind die Hochflutablagerungen nach DIN 18196 als Sand-Schluff-Gemische (SU, SU*) sowie als leicht bis mittelpastische Schluffe (UL, UM) und leicht plastische Tone (TL) zu klassifizieren. Bei Glühverlusten von ca. $V_{Gl} = 2$ bis 5 % sind diese Böden als schwach organisch zu beurteilen.

Innerhalb der Sande und Schluffe der Hochflutablagerungen wurden Schlagzahlen der schweren Rammsonde von meist $N_{10H} = 2$ bis 9 gemessen, was einer lockeren bis mitteldichten Lagerung ($D = 0,20$ bis $0,45$) bzw. einer weichen bis steifen Konsistenz entspricht.

Lokal wurden aber auch geringe Schlagzahlen von $N_{10H} < 2$ registriert bzw. die Rammsonde sackte allein unter Eigengewicht um wenige Dezimeter durch, was darauf hindeutet, dass die Sande und Schluffe lediglich sehr locker bis locker gelagert ($D \leq 0,20$) sind bzw. eine weiche bis breiige Konsistenz aufweisen. Demgegenüber wurde bei der Bodenansprache der Schluffe häufig eine steife bzw. steife bis halbfeste Konsistenz festgestellt.

Terrassenablagerungen

Unterhalb der bindigen Deckschicht bzw. den angeschütteten Böden folgen etwa ab den Ordinaten 55,1 bis 47,3 m NHN die Terrassenablagerungen des Rheins in Form von oberflächennah teils verlehmtten kiesigen Sanden, Kiessanden und sandigen Kiesen. Innerhalb der oberen Zone der Terrassenablagerungen überwiegen die mehr oder minder kiesigen Fein- bis Mittelsande. Zur Tiefe hin nimmt der gröbere Kornanteil zu, so dass diese Schichten dann überwiegend als sandiger Kies und Kiessand zu klassifizieren sind. Örtlich wurden natürliche Verfestigungen und Verockerungen festgestellt. Auch sind innerhalb der kiesigen Sande, Kiessande und sandigen Kiese noch schluffige Zwischenlagen in Dezimeterstärke vorhanden.

Mithilfe der großkalibrigen Bohrungen wurden sowohl Steineinlagerungen (Korndurchmesser $63 \text{ mm} < d \leq 200 \text{ mm}$) mit Dicken von $< 1,0 \text{ m}$ als auch das Vorhandensein von Blöcken ($d > 200 \text{ mm}$) innerhalb der Terrassenschotter festgestellt. Eine Auswahl der im Zuge der Greiferbohrungen erkundeten Blöcke ist den Anlagen 6.35 und 6.36 zu entnehmen. Erfahrungsgemäß sind zudem vor allem im Bereich der Quartärbasis vermehrt Stein- und Blockeinlagerungen zu erwarten.

Von den Sanden und Kiesen der Terrassenablagerungen wurden insgesamt 66 Siebanalysen durchgeführt, deren Ergebnisse der Anlage 9 zu entnehmen sind. Nach DIN 18196 lassen sich die untersuchten Bodenproben in folgende Bodengruppen klassifizieren:

- 24 x Gl: intermittierend gestufte Kies-Sand-Gemische,
U = 8 bis 90
- 11 x GW: weit gestufte Kies-Sand-Gemische,
U = 20 bis 71
- 6 x Sl: intermittierend gestufte Sand-Kies-Gemische,
U = 7 bis 10
- 12 x SE: eng gestufte Sande, U = 3 bis 6
- 4 x GU: Kies-Schluff-Gemische, Feinkornanteil ca. 5 bis 8 %
- 2 x SU*: Sand-Schluff-Gemische, Feinkornanteil ca. 17 %
- 7 x SU: Sand-Schluff-Gemische,
Feinkornanteil ca. 6 bis 8 %

Bei der RKB 340-U wurden in Tiefen von 3 bis 8 m schwache bis mäßige bimshaltige Ablagerungen festgestellt.

Grundsätzlich wurden innerhalb des Terrassenschotter Eindringwiderstände mit der schweren Rammsonde von $N_{10H} = 3$ bis 50 gemessen, die die gesamte Bandbreite der Lagerungsdichte von sehr locker bis sehr dicht widerspiegeln.

Tendenziell ist zu erkennen, dass mit Erreichen der Terrassenschotter die Schlagzahlen auf Werte von meist $N_{10H} = 6$ bis 12 ansteigen, was auf eine lockere bis mitteldichte Lagerung ($D = 0,2$ bis $0,4$) der Sande und Kiese hindeutet. Mit zunehmender Tiefe erhöht sich der Eindringwiderstand und es werden Werte von $N_{10H} = 15$ bis 30 registriert, so dass von einer mitteldichten bis dichten Lagerung ($D = 0,3$ bis $0,7$) der Sande und Kiese auszugehen ist. In Tiefen von ca. 5 bis 8 m unter GOK wurden häufig Schlagzahlen von mitunter deutlich über $N_{10H} > 50$ festgestellt, die neben einer dichten bis sehr dichten Lagerung auch auf vorhandene Steineinlagerungen sowie auf Verkittungen und Verockerungen hinweisen. Zudem musste

die Rammsondierung in Tiefen von ca. 7 bis 11 m unter Gelände wahrscheinlich aufgrund von Stein- oder Blockeinlagerungen bei einer Vielzahl von Versuchen vor Erreichen der Solltiefe abgebrochen bzw. beendet werden.

Die Terrassenablagerungen wurden bis zum Aufschlusstiefsten, $t = 24$ m, was etwa der Ordinate 30 m NHN entspricht, nicht durchteuft. Nach den Angaben der ingenieurgeologischen Karte [8] reichen die Sande und Kiese bis etwa zur Ordinate ~28 m NHN und werden dann von tertiären Ton- und Schluffschichten unterlagert.

4.3.3 "Uferböschung"

Die Auffüllungen im Bereich der Uferböschung weisen Mächtigkeiten von ca. 0,2 bis 1,8 m auf bzw. reichen teilweise bis zum Aufschlusstiefsten.

Die angeschütteten Böden bestehen vorwiegend aus teils schluffigen, teils kiesigen Sanden und sandigen, teils kiesigen Schluffen und untergeordnet aus schluffigen Kiesen. Zudem wurden in Tiefen von etwa 0,2 bis 0,5 m Lagen aus Wasserbausteinen (vgl. Kapitel 3) angetroffen.

Die angeschütteten Schluffe, Sande und Kiese sind mehr oder weniger mit Fremdbestandteilen aus Betonresten, Ziegelbruch und Blöcken sowie Schwarzdecken-, Glas-, Plastik-, Metall- und Kohleresten durchsetzt. Zudem wurden innerhalb der Schluffe und Sande organischen Beimengungen aus Holz- und Wurzelresten festgestellt.

Als gewachsener Boden stehen unterhalb der Auffüllung meist die sandigen, teils tonigen Schluffe bzw. schluffigen Sande der Hochflutablagerungen, bereichsweise aber auch bereits die Sande und Kiese der Terrassenablagerungen an. Sowohl innerhalb der Hochflut- als auch innerhalb

der Terrassenablagerungen wurden teils mehr oder weniger starke organische Beimengungen aus Holz- und Wurzelresten festgestellt.

Von den gewachsenen feinkörnigen und gemischtkörnigen Böden wurden insgesamt 17 ungestörte Bodenproben entnommen. Zur Klassifizierung der Böden sowie zur Bestimmung der bodenmechanischen Eigenschaften wurden an 7 repräsentativen Bodenproben Laborversuche durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Laborversuche sind im Einzelnen den Anlagen 10 (Körnungslinien), 11 (Zustandsgrenzen) und 12 (Scherversuche) zu entnehmen.

Bei den untersuchten Proben der fein- und gemischtkörnigen Böden lagen die Siebkornanteile ($d \leq 0,063$ mm) bei ca. 30 bis 60 Gew.-%. Die Böden sind vom Kornaufbau als schwach toniger bis toniger, schluffiger bis stark schluffiger, teils schwach kiesiger Sand sowie als stark sandiger, toniger Schluff zu beschreiben und nach DIN 18196 als leicht plastische Tone (TL), Sand-Schluff-Gemische (SU, SU*) und Sand-Ton-Gemische (ST) zu klassifizieren.

Die Ergebnisse der durchgeführten Laborversuche sind in Tab. 4-1 zusammenfassend aufgeführt. Die Scherversuche erfolgten gemäß DIN 18137 mit Normalspannungen von $\sigma = 50/100/200$ kN/m² und Abschergeschwindigkeiten von ca. 0,12 und 0,13 mm/min.

Tab. 4-1: Ergebnisse der Laborversuche an ungestörten Bodenproben

Schurf	Bodenart Feld	Bodenart Labor	Boden- gruppe	M-%.≤ 0,063 mm	I _p [-]	w _L [%]	I _C [-]	φ' [°]	c' [kN/m²]
400B o	U,t',fs,hz', steif	S, u, t'	SU*/ST	33,6	4,2	20,2	0,82	24,1	24,7
335B o	U,fs*, steif	S, u*, t	TL	54,5	12,0	27,1	0,72	36,0	0,0
335B u	m-gU,t', fs, g', steif	S, u*, t	TL	51,6	10,7	26,7	0,61	36,9	0,0
274B o	U,fs,t', wu-re, g', weich/steif	S, u*, t', g'	TL	48,3	13,3	30,2	0,75	33,2	3,9
274B u	U,t,fs',g', weich/steif	U, t, s*	TL	58,8	12,2	15,6	0,68	26,0	17,4
200B o	U,fs,g', wu-re', steif	S, u, t'	SU/SU*	30,9	1,9	13,4	1,55	28,7	9,6
200B u	A,U,fs',g', t',zb', wu-re, steif	S, u, t', g'	SU*/ST	36,0	5,2	21,3	2,80	38,5	0,0

I_p: Plastizitätszahl; w_L: Wassergehalt an der Fließgrenze; I_C: Konsistenzzahl
 φ': Reibungswinkel, abgeleiteter Wert; c': Kohäsion, abgeleiteter Wert

4.4 Bodenklassifizierung

Die vorstehend beschriebenen Bodenarten lassen sich entsprechend den Klassifizierungskriterien der DIN 18196 [23], DIN 18300 [24], DIN 18301 [25] den nachfolgend aufgelisteten Bodengruppen und Bodenklassen zuordnen:

Tab. 4-2: Bodenklassifikation

Bodenart	Bodengruppe (DIN 18196)	Bodenklasse (DIN 18300)	Bodenklasse (DIN 18301)
1 Anschüttung Oberboden, umgelagert	[OU, OH]	1	BO 1
fein- und gemischtkörnige Böden mit Fremd Beimengungen (weich bis halbfest)	[UL, UM, TL, SU*]	4	BB2/3, BN2, je + BS1
grobkörnige Böden mit Fremd beimengungen konzentriert abgelagerte Schichten (Betonreste, Wasserbausteine etc.)	[SW, SE, SI, SU, GW, GE, GI, GU]; A	3 3 bis 5	BN1 + BS 1 BN1 mit BS2/3/4
2 Hochflutablagerungen Schluff, sandig, teils tonig, teils schwach kiesig; (weich bis halbfest) sowie Sand, schluffig, teils kiesig	UL, UM, TL, SU*; SU, ST	4 und 3	BB2/3, BN2 je + BS1
Schluffe mit organischen Beimengungen und gemischtkörnige Böden mit Beimengungen humoser Art; (weich bis steif)	OU, OH	4	BB2, BN2, BO1
3 Terrassenablagerungen Sand/Kies, schluffig bis stark schluffig Sand, kiesig / Kies, sandig; Kiessand bei mehr als 30% Massenanteil an Steinen (> 63 bis 200 mm) und höchstens 30 % Massenanteil an Blöcken (> 200 bis 630 mm) bei mehr als 30% Massenanteilen an Blöcken	SU, GU, SU*, GU* SE, SI, SW, GE, GI, GW	3 und 4 4 5 6	BN2 + BS1 BN1 + BS1 BN1/2 je + BS2/3 BN1/2 + BS4
Verkittete bzw. mineralisch gebundene Böden, schwache mineralische Bindung		6	FV1, FV2 + FD1
„/“ bedeutet „und“			

Die feinkörnigen Böden und gemischtkörnigen, stark bindigen Böden können bei Wasserzutritt rasch von einer steifen in eine breiige Konsistenz übergehen und sind dann in die **Bodenklasse 2** – fließende Bodenarten – bzw. in die Klasse **BB 1** einzustufen.

Laboruntersuchungen zur Abrasivität der Lockergesteine wurden nicht vorgenommen. Aufgrund des relativ hohen Quarzanteils sind die anstehenden Sande und Kiese nach den vorliegenden Erfahrungen als stark abrasiv einzustufen.

4.5 Bodenmechanische Kenngrößen

Aufgrund der fachtechnischen Beurteilung der entnommenen Bodenproben, der Ergebnisse der Rammsondierungen und der bodenmechanischen Laborversuche sowie den Erfahrungen mit bodenmechanisch gleichartigen Böden kann der anstehende Baugrund durch folgende bodenmechanische Kennwerte beschrieben werden.

Tab. 4-3: Bodenmechanische Kennwerte

Bodenart	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ' [°]	c' [kN/m ²]	E_s [MN/m ²]
1 Anschüttung fein- und gemischtkörnige Böden weich bis steif halbfest	17 - 19 18 - 20	8 - 10 9 - 11	22,5 - 30,0	0 - 5 5 - 10	4 - 8 6 - 10
grobkörnige Böden; locker bis mitteldicht gelagert	16 - 19	8,5 - 11,5	30 - 32,5	0	15 - 30
2 Hochflutablagerungen Schluff, sandig, teils tonig, teils schwach kiesig; weich bis steif halbfest	18 - 20 19 - 20	9 - 10 10 - 11	22,5 - 27,5	2 - 5 5 - 15	4 - 12 12 - 18
Sand, schluffig, teils kiesig; locker bis mitteldicht gelagert	17 - 18	9 - 11	30 - 32,5	≤ 5	8 - 15
Schluffe mit organischen Beimengungen und gemischtkörnige Böden mit Beimengungen humoser Art; (weich bis steif)	16 - 18	6 - 8	17,5 - 22,5	0 - 5	2 - 6
3 Terrassenablagerungen Sand/Kies, schluffig bis stark schluffig; locker bis mitteldicht gelagert	17 - 19	9,5 - 11,5	30 - 35	≤ 5	30 - 50
Sand, kiesig / Kies, sandig; Kiessand; mitteldicht bis dicht gelagert	18 - 21	10,5 - 13,5	35 - 37,5	0	60 - 90
γ = Wichte des feuchten Bodens, γ' = Wichte des Bodens unter Auftrieb φ' = Reibungswinkel, c' = Kohäsion, E_s = Steifemodul					

4.6 Erdbebeneinwirkung

Nach [21], [22] liegt das Untersuchungsgebiet in der Erdbebenezone 1 und ist in die Untergrundklasse T einzuordnen. Der mehrschichtige Bodenaufbau weist eine mindestens mitteldichte Lagerung bzw. eine durchschnittlich steife Konsistenz auf und kann demnach in die Baugrundklasse C (nach [20]: Tiefe Ablagerungen von dichtem oder mitteldichtem Sand, Kies oder steifem Ton mit Dicken von einigen zehn bis mehreren hundert Metern) eingestuft werden.

4.7 Sensorische Beurteilung der Bodenproben

Bei der sensorischen Beurteilung der gewonnenen Bodenproben wurden mit Ausnahme der lediglich vereinzelt vorkommenden mineralischen Fremdbeimengungen aus Ziegel-, Plastik- und Betonresten etc. sowie der konzentriert abgelagerten Schichten aus Betonresten in den angeschütteten Schluffen und Sanden sowie Kiesen keine Auffälligkeiten festgestellt, die einen Verdacht auf eine umweltrelevante Belastung des Bodens in Bezug auf die Schutzgüter Wasser und Luft begründen.

Grundsätzlich ist anzumerken, dass sich anthropogen beeinflusste Auffüllungen hinsichtlich entsorgungs- und wiederverwertungsrelevanter Belange durch eine organoleptische Beurteilung allein nicht ausreichend zuverlässig klassifizieren lassen. Hierzu sind im Regelfall chemische Analysen entsprechend den in der LAGA-Richtlinie 20/1 „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen“ aufgeführten Anforderungen durchzuführen.

5 Grundwasser

5.1 Allgemeines

Bei den im Dezember 2012 und Januar 2013 durchgeführten Baugrunderkundungen wurde das Grundwasser bei GW $\approx 41,5$ bis 44,9 m NHN angebohrt, was nach Angaben in [8] etwa einem niedrigen bis mittleren Grundwasserstand entspricht.

Der Grundwasserstrom bewegt sich generell innerhalb der quartären stark durchlässigen Sande und Kiese der Terrassenablagerungen des Rheins. Die tertiären Böden sind gering durchlässig und daher als Grundwassergeringleiter bzw. Grundwasserstauer zu beurteilen.

Die Fließverhältnisse werden maßgeblich durch die Wasserstände des Rheins beeinflusst. Bei mittleren und niedrigen Rheinwasserständen bewegt sich der Grundwasserstrom ständig auf den Rhein zu (effluente Abflussverhältnisse), während bei Hochwasserführung des Rheins eine Infiltration von Rheinwasser über das Ufer in den quartären Aquifer stattfindet. Gleichzeitig wird infolge des infiltrierenden Rheinwassers das aus dem Hinterland anströmende Grundwasser aufgestaut und somit der Grundwasserspiegel großflächig angehoben. Dabei kehrt sich die Richtung der Grundwasserströmung um, so dass sich ein hydraulisches Gefälle landeinwärts entwickelt (influente Abflussverhältnisse).

Das Untersuchungsgebiet liegt innerhalb der Wasserschutzzone IIIa bzw. IIIb der Wassergewinnungsanlage Urfeld des Wasserbeschaffungsverbandes Wesseling-Hersel.

5.2 Rheinwasserstände

Zur Betrachtung des Zusammenhangs zwischen Grund- und Rheinwasserständen im Untersuchungsgebiet wurde, da zum einen in Bornheim ein Pegel zur Messung des Rheinwasserstandes nicht existiert und zum anderen der Rheinwasserspiegel in Abhängigkeit des Querprofils bei gleichen Abflussmengen naturgemäß variiert, eine Pegelganglinie für den Rhein-km 662,8 (etwa in der Mitte des Untersuchungsgebiets) berechnet.

Die Berechnung erfolgte mittels Korrelation zwischen den durch die Bezirksregierung Köln zur Verfügung gestellten Wasserstand (W) - Abfluss (Q) - Beziehungen des Pegels Köln und des entsprechenden Querprofils (hier zunächst Rhein-km 662,8). Die Wasserspiegellagen der Hauptabflusswerte wurden hierfür in einer Excel-Tabelle zusammengefasst und in einem Diagramm dargestellt. Anschließend wurde über eine Regressionsgerade eine mathematische Abhängigkeit zwischen dem Pegel Köln und dem Querprofil hergestellt.

In Bild 5-1 in die Korrelation zwischen dem Pegel Köln und dem Rheinwasserspiegel für das Querprofil bei Rhein-km 662,8 grafisch darstellt.

Mit Hilfe der Regressionsgeraden kann nunmehr aus den Rheinwasserständen des Pegels Köln (abgerufen über <http://www.bafg.de>) die korrelierte Pegelganglinie bei Rhein-km 662,8 berechnet werden. Hierbei ist anzumerken, dass die zeitliche Verzögerung zwischen den jeweiligen Messwerten bei der oben aufgeführten Vorgehensweise unberücksichtigt bleibt. Allerdings ist diese nach einem Vergleich des zeitlichen Verlaufs der Ganglinien der Pegel Bonn und Köln als relativ gering und somit vernachlässigbar anzusehen.

Außerdem ist zu beachten, dass alle Höhenangaben, die sich auf den Rheinwasserstand beziehen, die Einheit [mNN] haben, da die zugrunde

liegenden Daten nur im alten Höhenbezugssystem DHHN 12 zur Verfügung stehen. Alle übrigen Höhen (Geländehöhen, Bohransatzpunkte, Messstellen und somit auch Grundwasserstände) wurden hingegen im neuen Höhenbezugssystem DHHN 92 eingemessen und haben daher die Einheit [m NHN]. Der Höhensystemunterschied zwischen DHHN 12 und DHHN 92 beträgt in Bornheim ~3 cm (51,01 mNN \triangleq 51,04 m NHN).

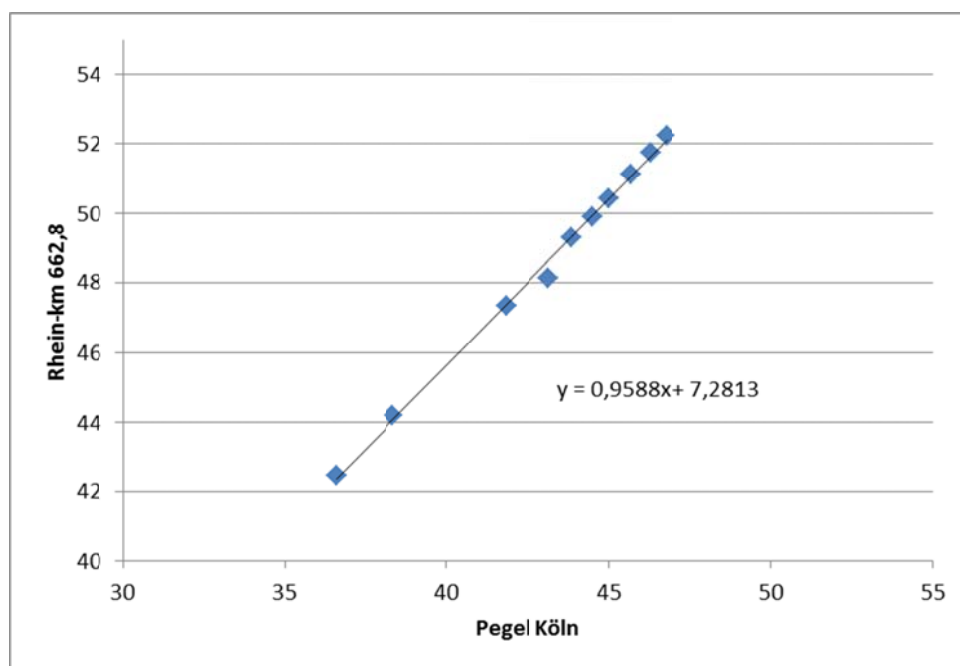


Bild 5-1: Korrelation zwischen dem Pegel Köln und dem Rheinwasserspiegel bei Rhein-km 662,8

Die korrelierte Pegelganglinie des Rheins bei Rhein-km 662,8 ist für den Zeitraum 1993 bis 2013 in Anlage 13 grafisch dargestellt. Während dieses Zeitraums betrug der minimale Rheinwasserstand 41,59 mNN (29.09.2003) und der maximale Rheinwasserstand wurde am 30.01.1995 mit 51,01 mNN gemessen. Hieraus ergibt sich eine Schwankungsbreite von rd. 10,5 m.

In der Tabelle 5-1 sind zum Vergleich die statistischen Hauptwasserstände für den Rhein-km 662,8 zusammengefasst.

Ein Vergleich dieser Werte mit dem minimalen Rheinwasserstand zeigt, dass der niedrige Wasserstand von 41,59 mNN im September 2003 gut 90 cm unterhalb des statistischen Niedrigwassers lag. Die Hochwasserwelle im Januar 1995 lag mit einem Wasserstand von 51,01 mNN etwa im Bereich eines 50-jährigen Hochwasserereignisses.

Tab. 5-1: Statistische Hauptwasserstände bei Rhein-km 662,8

Bezeichnung	W [mNN]	Q [m³/s]
NQ (1931-2002)	42,45	947
MQ (1931-2002)	44,17	2120
HQ ₁ (1931-2002)	47,37	5460
MHQ (1931-2002)	48,14	6450
HQ ₅ (1931-2002)	49,31	8100
HQ ₁₀ (1901-2003)	49,90	8987
HQ ₂₀ (1901-2003)	50,44	9816
HQ ₅₀ (1901-2003)	51,12	10916
HQ ₁₀₀	51,76	12000
HQ ₂₀₀	52,26	12900

5.3 Grundwasserstände

Im Rahmen der Vorstudie konnten insgesamt 56 Grundwassermessstellen (GWM) mit Stammdaten und Grundwasserständen ermittelt werden, wobei von 30 dieser GWM lediglich statistische Messwerte vorhanden sind. Die übrigen 26 GWM liegen z.T. deutlich außerhalb des Untersuchungsgebietes, so dass eine Auswertung und Darstellung der Grundwasserstände le-

diglich bei sieben GWM durchgeführt wurde. In der nachfolgenden Tabelle sind die Kenndaten der ausgewerteten GWM zusammengefasst. Die drei neu errichteten Grundwassermessstellen am Rheinuferweg wurden bei dieser Auswertung nicht berücksichtigt, da hier Messdaten erst für einen sehr kurzen Zeitraum vorliegen. Diese Daten werden in Kapitel 5.4 näher betrachtet.

Tab. 5-2: Grundwassermessstellen im Umfeld des Untersuchungsgebietes

GWM	Höhen [m NHN]		Einbau- länge	Grenze Quartär/Tertiär [m NHN]	Entfer- nung Rhein	aktueller Mess- rhythmus
	GOK	ROK				
076330 916	52,53	52,44	25,0 m		125 m	halbjährlich
070200 816	48,29	49,06	21,9 m		325 m	monatlich
073565 611	51,13	51,01	25,7 m	26,23	50 m	wöchentlich
076605 413	56,42	56,21	26,3 m	29,50	675 m	halbjährlich
070201 018	54,39	54,34	27,1 m		115 m	monatlich
070168 910	56,75	56,63	28,3 m		115 m	monatlich
070200 919	55,50	55,39	26,5 m	28,29	125 m	monatlich

Die Grundwasserganglinien der vorgenannten GWM sind ebenfalls für den Zeitraum 1993 bis 2013 in Anlage 14 grafisch dargestellt. Zum Vergleich ist auch die Ganglinie des Rheinpegels bei km 662,8 abgebildet. Innerhalb des betrachteten Zeitraums wurde der höchste Grundwasserstand während des Hochwasserereignisses im Januar 1995 gemessen. In der GWM 070168**910** (kurz GWM 910) erreichte der Grundwasserstand am 16.01.1995 eine Höhe von 51,58 m NHN (5,17 m Flurabstand) und lag somit rund 0,5 m über dem maximalen Rheinwasserstand. Allerdings wurde zum damaligen Zeitpunkt der Wasserstand in der GWM 910 nur wöchentlich gemessen, so dass der tatsächlich aufgetretene Maximalwasserstand mit großer Wahrscheinlichkeit nicht erfasst wurde.

Zum Vergleich ist im nachfolgenden Bild 5-2 ein Ausschnitt der Ingenieur-geologischen Karte [8] mit den Flurabständen während des Hochwasserereignisses im März 1988 dargestellt.

Auch während dieses Hochwasserereignisses lagen die Flurabstände im Untersuchungsgebiet generell in einer Größenordnung von 5 bis 8 m. Ab ca. Rhein-km 663,7 betrugen die Flurabstände sogar nur 4 bis 5 m.

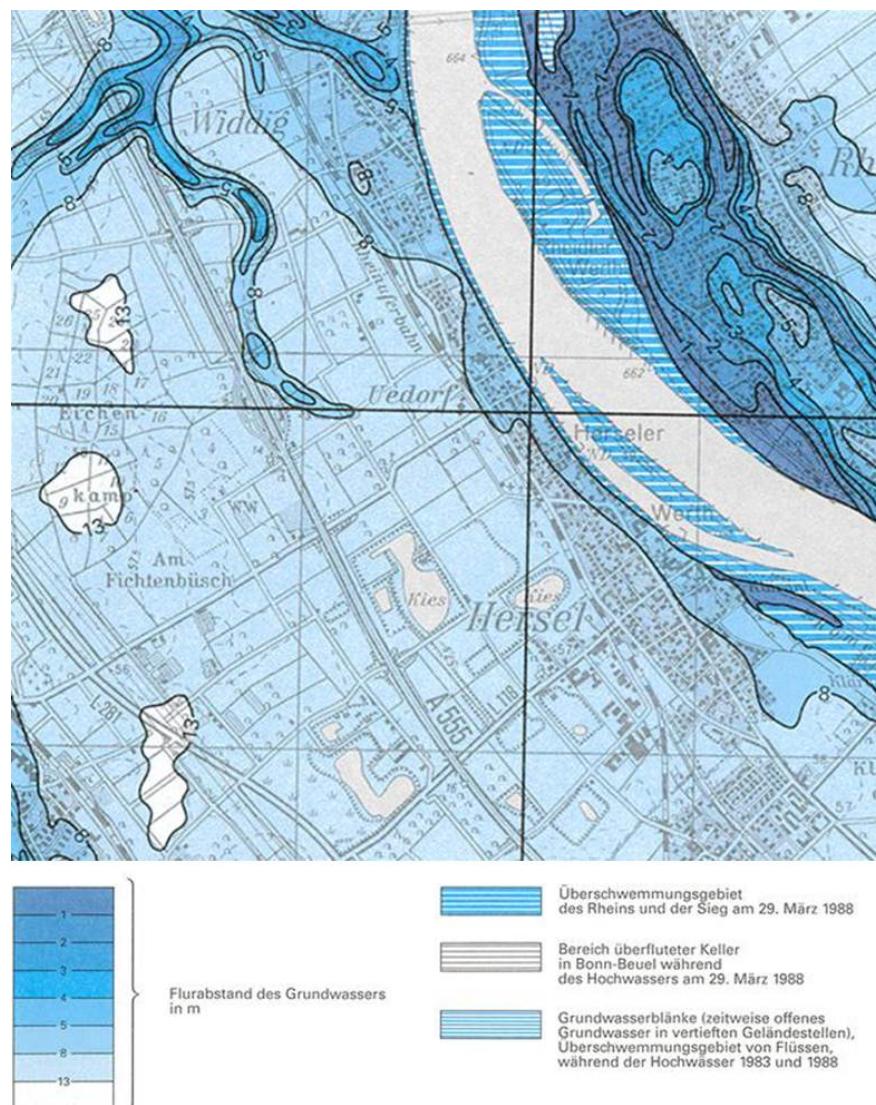


Bild 5-2: Karte der Flurabstände im März 1988 [8]

Die niedrigsten Grundwasserstände im Zeitraum 1993 bis 2013 lagen, wie Anlage 14 zu entnehmen ist, generell etwa in Höhe der Ordinaten 41,70 bis 42,00 m NHN. Ausnahmen hiervon bilden die GWM 070200**816** (kurz GWM 816) mit 40,79 m NHN am 18.05.1998 und die GWM 073565**611** (kurz GWM 611) mit 41,05 m NHN am 24.05.2011. Diese Werte liegen jedoch deutlich unterhalb der Grundwasserstände in den übrigen Messstellen zu diesem Zeitpunkt. Der ungewöhnlich niedrige Grundwasserstand ist vermutlich auf eine Grundwasserabsenkung zurückzuführen. Die GWM 611 liegt unmittelbar neben einem Entnahmebrunnen des WBV Wesseling-Hersel und wird daher vermutlich durch die Grundwasserentnahme beeinflusst.

5.4 Auswertung der Loggerdaten

Am 21.03.2013 wurden in den drei neu errichteten Grundwassermessstellen 235U, 297U und 410U Datenlogger zur kontinuierlichen Messung und stündlichen Aufzeichnung der Grundwasserstände und –temperatur installiert. Zudem wurden drei weitere Datenlogger in den bestehenden GWM 919, 910 und 816 eingebaut, die bezogen auf die Rheinkilometrierung etwa auf gleicher Höhe mit den neuen GWM liegen, jedoch weiter vom Rheinufer entfernt sind. Somit ergeben sich drei Grundwassermessprofile bei Rhein-km 662,4 und 663,0 sowie 664,1 mit jeweils zwei GWM.

Die bisher aufgezeichneten Grundwasserstände der sechs GWM sind im Diagramm der Anlage 15.1 dargestellt. Dabei sind jeweils die beiden GWM eines Messprofils in einer Farbe (blau, pink, grün) wiedergegeben, wobei die Messstelle mit der dunkleren Ganglinie in geringerer Entfernung zum Rhein liegt. Die weiter entfernten GWM sind jeweils als hellere Gang-

linie dargestellt. Zum Vergleich ist auch der korrelierte Rheinpegel bei Rhein-km 662,8 abgebildet.

Grundsätzlich liegen Loggerdaten aus dem Zeitraum 21.03.2013 bis 17.07.2013 vor. Der Datenlogger der GWM 910 konnte jedoch seit dem 29.05.2013 nicht mehr ausgelesen werden, so dass hier derzeit Daten fehlen. Auch bei den Messungen des Rheinwasserstandes sind die Datensätze lückenhaft. So fehlen die Daten vom 25. bis 29.04.2013 und vom 11. bis 15.07.2013.

Zur Ableitung der hydraulischen Gefälle in Ufernähe ist zu berücksichtigen, dass die Höhe des Rheinwasserspiegels bei den drei Grundwassermessprofilen aufgrund des unterschiedlichen Flussprofils naturgemäß abweicht. Daher wurde für die betrachteten Rhein-km 662,4 und 663,0 sowie 664,1 mittels der in Kapitel 5.2 beschriebenen Vorgehensweise eine korrelierte Pegelganglinie berechnet.

Die korrelierten Pegelganglinien sind in den Diagrammen der Anlagen 15.2 bis 15.4 zusammen mit den jeweiligen Grundwasserständen dargestellt.

Zudem sind in den jeweiligen Diagrammen der vorgenannten Anlagen die hydraulischen Gefälle (i_1 und i_2) aufgetragen, die sich wie nachfolgend dargestellt berechnen lassen (exemplarisch für Rhein-km 662,4, analog für 663,0 und 664,1).

Ein negatives Vorzeichen bedeutet dabei, dass das hydraulische Gefälle landeinwärts gerichtet ist (influente Abflussverhältnisse). Bei einem positiven Vorzeichen ist das hydraulische Gefälle zum Rhein hin gerichtet (effluente Abflussverhältnisse).

$$i_1 = \frac{GW_{235U} - W_{662,4}}{h_1}$$

$W_{662,4}$ korrelierter Rheinwasserstand bei Rhein-km 662,4 in [mNN]

GW_{235U} Grundwasserstand in der GWM 235U in [m NHN]

h_1 horizontaler Abstand zw. linkem Rheinufer und GWM 235U in [m]

i_1 hydraulischen Gefälle (Grundwassergefälle) in [-]

$$i_2 = \frac{GW_{919} - GW_{235U}}{h_2}$$

GW_{919} Grundwasserstand in der GWM 919 in [m NHN]

h_2 horizontaler Abstand zw. GWM 235U und GWM 919 in [m]

i_2 hydraulischen Gefälle (Grundwassergefälle) in [-]

Den Diagrammen der Anlagen 15.2 bis 15.4 ist zu entnehmen, dass bei niedrigen bis mittleren Grundwasserstände das Grundwassergefälle grundsätzlich zum Rhein hin gerichtet ist und maximal etwa $i_1 = 1 \%$ beträgt. Bei leicht höheren Grundwasserständen ist das hydraulische Gefälle bereits landeinwärts gerichtet und beträgt minimal ca. $i_1 = -1,3 \%$. Der Verlauf der i_2 -Werte ist analog, allerdings sind die berechneten hydraulischen Gradienten betragsmäßig wesentlich geringer.

6 Schlussbemerkung

Im vorliegenden Geotechnischen Untersuchungsbericht wurden gemäß den Vorgaben und Empfehlungen des Handbuchs EC 7-2 die Ergebnisse

der im Rahmen des Projektes „Sanierung des Bornheimer Rheinufers“ durchgeführten Baugrunderkundungen und bodenmechanischen Laborversuche zusammenfassend dargestellt und bewertet. Zudem erfolgte eine Beschreibung der Grundwasserverhältnisse sowie eine Betrachtung der Wechselwirkung zwischen Grund- und Rheinwasserständen.

Die Beschreibung des Baugrundes resultiert aus den punktuellen direkten und indirekten Aufschlüssen und ist in Verbindungen mit den Ergebnissen der Laborversuche Grundlage der bodenmechanischen Beurteilung der erkundeten Böden. Für die einzelnen Bodenschichten wurden darüber hinaus Werte für die geotechnischen Kenngrößen abgeleitet.

Unter Berücksichtigung der nunmehr vorliegenden Ergebnisse der Baugrunduntersuchung in Verbindung mit der geometrischen Ausbildung der Uferböschung ist auch weiterhin von der Geotechnischen Kategorie GK 3 (Baumaßnahmen mit hohem Schwierigkeitsgrad im Hinblick auf das Zusammenwirken von Bauwerk und Baugrund) auszugehen.

ICG Düsseldorf GmbH & Co. KG

Dr.  Lammertz

gez. Haarer


Bredt

Anlagen

Verteiler

Bezirksregierung Köln 5x
ellen.gnaudschun@bezreg-koeln.nrw.de
andreas.bieberstein@kit.edu

Anlagenverzeichnis

- Anlage 1: Lageplan mit Lage der Erkundungspunkte
- Anlage 2: Übersicht Felderkundungen / Laborversuche
- Anlage 3: Bohrprofile und Sondierdiagramme, Leinpfad
- Anlage 4: Bohrprofile und Sondierdiagramme, Rheinuferweg
- Anlage 5: Schurfprofile
- Anlage 6: Fotodokumentation Bohrkerne
- Anlage 7: Querprofile
- Anlage 8: Korngrößenverteilung, „Leinpfad“
- Anlage 9: Korngrößenverteilung, „Rheinuferweg“
- Anlage 10: Korngrößenverteilung, ungestörte Bodenproben
- Anlage 11: Zustandsgrenzen, ungestörte Bodenproben
- Anlage 12: Scherversuche, ungestörte Bodenproben
- Anlage 13: Korrelierte Pegelganglinie des Rheins bei Rhein-km 662,8
- Anlage 14: Grundwasserganglinien
- Anlage 15: Grundwasserstände und -gefälle
- Anlage 16: Berechnung der max/mittel Böschungsneigungen je Querprofil
- Anlage 17: Diagramm der max/mittel Böschungsneigungen je Querprofil
- Anlage 18 bis 21 auf CD-ROM:**
- Anlage 18: Vorstudie, ICG
- Anlage 19: Vermessungsbericht, Lageplan und Querprofile, te Laak19
- Anlage 20: Schichtenverzeichnisse, Kopfblätter, Bohr-/Sondierprofile
BauGrund Süd
- Anlage 21: Bodenmechanische Laorverusche, Borchert Ingenieure