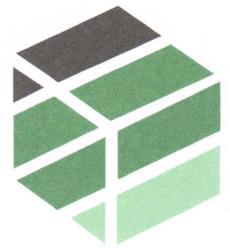


Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH
Beratende Ingenieure
Büro Tostedt



INGENIEURGRUPPE PTM

Ingenieurgesellschaft Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Bericht Nr. 20 - 16727

**Projekt: BVH Sackungsschäden
am Leuchtturm Neuwerk
Leuchtturm 1
27499 Neuwerk**

**Auftraggeber: FREIE UND HANSESTADT HAMBURG
Landesbetrieb Immobilienmanagement und
Grundvermögen
Frau Miriam Decker
Millerntorplatz 1
20359 Hamburg**

Auftrag: Geotechnischer Bericht

erteilt am: 10. September 2020

**vom
30. November 2020**

Geotechnik
Baugrund

Erdbaulaboratorium
Baustoffprüfung

Hydrogeologie
Rohstoffgeologie

Deponiewesen
Altlasten

Brandschutz

Industriebau
Gewerbebau

Landschaftsplanung
Umweltplanung

Fachplanung
Bauleitung

• Arnsberg
• Bautzen
• Danzig
• Dortmund
• Hamburg
• Jena
• Oldenburg
• Stade
• Tostedt

Geschäftsf. Gesellschafter:
Dr.-Ing. Michael Beuße
Dipl.-Geol. Jens Schmitz
AG Tostedt HRB 4060
www.dr-beusse.de

Elsterbogen 18
21255 Tostedt
Tel.: 0 41 82 / 28 77 0
Fax.: 0 41 82 / 28 77 28
tostedt@dr-beusse.de

Bremer Heerstraße 122
26135 Oldenburg
Tel.: 0 44 1 / 30 93 801
Fax.: 0 44 1 / 30 93 802
oldenburg@dr-beusse.de

Opitzstraße 17
28755 Bremen
Tel.: 0 42 1 / 89 81 37 24
Fax.: 0 42 1 / 89 81 37 25
bremen@dr-beusse.de

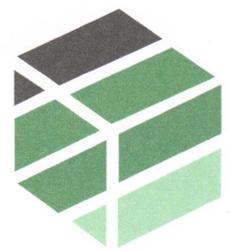
Wilkenweg 6
21149 Hamburg
Tel.: 0 40 / 70 38 23 56
Fax.: 0 40 / 70 38 23 57
hamburg@dr-beusse.de

Kreissparkasse Stade
BIC-/SWIFT-Code: NOLADE21STK
IBAN: DE87241511160000420422

Postbank Dortmund
BIC-/SWIFT-Code: PBNKDEFF
IBAN: DE024401004603253824655

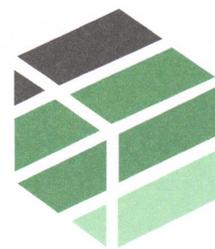
Finanzamt Buchholz in der Nordheide • Ust-ID: DE180892056
Verbandsmitgliedschaften: DGGT, BWK, DWA, VSVI, Ingenieurkammer Niedersachsen





I Inhaltsverzeichnis

	Seite
II Anlagenverzeichnis	3
III Tabellenverzeichnis	3
IV Abbildungsverzeichnis	3
V Anhang	3
1 Auftrag und Vorgang	4
2 Bearbeitungsunterlagen	5
3 Örtliche Situation und Bauwerk	7
4 Baugrund	8
4.1 Erkundung	8
4.2 Aufbau	9
4.3 Tragfähigkeit	11
4.4 Wasser	11
4.4.1 Felduntersuchungen	11
4.4.2 Chemische Beschaffenheit	12
4.5 Laborversuche	13
4.5.1 Wassergehaltsbestimmung nach DIN EN ISO 17 892-1	13
4.5.2 Bestimmung der Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17 892-4	14
4.5.3 Bestimmung des Glühverlustes nach DIN 18 128	14
5 Homogenbereiche, Bodenklassifikationen und -kennwerte	15
5.1 Vorbemerkungen	15
5.2 Homogenbereiche: Nach DIN 18 300 und 18 304	16
5.3 Charakteristische Bodenkennwerte	17
6 Schadensanalyse	18
7 Empfehlungen	20
8 Zusammenfassung	21



II Anlagenverzeichnis

1	1 Blatt	Lageplan
2	5 Blatt	Säulendiagramme der Kleinbohrungen und Rammsondierungen
3	3 Blatt	Bestimmung des Wassergehaltes
4	2 Blatt	Bestimmung der Korngrößenverteilung
5	2 Blatt	Bestimmung des Glühverlustes

III Tabellenverzeichnis

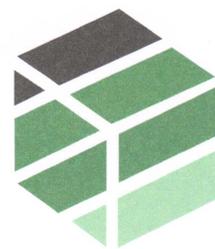
	Seite
Tabelle 4-1: Vereinfachter Baugrundaufbau	10
Tabelle 4-2: Ergebnisse der Wassergehaltsbestimmung	13
Tabelle 4-3: Ergebnisse der Sieb- und Sedimentationsanalysen	14
Tabelle 4-4: Ergebnisse der Glühverlustbestimmung	14
Tabelle 5-1: Homogenbereiche für Erd- sowie für Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten	16
Tabelle 5-2: Bodenkennwerte (charakteristische Werte)	17

IV Abbildungsverzeichnis

	Seite
Abbildung 1: Südwestliche Turmkante, Südansicht	19

V Anhang

1	5 Blatt	Prüfbericht-Nr.: 2020P530613 / 1 vom 28. Oktober 2020, Unterlagen der GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH aus Pinneberg (Material: Wasser)
---	---------	---

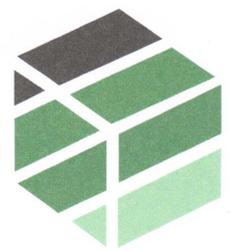


1 Auftrag und Vorgang

An der Fassade des Leuchtturms auf der Insel Neuwerk, 27499 Hamburg-Insel Neuwerk, treten, insbesondere auf der Südseite, deutliche Risse auf. Seitens des Zuständigen Landesbetriebes Immobilienmanagement und Grundvermögen (LIG) der Freien und Hansestadt Hamburg (FHH) werden weitere Setzungen und daraus folgende Schäden an dem Turm befürchtet.

Aus diesem Grund ist die Ingenieurgesellschaft Dr.-Ing. Michael Beuße mbH, Elsterbogen 18, 21255 Tostedt, am 10. September 2020 durch den LIG, vertreten durch Frau Decker, mit der Durchführung einer Baugrunduntersuchung und einer Baugrundbeurteilung hinsichtlich der aufgetretenen Schäden beauftragt worden. Der Geotechnische Bericht soll fortan als Grundlage zur Erarbeitung eines Sanierungskonzepts dienen.

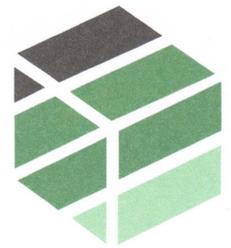
Im nachfolgenden Bericht werden die ausgeführten Untersuchungen beschrieben und bewertet.



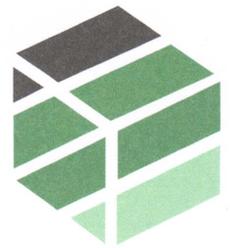
2 Bearbeitungsunterlagen

Zur Bearbeitung standen uns folgende Unterlagen zur Verfügung:

- a) Auszug aus der Immobiliendatenbank, vom 14.03.2020, Maßstab 1 : 2.000, Gemarkung Neuwerk, Flurstück 369, am 30. Juli 2020 per E-Mail bereitgestellt durch Frau Decker, LIG der FHH
- b) Grundrisse des Leuchtturms Neuwerk, Aufmaß Bestand: Ebenen 0 bis 8, vom 28.01.2020, erstellt für die Fassen- / Dachsanierung durch die „Ahrens Schlepegrell Architekten und Ingenieure PartGmbH“, Maßstab 1 : 100, am 30. Juli 2020 per E-Mail bereitgestellt durch Frau Decker, LIG der FHH
- c) Nationalpark-Atlas Hamburgisches Wattenmeer, Nationalparkplan: Teil I, S. 40 f: Der Neuwerker Turm, Schriftenreihe der Umweltbehörde der FHH, Heft Nr. 50, 2001
- d) Ferber, Kurt: Der Turm und das Leuchtfeuer auf Neuwerk, Zeitschrift des Vereins für Hamburgische Geschichte, Band 14, Johann August Meißner, Hamburg 1909
- e) Fotos des Leuchtturms auf Neuwerk, am 30. Juli 2020 per E-Mail bereitgestellt durch Frau Decker, LIG der FHH
- f) Geologische Karte GK5, eingesehen auf dem Kartenserver des Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung der Freien und Hansestadt Hamburg am 26. November 2020 (URL: <https://geoportal-hamburg.de/geoportal/geo-online/#>)
- g) Schichtenverzeichnisse und Protokolle der abgeteuften Kleinbohrungen und der schweren Rammsondierungen, Unterlagen des aufstellenden Büros
- h) Prüfbericht-Nr.: 2020P530613 / 1 vom 28. Oktober 2020, Unterlagen der GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH aus Pinneberg (Material: Wasser)
- i) Floss, R.: Handbuch ZTV E-StB - Kommentar und Leitlinien mit Kompendium Erd- und Felsbau
- j) EA-Pfähle (2012): Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“, 2. Auflage 2012, Hrsg. DGGT e.V.
- k) Grundbau-Taschenbuch Teil 3: Gründungen und geotechnische Bauwerke, Hrsg. Karl Josef Witt, 7. Auflage 2009



l) DIN-Normen	
DIN 1 054	Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau
DIN 1 055	Einwirkung auf Tragwerke - Teil 2 Bodenkenngößen
DIN 4 017	Baugrund - Berechnung des Grundbruchwiderstands von Flachgründungen
DIN 4 018	Baugrund - Berechnung der Sohldruckverteilung unter Flächengründungen
DIN 4 019	Baugrund - Setzungsberechnung bei lotrechter, mittiger Belastung
DIN 4 020	Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke - Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1 997
DIN 18 196	Erd- und Grundbau - Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke
DIN 18 300	VOB - Teil C: ATV - Erdarbeiten
DIN EN 1 997-1	Eurocode 7 - Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln
DIN EN 1 997-2	Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds
DIN EN 12 699	Ausführung spezieller geotechnischer Arbeiten (Spezialtiefbau) - Verdrängungspfähle
DIN EN 12 715	Ausführung spezieller geotechnischer Arbeiten (Spezialtiefbau) - Injektionen
DIN EN ISO 14 688	Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Böden (ersetzt DIN 4 022 und DIN 4 023)
DIN EN ISO 22 475	Geotechnische Erkundung und Untersuchung (ersetzt DIN 4 021)
DIN EN ISO 22 476	Geotechnische Erkundung und Untersuchung (ersetzt DIN 4 094)



3 Örtliche Situation und Bauwerk

Der Leuchtturm Neuwerk befindet sich im Süden der Insel, innerhalb einer Deichanlage. Der ehemalige Wehrturm aus dem frühen 14. Jahrhundert (Bearbeitungsunterlagen c) und d)) befindet sich am höchsten Punkt der Insel. Das umgebende Gelände auf dem ca. 408 m² großen Flurstück (Bearbeitungsunterlage a)) weist gemäß dem Portal „Geo-Online“ der FHH eine Höhe von ca. +4,20 m NHN auf. Es ist ein Gefälle von Norden nach Süden vorhanden, das gemäß dem durchgeführten Nivellement angrenzend an den Turm zwischen 0,34 und 0,50 m beträgt.

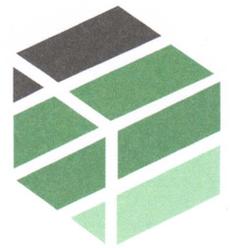
Der mit rotem Backstein verblendete Teil des Turms, ohne die Dachkonstruktion, ist nach der Bearbeitungsunterlage c) knapp 30 m hoch. Die Mauerwerksdicke verjüngt sich demnach nach oben von 2,80 m bis 1,50 m.

Dem Bestandsaufmaß (Bearbeitungsunterlage b)) zufolge betragen die äußeren Abmessungen der Ebene 0 ca. $a / b = 13,50 \text{ m} / 13,50 \text{ m}$. An den beiden südlichen Bauwerksecken sind diagonale, gemauerte „Sporne“, möglicherweise zur Stützung des Verblendmauerwerks, nachträglich hergestellt worden. Historischen Fotos zufolge dürfte der südwestliche, kleinere Sporn ca. zwischen 1900 und 1916 entstanden sein, während der größere Sporn zwischen 1916 und 1930 entstanden sein müsste.

Der kleinere Sporn ragt gemäß der Bearbeitungsunterlage b) ca. 0,90 m über den nahezu quadratischen Grundriss des Turmes hinaus, während dies bei dem größeren Sporn ca. 2,30 m sind.

Die stärkste Rissbildung an der Fassade war im Rahmen der Geländearbeiten zur Baugrunderkundung an der südlichen Turmseite zu beobachten. Die Risse verlaufen im Wesentlichen vertikal. Der Turm war bereits an zwei Seiten für eine Sanierung eingerüstet. Im Turminnen waren bei der Begehung keine Risse sichtbar.

Angaben zur Gründung des ca. 710 Jahre alten Turmes sind in der Bearbeitungsunterlagen d) enthalten. Das Fundament des Turmes besteht demnach „aus einem Schwellrost, d.h. aus zwei Lagen kreuzweise übereinander liegender 30x30 cm starker Balken, auf denen 2,90 m hoch übereinander geschichtete Felsblöcke liegen, worauf dann das Ziegelmauerwerk aufgebaut ist, das sich noch 1,10 m unter der Erde befindet, so daß das ganze Fundament eine Höhe von 4,60 m unter der Erde hat.“



Die Ansatzhöhen der ausgeführten Kleinbohrungen sind in Bezug auf einen Höhenfestpunkt (FP) eingemessen worden (siehe Abschnitt 4.1). Die mittlere Höhe der den Turm umgebenden Geländeoberfläche kann mit $GOK = -0,20 \text{ m FP}$ definiert werden. Die Gründungstiefe auf der die Holzbalken aufgelagert wird daher mit **GS = -4,80 m FP** abgeschätzt.

Auf der Westseite des Turmes befand sich in der Vergangenheit eine Kleinkläranlage die vor ca. 5 Jahren (2015) ausgebaut und der Bereich verfüllt wurde. Die Schmutzwasserleitung wird mittig auf der Westseite aus dem Turm geführt. Auch am Leitungsbereich wurden ca. 2015 (Erd-)Arbeiten durchgeführt. Die neue Schmutzwasserleitung verläuft zu einem erneuerten Sammelschacht, der wahrscheinlich vormals als Sickerschacht fungierte. Die vermutete ehemalige und die aktuelle Lage der Schmutzwasserleitungen sind im Lageplan in der **Anlage 1** skizziert.

In dem Bereich südöstlich und östlich der ehemaligen Kleinkläranlage ist im Rahmen der Erdarbeiten vor ca. fünf Jahren die Geländeoberfläche um etwa einen Meter angefüllt worden, so dass das Nord-Süd-Gefälle in diesem Bereich durch eine Stufe unterbrochen ist (siehe **Anlage 1**).

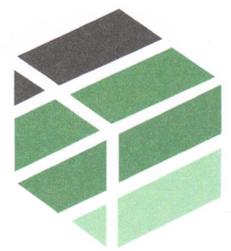
4 Baugrund

4.1 Erkundung

Die Geländearbeiten fanden am 14. und 15. Oktober 2020 statt. Es wurden dabei fünf direkte Aufschlüsse als Kleinbohrungen (BS) nach DIN EN ISO 22 475 (NW 80 mm) an den Turmecken sowie im Bereich der Aufgrabungen aus dem Jahr 2015 an der Westseite des Turmes bis in Endteufen von maximal 10,00 m (Turmecken) bzw. 5,00 m (Westseite) niedergebracht. Die Bohrung BS 2 konnte aufgrund der dort anstehenden, dicht gelagerten Feinsande nur bis in 7,20 m Tiefe abgeteuft werden.

Parallel sind jeweils neben den Ansatzpunkten der Bohrungen zur Ermittlung der Lagerungsdichten der anstehenden Böden zusätzlich schwere Rammsondierungen (DPH) nach DIN EN ISO 22 476 bis zur planmäßigen Endteufe der Bohrungen ausgeführt worden.

Die Ansatzpunkte der Kleinbohrungen (BS) und der schweren Rammsondierungen sind auf dem Lageplan in der **Anlage 1** dargestellt. Die Bohrungen sind in geringen Abständen von ca. 0,40 m bis 1,00 m von dem Turm durchgeführt worden.



Als Festpunkt zum Einmessen der Bohransatzpunkte wurde ein Höhenbolzen nahe der Nordwestecke des Turmes (unter einem Gullirost) verwendet. Die ungefähre Lage des Höhenbolzens ist ebenfalls der **Anlage 1** eingezeichnet.

4.2 Aufbau

Das in den Bohrungen gewonnene Bohrgut wurde vor Ort durch den betreuenden Ingenieurgeologen angesprochen und beschrieben. Die entsprechenden Bodenschichten sind in gemeinsam mit Ergebnissen der zugehörigen schweren Rammsondierungen der **Anlage 2** als Säulendiagramme aufgetragen.

Ausgehend von der Geländeoberfläche wurden bis zwischen 3,40 m und 4,10 m Tiefe **anthropogene Auffüllungen** erkundet. Im Wesentlichen handelt es sich um schwach schluffige, kiesführende Sande mit Bauschutt- bzw. Ziegel- und Schlackeanteilen. Bis zur Tiefe von ca. einem Meter sind geringe Humusanteile enthalten - an der Bohrung BS 2 ist darüber hinaus auch der Boden im Tiefenbereich von 1,40 m bis 3,00 m als „schwach humos“ angesprochen worden.

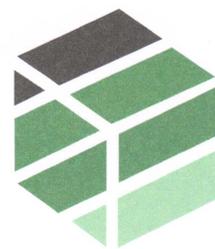
An der Bohrung BS 1 weisen die Auffüllungen von 0,30 m bis 1,40 m Tiefe einen hohen Feinkornanteil, bestehend aus einem großen Schluff- und einem mäßigen Tongehalt, auf. Die Konsistenz wurde als weich bewertet.

An der Basis der Auffüllungen bestehen diese im Bereich der Bohrungen BS 2 und BS 4 aus einem Sand-Ziegel-Gemisch bzw. aus einer Ziegellage. Diese Schichten sind, ebenso wie basale, sandige Auffüllungen an den Bohrungen BS 1 und BS 4, anhand der Eindringwiderstände der schweren Rammsonde als mitteldicht gelagert zu bewerten.

Der Hauptanteil der Auffüllungen ist gemäß den Sondierergebnissen locker gelagert.

Im Liegenden der anthropogenen Auffüllungen, unterhalb der Grundwasseroberfläche, stehen bis zur Endteufe der Bohrungen jeweils **Feinsande** an. Die Feinsande besitzen meist einen geringen Feinkornanteil. Die Feinsande sind beinahe durchgehend mitteldicht oder dicht (Bohrung BS 2) gelagert.

An den Rammsondierungen BS 1 und BS 4 wird jeweils ein Horizont als schwach schluffig bis schluffig sowie lagenweise stark schluffig und schwach tonig (d.h. lehmig) beschrieben. Die Mächtigkeiten betragen 0,50 m bzw. 0,60 m.



Diese Horizonte werden in der **Anlage 2** anhand der gemessenen Eindringwiderstände als zum Teil locker gelagert dargestellt. Die Korrelation der Eindringwiderstände mit der Lagerungsdichte ist jedoch aufgrund der lehmigen bzw. bindigen Lagen in dieser Schicht nicht direkt anwendbar. Es kann von einem mitteldicht gelagerten **Feinsand mit Lehmlagen** gesprochen werden.

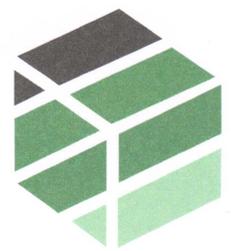
In der nachfolgenden Tabelle wird ein vereinfachter Baugrundaufbau angegeben, der die erkundeten Schichten im Hinblick auf die Lage und die Tiefe zusammenfasst. Der vereinfachte Baugrundaufbau ist nicht als allgemeingültige Schichtung über das ganze Erkundungsgebiet zu verstehen.

Er stellt die erkundeten Schichtungen in zusammengefasster Form dar:

Schichtunterkante [m FP]	Erkundet in Bohrung	Bezeichnung	Lagerungsdichte / Konsistenz
-4,16 bis -3,66	BS 1 bis BS 4	Auffüllungen	weich, locker, mitteldicht
-5,46 bis -5,30	BS 1 und BS 4	Feinsand mit Lehmlagen	mitteldicht / steif
< -10,56 bis < -5,10	BS 1 bis BS 4	Feinsand	mitteldicht, dicht

Tabelle 4-1: Vereinfachter Baugrundaufbau

Hinweis: Baugrundaufschlüsse basieren auch bei Einhaltung der nach den gültigen Vorschriften vorgegebenen Rasterabstände zwangsläufig auf punktuellen Aufschlüssen. Zwischen den Untersuchungspunkten können Abweichungen vom erkundeten Baugrund nicht gänzlich ausgeschlossen werden.



4.3 Tragfähigkeit

Die **anthropogenen Auffüllungen** stehen überwiegend in lockerer Lagerungsdichte oder in einer weichen Konsistenz an. Dies wird in den Rammsondierungen durch Eindringwiderstände bzw. Schlagzahlen pro 10 cm Rammtiefe von $N_{10} = 1$ bis 2 widerspiegelt. Darüber hinaus enthalten die Auffüllungen zum Teil organische Anteile, die Zersetzungsprozessen unterliegen. Die locker gelagerten bzw. weichen Auffüllungen sind somit nicht für den Abtrag von Bauwerkslasten geeignet.

Die mitteldicht gelagerten Auffüllungen weisen eine ausreichende Tragfähigkeit auf.

Den **Feinsanden mit Lehmlagen** kann ebenfalls eine ausreichende Eignung für den Lastabtrag zugesprochen werden.

Die Tragfähigkeitseigenschaften der mitteldicht bis dicht gelagerten Feinsande ist als gut bis sehr gut zu bewerten.

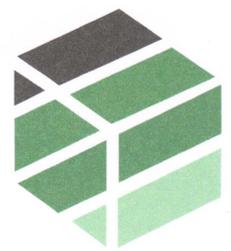
4.4 Wasser

4.4.1 Felduntersuchungen

Nach den Bohrarbeiten wurden die Bohrlöcher kurzfristig mit Peilrohren versehen. Es konnte dabei in allen Bohrlöchern ein Wasserstand gemessen werden.

Die ermittelten Wasserstände liegen auf Tiefen von 3,10 m bis 3,70 m unterhalb der Geländeoberkante. Dies entspricht Höhenkoten von -3,80 m FP bis -3,66 m FP.

Bei den gemessenen Wasserständen handelt es sich um noch nicht beruhigte Wasserstände nach dem Bohrende, die jahreszeitlich und witterungsbedingt auch höher oder niedriger ausfallen können.



4.4.2 Chemische Beschaffenheit

Im Zuge der Felduntersuchungen wurde aus dem Bohrloch der Bohrung BS 4 die **Wasserprobe P 001** entnommen. Vorbereitend ist das Wasser klar gepumpt worden. Die Probe wurde in geeignete Behältnisse zur Analyse auf die maßgebenden Parameter aufgeteilt.

Die Probe wurde anschließend gekühlt zur chemischen Analyse an das Labor der GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH geliefert. Die GBA ist unter der Nummer D-PL-14170-01-00 akkreditiert.

Die Ergebnisse sind uns als Prüfbericht-Nr.: 2020P530613 / 1 am 28. Oktober 2020 in digitaler Form zur Verfügung gestellt worden. Der Prüfbericht liegt dem Gutachten als **Anhang 1** bei.

Die Wasserprobe P 001 wurde im Hinblick auf die Beton- und Stahlaggressivität untersucht. Die Einteilung in eine Expositionsklasse erfolgt nach DIN 4 030, Teil 1. Die Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeiten ist anhand der DIN 50 929, Teil 3, ausgeführt worden.

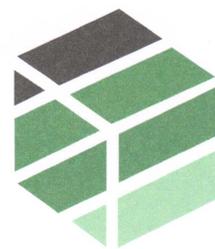
Die untersuchte Wasserprobe ist als **nicht betonangreifend** zu bewerten. Bei der Bemessung von wasserberührten Betonbauteilen sind gemäß der DIN 4 030, Teil 2, keine Maßnahmen nach DIN 1 054 erforderlich.

Die Stahlaggressivität bzw. die Korrosionswahrscheinlichkeiten für Bauteile im Unterwasserbereich werden wie folgt abgeschätzt:

- **Mulden- und Lochkorrosion:** gering,
- **Flächenkorrosion:** sehr gering.

Für Stahlbauteile im Bereich der Wasser- / Luftgrenze kann die Stahlaggressivität ausweislich des vorliegenden Prüfberichts wie nachfolgend beschrieben angegeben werden:

- **Mulden- und Lochkorrosion:** gering,
- **Flächenkorrosion:** sehr gering.



4.5 Laborversuche

4.5.1 Wassergehaltsbestimmung nach DIN EN ISO 17 892-1

Die Wassergehaltsbestimmung erfolgte an neun Proben aus den Auffüllungen nach DIN EN ISO 17 892-1 mittels Ofentrocknung. Die Bestimmung des bodenspezifischen Wassergehalts ist für die Durchführung weiterer bodenmechanischer Laborversuche und für die bodenmechanische Klassifizierung der Böden notwendig.

Die Ergebnisse der Wassergehaltsbestimmung liegen diesem Bericht als **Anlage 3** bei und sind nachfolgend aufgeführt:

Probe	Entnahmestelle / -tiefe [m u. GOK]	Bodenart	Wassergehalt [%]
P 002 / 1.1	BS 1 / 0,30 - 1,00	Auffüllung: Sand (bindig, weich)	24,7
P 003 / 1.2	BS 1 / 1,50 - 2,50	Auffüllung: Sand	21,8
P 004 / 1.3	BS 1 / 2,70 - 3,40		15,5
P 005 / 2.1	BS 2 / 0,00 - 0,90	Auffüllung: Sand (schwach humos)	16,9
P 006 / 2.2	BS 2 / 1,50 - 2,50		20,0
P 007 / 3.1	BS 3 / 0,00 - 1,00		15,4
P 008 / 3.2	BS 3 / 1,00 - 3,00	Auffüllung: Sand (z.T. schwach tonig)	24,7
P 009 / 4.1	BS 4 / 0,00 - 0,80	Auffüllung: Sand (schwach humos)	13,3
P 010 / 4.2	BS 4 / 0,80 - 1,80		12,8

Tabelle 4-2: Ergebnisse der Wassergehaltsbestimmung

4.5.2 Bestimmung der Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17 892-4

Zur Bestimmung der Korngrößenverteilung sowie zur Feststellung der Bodengruppen und weiterer bodenmechanischer Parameter sind an drei gestörten Bodenproben kombinierte Sieb-Schlämmanalysen und vier Proben Nasssiebungen ausgeführt worden.

Die Ergebnisse der Korngrößenanalysen sind in der nachfolgenden Tabelle 4-3 zusammengefasst. Die detaillierten Ergebnisse sind diesem Gutachten zusammen mit der Darstellung der Kornverteilungslinien in der **Anlage 4** beigelegt.

Probe	Bodenart (Geologisch)	Anteile [%]				Bodengruppe DIN 18 196
		Ton	Schluff	Sand	Kies	
P 013 / 1.2	Auffüllung	5,7	12,0	46,2	36,1	[SU*]
P 014 / 1.5	Feinsand mit Lehmlagen	5,3	13,9	79,1	1,6	SU*
P 015 / 3.1	Auffüllungen	2,3	7,6	73,8	16,4	[SU]
P 016 / 4.2		[-]	8,3	73,1	18,6	[SU]
P 017 / 4.3		[-]	3,4	94,8	1,8	[SE]
P 018 / 4.4	Feinsand	[-]	1,4	98,5	0,1	SE
P 019 / 4.6		[-]	2,4	97,6	0,0	SE

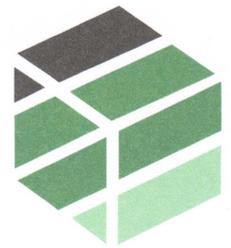
Tabelle 4-3: Ergebnisse der Sieb- und Sedimentationsanalysen

4.5.3 Bestimmung des Glühverlustes nach DIN 18 128

Zur Ermittlung des organischen Anteils wurde an zwölf Materialproben eine Glühverlustbestimmung nach DIN 18 128 ausgeführt. Die Ergebnisse sind der nachfolgenden Tabelle 4-4 und der **Anlage 5** zu entnehmen.

Probe	Bodenart (geologisch)	Entnahmetiefe [m u. GOK]	Anteil V_{GI} [%]	Beurteilung DIN EN ISO 14 688
P 011 / P 2.2	Auffüllungen	1,50 - 2,50	5,0	schwach organisch
P 012 / P 4.2		0,80 - 1,80	3,2	schwach organisch

Tabelle 4-4: Ergebnisse der Glühverlustbestimmung



5 Homogenbereiche, Bodenklassifikationen und -kennwerte

5.1 Vorbemerkungen

Mit der Überarbeitung der Tiefbaunormen aus den „Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen“ (ATV), VOB Teil C, erfolgt eine Umstellung der Bodenklassen in Homogenbereiche. Die Homogenbereiche sollen dabei alle Kennwerte enthalten, die für das „Lösen, Laden, Fördern, Einbauen und Verdichten“ (sowie im Hinblick auf die Entsorgung) relevant sind. Die jeweils zu berücksichtigende ATV macht dabei Vorgaben, welche Eigenschaften und Kennwerte dabei festgestellt und angegeben werden müssen. Hierzu ist ferner das geplante Bauvorhaben, der erforderliche Maschineneinsatz sowie eine angedachte Wiederverwendung des Bodens für die Angabe der Homogenbereiche i. d. R. vorab erforderlich. Diese Angaben standen uns zum Zeitpunkt der Berichtserstellung nicht zur Verfügung.

Die Eigenschaften und Kennwerte müssen dabei in Bandbreiten angegeben werden, die sich aus den Ergebnissen der Laborversuche sowie den Erfahrungswerten des beratenden Ingenieurs / des aufstellenden Büros ergeben. Allerdings können genaue Angaben nur für beauftragte Versuche gemacht werden. Angaben, die ausschließlich auf Erfahrungswerten beruhen, oder fehlende Kennwerte, können nur für vorplanerische Zwecke herangezogen werden. Sofern genauere Angaben gefordert werden, muss eine Abstimmung mit dem Unterzeichner und ggf. Nachuntersuchungen und weitere Laborversuche erfolgen.

In der nachfolgenden Tabelle erfolgt die Angabe von Homogenbereichen. Dabei werden die erkundeten Bodenschichten betrachtet, die im Zuge von Erdarbeiten im Sinne der DIN 18 300 oder von Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten gemäß der DIN 18 304 angeschnitten oder durchteuft werden. Daher werden alle erkundeten Bodenschichten betrachtet.

Die nachfolgend angegebenen Kennwerte und Eigenschaften beruhen auf den Erfahrungswerten von den Feld- und Laborversuchsergebnissen an vergleichbaren Böden und der Bodenansprache nach DIN EN ISO 14 688. In Verbindung mit den erkundeten Baugrundverhältnissen werden Maßnahmen zur Stabilisierung des Baugrundes oder eine Nachgründung der Spornfundamente in die geotechnische Kategorie GK 2 eingestuft.

Die den angegebenen Kennwerten und Eigenschaften zu Grunde gelegten Normen sind dem Abschnitt 2 dieses Berichts zu entnehmen.

Wir weisen darauf hin, dass die auszugsweise Angabe der aufgeführten Homogenbereiche für ausschreibungstechnische Zwecke nur in Verbindung mit dem Vortext verwendet werden darf.

5.2 Homogenbereiche: Nach DIN 18 300 und 18 304

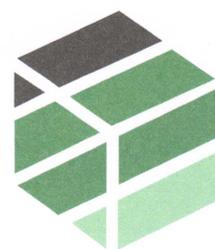
Parameter	Einheit	H-1	H-2	H-3	
Ortsübliche Bezeichnung	[-]	Auffüllungen	Feinsand mit Lehmlagen	Feinsand	
Korngrößenverteilung ⁽¹⁾	%	≤ 0,06 mm	3 - 40	10 - 45	1 - 15
		>0,06-2,0 mm	45 - 95	55 - 88	85 - 99
		>2,0-63 mm	1 - 40	0 - 5	0 - 5
Anteil Steine ^{(1), (2), (3)} (>63 mm - 200 mm)	%	0 - 30	< 5	< 5	
Anteil Blöcke ^{(1), (2), (3)} (>200 mm - 630 mm; >630 mm)	%	< 10	< 5	< 5	
undräßierte Scherfestigkeit C_u ⁽¹⁾	kN/m ²	[-] / 20 - 40	[-]	[-]	
Wassergehalt w_n ⁽¹⁾	%	8 - 25	gesättigt	gesättigt	
Plastizitätszahl I_p ⁽¹⁾	%	[-] / 3 - 6	[-]	[-]	
Konsistenzzahl I_c ⁽¹⁾	%	[-] / 0,5 - 0,75	[-]	[-]	
Konsistenz	[-]	[-] / weich	[-]	[-]	
Bezogene Lagerungsdichte I_D ⁽¹⁾	%	10 - 50	35 - 55	35 - 90	
Organischer Anteil ⁽¹⁾	%	< 6,0	< 1,0	< 1,0	
Bodengruppe	[-]	[SE], [SW], [SU], [SU*], [OH], [GI]	SU*, UL	SE, SU	

(1) Abweichungen von +/- 10 % von den dargestellten Wertebereichen sind möglich.

(2) In den Auffüllungen muss mit Steinen >200 mm und Blöcken >630 mm gerechnet werden. Im Homogenbereich H-1 findet die Ziegellage zwischen 3,30 m - 3,50 m an der Bohrung BS 4 keine Berücksichtigung

(3) Anhand des teleskopierten Sondierverfahrens mit einer maximalen Nennweite von 80 mm ist es nicht möglich, die Massenanteile von Steinen und Blöcken entsprechend DIN EN ISO 14699-1 durch Sortieren, Sieben und Wiegen mit Bezug auf eine Aushubmasse zu bestimmen. Daher können die o.g. Massenanteile nur eine Schätzung darstellen, die unter Berücksichtigung der Genese der Ablagerungen, Geländebefunden, der Beschaffenheit des Bohrgutes sowie anhand von Erfahrung erfolgt.

Tabelle 5-1: Homogenbereiche für Erd- sowie für Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten nach DIN 18 300 und DIN 18 304 (GK 2)

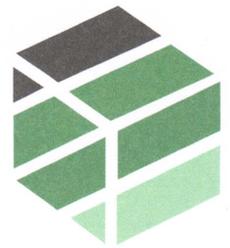


5.3 Charakteristische Bodenkennwerte

Anhand vorliegender Feld- und Laborversuchsergebnisse an vergleichbaren Bodenarten, sind für erdstatische Berechnungen und Planungen die Werte der nachfolgenden Tabelle anzusetzen. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass es sich um charakteristische Kennwerte handelt und dass insbesondere die Steifigkeiten von Böden abhängig vom Spannungszustand des Bodens sind. Genauere Angaben können nur über weiterführende Laborversuche verifiziert werden, die nicht Bestandteil dieses Auftrages waren.

Bodenschicht	Bodengruppe (DIN 18 196)	γ_k [kN/m ³]	γ'_k [kN/m ³]	φ'_k [°]	c'_k [kN/m ²]	E_s [MN/m ²]
Auffüllungen, weich locker mitteldicht	[SE], [SW], [SU],	18,0	8,0	26,0	3,0	3,0
	[SU*], [OH], [GI]	17,0	9,0	28,0	0	7,0
		18,0	10,0	33,0	0	30,0
Feinsand mit Lehmlagen mitteldicht	SU*, UL	19,0	10,0	29,0	0,0	20,0
Feinsand mitteldicht dicht	SE, SU	18,0	10,0	31,0	0	60,0
		19,0	10,5	33,0	0	100,0

Tabelle 5-2: Bodenkennwerte (charakteristische Werte)



6 Schadensanalyse

Die geschätzte Gründungsebene des Schwellrostes auf Holzbalken liegt auf ca. GS = -4,80 m NHN (vgl. Abschnitt 3). In dieser Tiefe stehen mitteldicht gelagerte Feinsande an. An den Bohrungen BS 1 und BS 4, an der südlichen Bauwerkskante, sind Lehmlagen in den Feinsanden bis 0,40 m bzw. 0,56 m unter der Gründungsebene enthalten, so dass die Rammsondierungen dort einen geringeren Eindringwiderstand anzeigen.

Es ist nicht bekannt, ob solche lehmigen Schichten geringer Mächtigkeit bei den Gründungsarbeiten im Jahr 1300 ausgekoffert wurden. Die Zusammendrückbarkeit dieser Baugrundsicht und somit das Potential für Setzungen ist begrenzt und falls die Lehmschichten im Untergrund verblieben sind, sind die Verformungen seit langem abgeklungen. Sollte eine leichte Neigung des Turmes nach Süden messbar sein, wäre die beschriebene, etwas nachgiebigere Baugrundsichtung auf der Turmsüdseite eine plausible Erklärung.

Die Gründung des Turms kann jedoch nicht ursächlich für die im Laufe der Jahre mehrfach aufgetretenen Risse am Verblendmauerwerk der Fassade sein, zumal im Turminneren keinerlei Risse im tragenden Ziegelmauerwerk erkennbar sind. Dieses ist in ca. 1,10 m Tiefe auf den Felsblöcken aufgemauert.

Es ist nicht bekannt, ob die Außenschale bzw. der Verblender in derselben Tiefe gegründet ist und ob das Auflager ausreichend dimensioniert ist. Wie im Abschnitt 3 beschrieben, entsteht der Eindruck, dass die beiden Sporne an den südlichen Gebäudeecken hergestellt wurden, um ein größeres, Auflager für das Verblendmauerwerk zu schaffen.

Wie und in welcher Tiefe diese Sporne am Anfang des zwanzigsten Jahrhunderts gegründet wurden ist dem aufstellenden Büro nicht bekannt. Jedoch erscheint es als unwahrscheinlich, dass die Fundamente bis auf den tragfähigen Feinsand in ca. 3,50 m Tiefe geführt wurden oder dass ein entsprechender Bodenaustausch stattgefunden hat. Das Felsblockfundament des Turmes rag nicht oder kaum über dessen Außenwände hinaus - ansonsten wäre dies als Bohrhindernis aufgefallen.

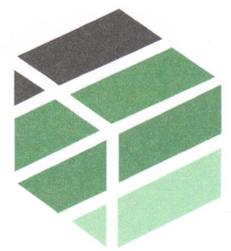
Wahrscheinlich sind die Sporne also auf den locker gelagerten Auffüllungen gegründet worden, so dass es durch das einwirkende Fassadengewicht und das Eigengewicht der Sporne zu Setzungen kommt, die die Turmkanten(n) „nach unten ziehen“.

Im Bereich der westlichen Fassade und der südwestlichen Turmecke kann die im Abschnitt 3 beschriebene Geländeanhebung um ca. einen Meter durch die damit einhergehende Auflast einen weiteren Beitrag zu Setzungen der seitlich am Turm anstehenden Auffüllungen geleistet haben.



Abbildung 1: Südwestliche Turmkante, Südansicht

Neben diversen kleineren und bereits sanierten größeren, jeweils vorwiegend vertikalen Rissen ist das zum Zeitpunkt der Baugrunderkundung vorgefundene, wesentliche Schadensbild hervorzuheben (siehe Abbildung 1). Der durchgehende, nahezu vertikale Riss verläuft in der Nähe der südwestlichen Turmkante und erstreckt sich bis in die Fuge zum kleinen Fundamentsporn. Das Schadensbild stützt die o. g. Annahme. Das danebenliegende Mauerwerk wird durch Anker gehalten.



7 Empfehlungen

In Anbetracht der geringen Tragfähigkeiten der Auffüllungen und der unklaren Gründungs- bzw. Auflagersituation der Außenschale und der „Sporne“ muss davon ausgegangen werden, dass es nach einer Fassadensanierung erneut zu Rissbildungen kommen kann. Zunächst sollten diese Fragen durch kleinräumige Aufgrabungen geklärt werden.

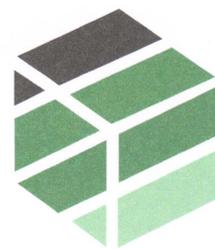
Auf der westlichen Turmseite sollte der ursprüngliche bzw. der vor ca. fünf Jahren veränderte Geländeverlauf mit einem leichten, kontinuierlichen Gefälle nach Süden (entsprechend der Ostseite) wiederhergestellt werden, um die Vertikalspannungen im Boden zu verringern.

Unter der Annahme, dass die Sporne in den Auffüllungen gegründet sind, kann davon ausgegangen werden, dass durch die einwirkenden Lasten der Untergrund im Lastausbreitungsbereich bereits teilweise, jedoch noch nicht ausreichend verdichtet ist. Mit diesem Ansatz könnte man mit den Ergebnissen die Gründungstiefe des kleinen Spornes (Rammsondierung DPH 1) auf ca. 1,10 m unter GOK und die des großen Spornes (Rammsondierung DPH 4) auf etwa 2,00 m unter GOK abschätzen. Dies muss jedoch nicht zutreffen.

Um weitere Setzungen und Schäden zu vermeiden, sind die Spornfundamente und ggf. das Auflager des Mauerwerks im Prinzip zu unterfangen bzw. in den gut tragfähigen Feinsanden nachzugründen.

Um größere Aufgrabungen zu umgehen, kann dies, falls der Fundamentzustand und Aufbau dies zulassen, z. B. über eingeschraubte oder eingepresste Mikropfähle erfolgen. Andernfalls kann der Boden durch eine Baugrundverfestigung mit Niederdruck-Zementinjektionen in den Porenraum (ohne Baugrundverdrängung) der anstehenden, zum Teil schwach bindigen Auffüllungen ertüchtigt werden.

Hinsichtlich der Variante mit Pfählen gibt es auf dem Markt mehrere Anbieter und Pfahlssysteme die als Mikro-Verdrängungspfähle zusammengefasst werden können und mit leichtem Gerät und unter beengten Platzverhältnissen hergestellt werden können. Häufig werden diese aufgrund der Verbindung mehrerer Rohrschüsse als „Segmentpfähle“ oder aufgrund der hydraulischen Einpressung und Justiermöglichkeit als „Presspfähle“ bezeichnet. Andere Systeme werden in den Boden eingeschraubt.



Vor jeder Nachgründung bzw. Injektion ist eine eingehende Planung sowie eine Begutachtung und Bewertung der Tragstruktur und der Stabilität des Bauwerks erforderlich. Die Bemessung und die Herstellung von Presspfählen erfolgen nach DIN 1054 und DIN EN 12699. Geotechnische Injektionsarbeiten sind in der DIN EN 12 715 geregelt.

8 Zusammenfassung

An der Fassade des Leuchtturms auf der Insel Neuwerk treten, insbesondere auf der Südseite, deutliche Risse auf.

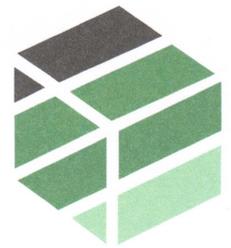
Aus diesem Grund ist die Ingenieurgesellschaft Dr.-Ing. Michael Beuße mbH, Elsterbogen 18, 21255 Tostedt, am 10. September 2020 mit der Durchführung einer Baugrunduntersuchung und einer Baugrundbeurteilung hinsichtlich der aufgetretenen Schäden beauftragt worden.

Die Geländearbeiten fanden am 14. und 15. Oktober 2020 statt. Es wurden dabei fünf direkte Aufschlüsse als Kleinbohrungen bis in Endteufen von maximal 10,00 m niedergebracht. Parallel sind jeweils neben den Ansatzpunkten der Bohrungen zur Ermittlung der Lagerungsdichten der anstehenden Böden schwere Rammsondierungen nach ausgeführt worden.

Ausgehend von der Geländeoberfläche wurden bis zwischen 3,40 m und 4,10 m Tiefe anthropogene Auffüllungen erkundet. Der Hauptanteil der Auffüllungen ist gemäß den Sondierergebnissen locker gelagert. Im Liegenden der anthropogenen Auffüllungen, unterhalb der Grundwasseroberfläche, stehen bis zur Endteufe der Bohrungen jeweils gut tragfähige Feinsande an.

Die chemische Untersuchung einer Grundwasserprobe ergab, dass dieses nach DIN 4 030 nicht als betonangreifend einzuschätzen ist und dass geringe bis sehr geringe Korrosionswahrscheinlichkeiten für Stahlbauteile im Kontakt mit dem Grundwasser bestehen.

Die bodenmechanische Charakterisierung der Böden erfolgte anhand der Bodensprache nach DIN EN ISO 14 688 sowie über bodenmechanische Laborversuche zur Bestimmung des Wassergehaltes, der Korngrößenverteilung und des Glühverlustes. Anhand der Erkundungsergebnisse und von Erfahrungswerten aus vergleichbaren



Bodenverhältnissen sind Bodenkennwerte und Homogenbereiche für Erdarbeiten sowie für Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten festgelegt worden.

Ohne Maßnahmen zur Stabilisierung der an den Turm angrenzend anstehenden Auffüllungen, insbesondere im Bereich der beiden Spornfundamente, muss mit weiteren Setzungen und Schäden an der Fassade des Turmes gerechnet werden. Für eine nachhaltige Sanierung ist entweder eine Nachgründung der Spornfundamente über Mikro-Verdrängungspfähle oder/und eine Injektion von Zementsuspension in den Porenraum der aufgefüllten Böden erforderlich.

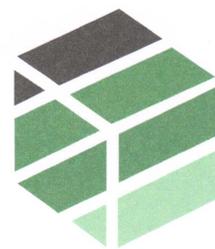
Vor jeder Nachgründung oder Injektion ist eine eingehende Planung sowie eine Begutachtung und Bewertung der Tragstruktur und der Stabilität des Bauwerkes erforderlich. Die Wahl der Verfahren zur Baugrundstabilisierung und/oder der Nachgründung ist mit dem aufstellenden Büro abzustimmen.

Eine mögliche Pfahlherstellung oder/und Porenrauminjektionen zur Verfestigung der anthropogenen Auffüllungen sind durch das aufstellende Büro zu begleiten.

Entsprechend den vielfältigen Wechselbeziehungen zwischen Baugrund und Bauwerk ist das Gutachten nur in seiner Gesamtheit verbindlich. Änderungen in den Bearbeitungsunterlagen und vom Gutachten abweichende Bauausführungen bedürfen deshalb stets der Überprüfung und der Zustimmung des Gutachters.

Baugrundaufschlüsse basieren auch bei Einhaltung der nach den gültigen Vorschriften vorgegebenen Rasterabstände zwangsläufig auf punktuellen Aufschlüssen, so dass eine exakte Aussage über den Baugrund nur für den jeweiligen Untersuchungspunkt möglich ist. Da Abweichungen von den vorstehend beschriebenen Verhältnissen zwischen den Ansatzpunkten nicht völlig ausgeschlossen werden können, basieren hier getroffene Bewertungen zwangsläufig auf Wahrscheinlichkeitsaussagen. Die Ingenieurgesellschaft Dr.-Ing. Michael Beuße mbH behält sich daher eine Überprüfung der Gründungssituation, gegebenenfalls auch ergänzende Ausführungshinweise vor.

Wird im Zuge der Arbeiten zur Baugrundverbesserung / Nachgründung ein anderer als im Gutachten dargestellter Aufbau des Untergrunds angetroffen bzw. vermutet, ist das aufstellende Büro unverzüglich zu benachrichtigen und durch den Gutachter eine Bestandsaufnahme vor Ort durchzuführen.



Das Baugrundgutachten gilt für das in Abschnitt 3 angegebene Objekt im Zusammenhang mit den Projektdaten. Eine Übertragung der Untersuchungsergebnisse auf andere Projekte ist ohne Zustimmung der Ingenieurgesellschaft Dr.-Ing. Michael Beuße mbH nicht zulässig.

Für Rückfragen im Zusammenhang mit unseren Untersuchungen und der Erstellung dieses Gutachten stehen wir jederzeit zur Verfügung.

Ingenieurgesellschaft Dr.-Ing. Michael Beuße mbH



Dr.-Ing. Michael Beuße

Verteiler:

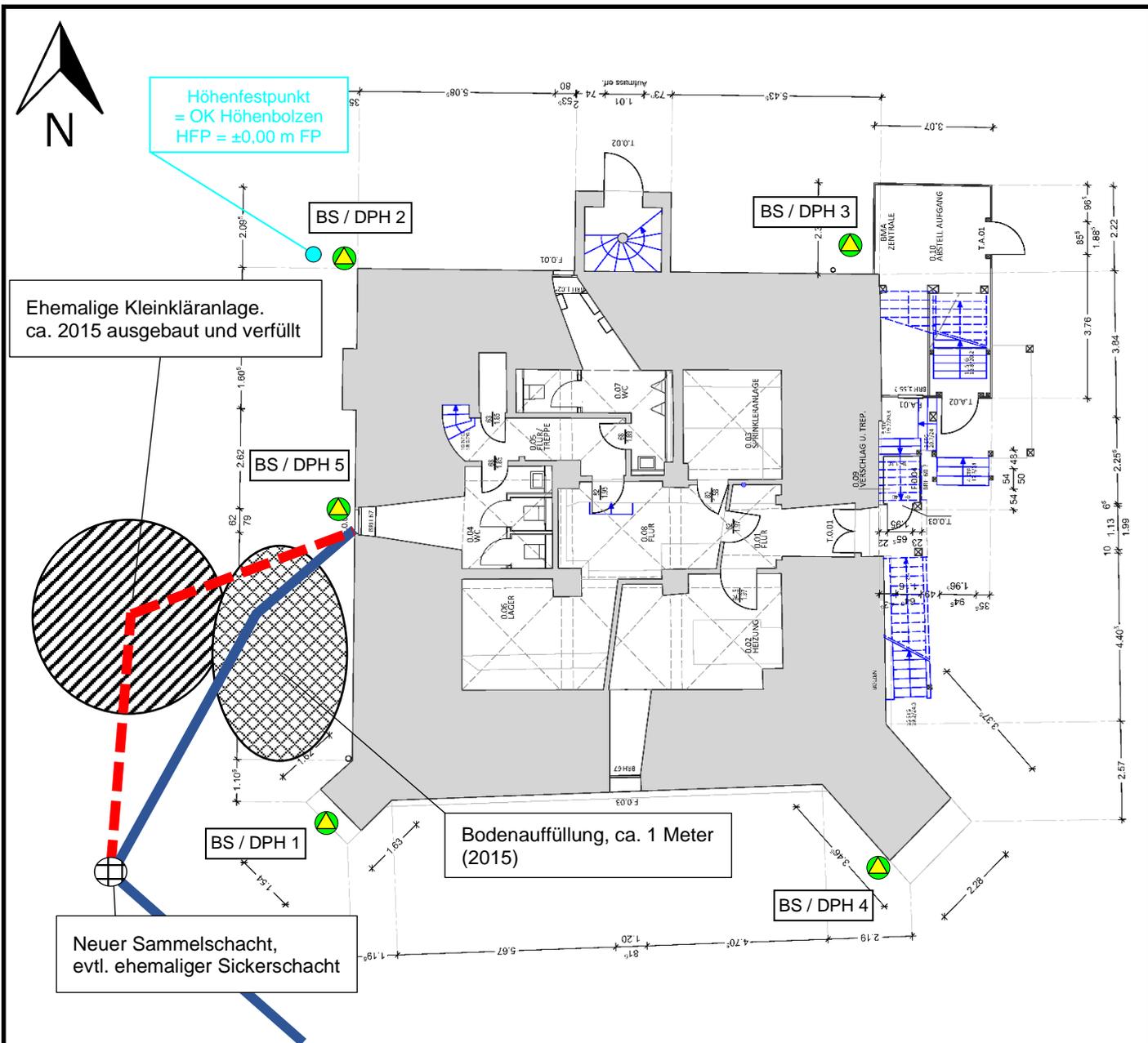
- Freie und Hansestadt Hamburg, LIG, Frau Decker



Dipl.-Geol. Henning Kedenburg

2- fach in Berichtsform

1- fach digital im pdf-Format



LEGENDE:

- BS 1 Kleinbohrung BS 1 nach DIN EN ISO 22 475 (NW 80 mm)
- ▲ DPH 1 Schwere Rammsondierung DPH 1 nach DIN EN ISO 22 476
- Vermutete Lage der Schmutzwasserleitung
- - - Vermutete ehemalige Leitungsverläufe



Ingenieurgesellschaft
 Dr.-Ing. Michael Beußé mbH
 Wilkensweg 6 21149 Hamburg
 Tel.: 040 - 703823 56 Fax.: 040 - 703823 57
 www.dr-beusse.de

Auftraggeber:		FREIE UND HANSESTADT HAMBURG	
Projekt:		Bearbeiter:	Anlage:
Sackungsschäden am Leuchtturm Neuwerk, 27499 Neuwerk		HK	1
Darstellung:		Zeichner:	Datum:
Lageplan		HK	27.11.2020
		Maßstab: o. M.	

BS 1

-0.56 m FP

DPH 1

-0.56 m FP

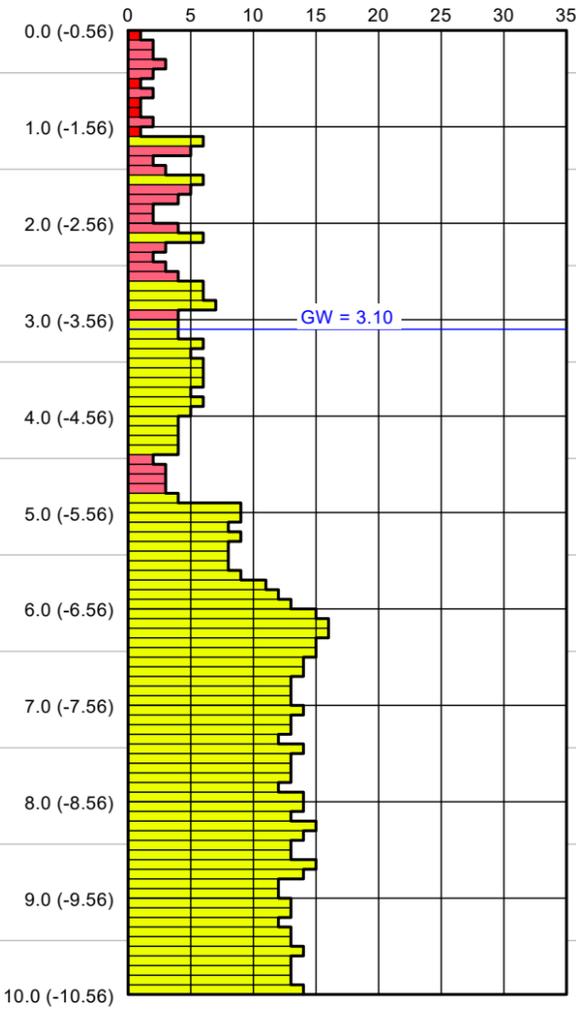
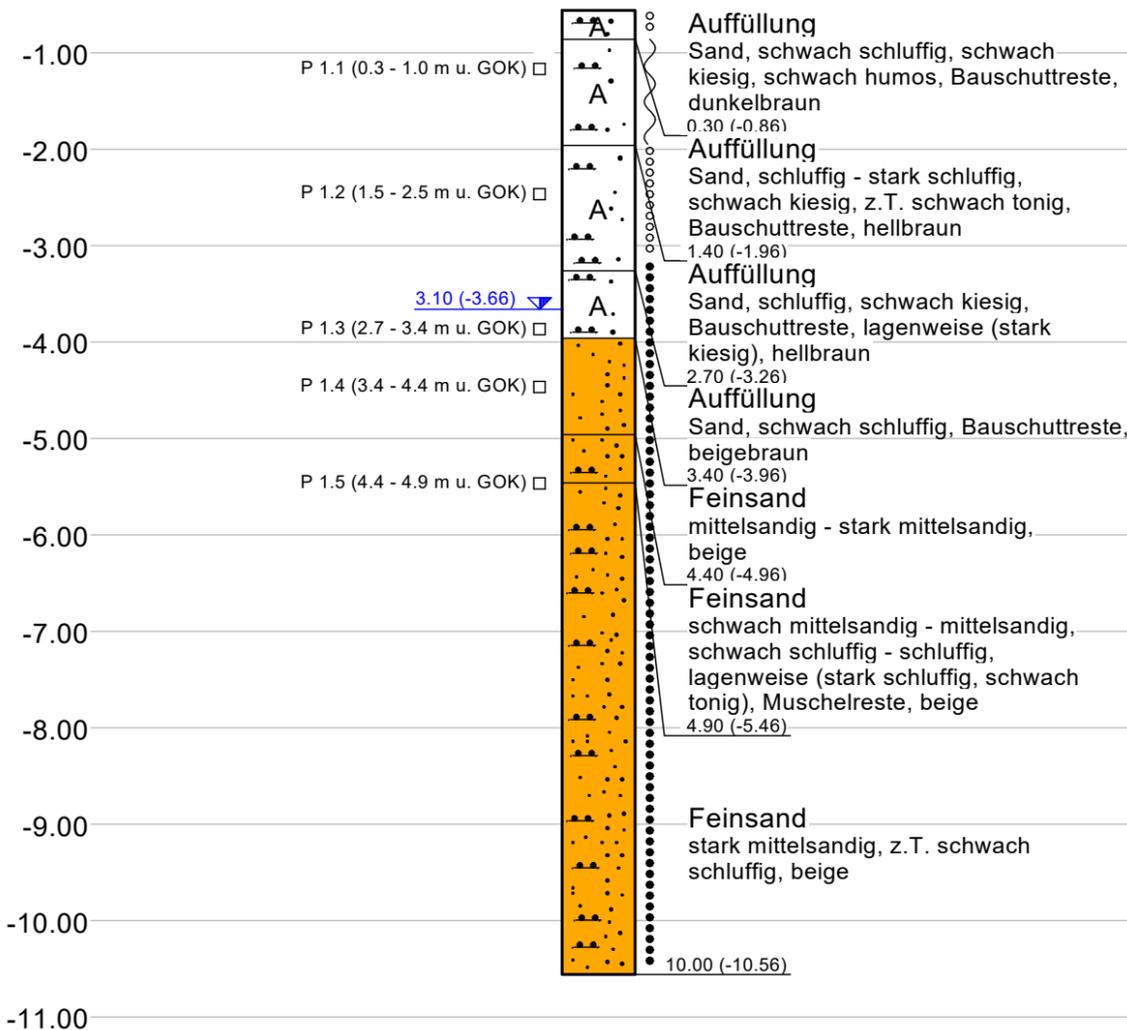
Schlagzahlen je 10 cm

m FP

0.00

m FP

0.00



Tiefe [m]	N ₁₀	Tiefe [m]	N ₁₀
0.10	1	5.10	9
0.20	2	5.20	8
0.30	2	5.30	9
0.40	3	5.40	8
0.50	2	5.50	8
0.60	1	5.60	8
0.70	2	5.70	9
0.80	1	5.80	11
0.90	1	5.90	12
1.00	2	6.00	13
1.10	1	6.10	15
1.20	6	6.20	16
1.30	5	6.30	16
1.40	2	6.40	15
1.50	3	6.50	15
1.60	6	6.60	14
1.70	5	6.70	14
1.80	4	6.80	13
1.90	2	6.90	13
2.00	2	7.00	13
2.10	4	7.10	14
2.20	6	7.20	13
2.30	3	7.30	13
2.40	2	7.40	12
2.50	3	7.50	14
2.60	4	7.60	13
2.70	6	7.70	13
2.80	6	7.80	13
2.90	7	7.90	12
3.00	4	8.00	14
3.10	4	8.10	14
3.20	4	8.20	13
3.30	6	8.30	15
3.40	5	8.40	14
3.50	6	8.50	13
3.60	6	8.60	13
3.70	6	8.70	15
3.80	5	8.80	14
3.90	6	8.90	12
4.00	5	9.00	12
4.10	4	9.10	13
4.20	4	9.20	13
4.30	4	9.30	12
4.40	4	9.40	13
4.50	2	9.50	13
4.60	3	9.60	14
4.70	3	9.70	13
4.80	3	9.80	13
4.90	4	9.90	13
5.00	9	10.00	14

BS - Kleinbohrung nach DIN EN ISO 22 475 - NW 80 mm
 DPH - Schwere Rammsondierung nach DIN EN ISO 22 476

Legende DPH

- sehr locker
- locker
- mitteldicht
- dicht
- sehr dicht

Legende BS

- weich
- locker
- mitteldicht
- A Auffüllung
- Feinsand

3.10 GW nach Bohrende
 14.10.2020

Ingenieurgesellschaft
 Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Wilkenweg 6 Tel.: 040 - 70 38 23 56
 21149 Hamburg Fax.: 040 - 70 38 34 57
 www.dr-beusse.de

Projekt :
 Sackungsschäden
 am Leuchtturm Neuwerk
 27499 Neuwerk

Auftraggeber :
**FREIE UND HANSESTADT
 HAMBURG**

Anlage :
 2.1

Bericht :
 20 - 16727

Maßstab (L/H) :
 - / 1 : 75

Datum :
 27.11.2020

Säulen- und Rammdiagramm BS / DPH 1

BS 2

-0.06 m FP

DPH 2

-0.06 m FP

Schlagzahlen je 10 cm

m FP

m FP

0.00

0.00

-1.00

-1.00

-2.00

-2.00

-3.00

-3.00

-4.00

-4.00

-5.00

-5.00

-6.00

-6.00

-7.00

-7.00

-8.00

-8.00

-9.00

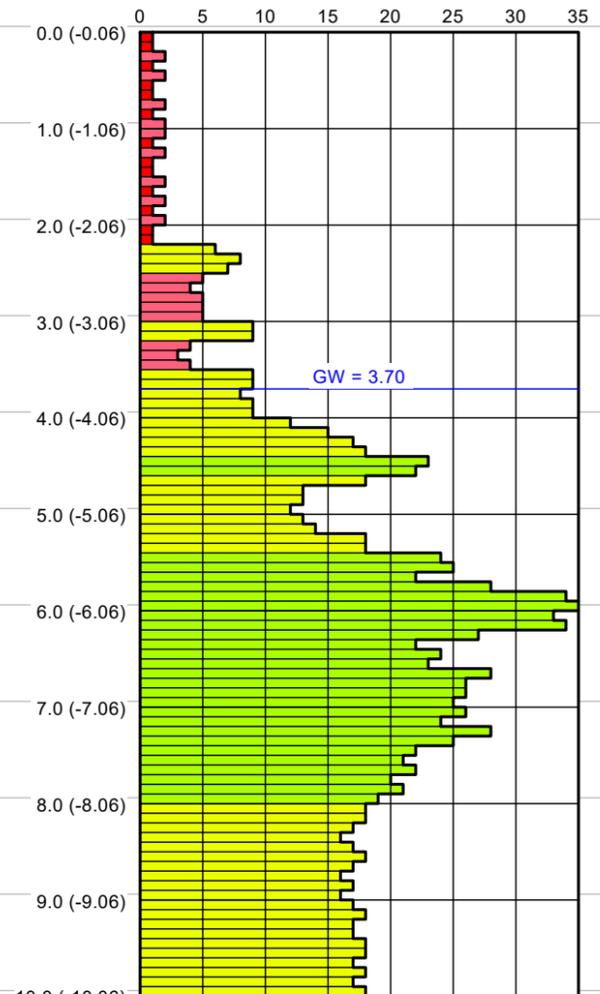
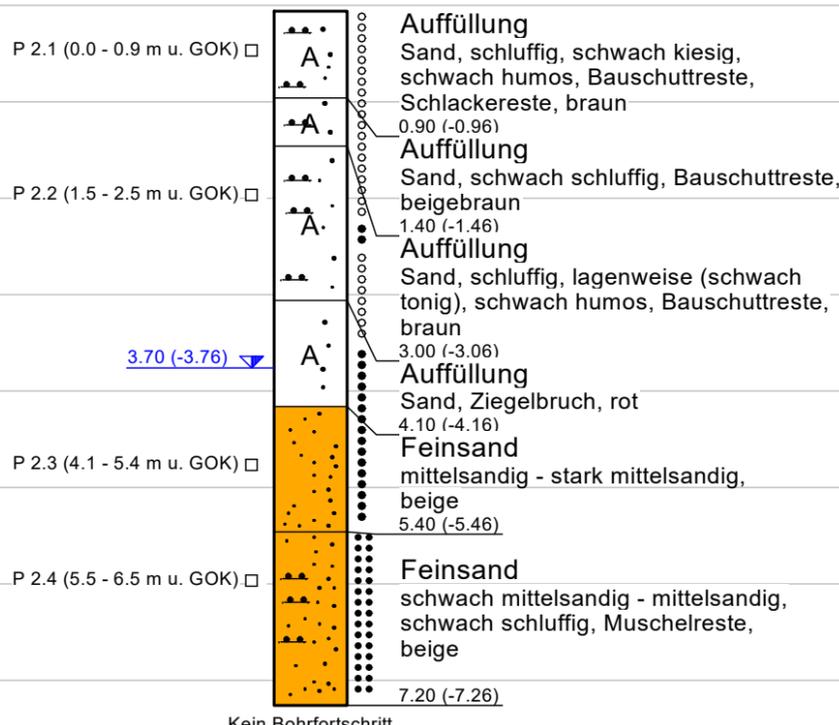
-9.00

-10.00

-10.00

-11.00

-11.00



Tiefe [m]	N ₁₀	Tiefe [m]	N ₁₀
0.10	1	5.10	13
0.20	1	5.20	14
0.30	2	5.30	18
0.40	1	5.40	18
0.50	2	5.50	24
0.60	1	5.60	25
0.70	1	5.70	22
0.80	2	5.80	28
0.90	1	5.90	34
1.00	2	6.00	37
1.10	2	6.10	33
1.20	1	6.20	34
1.30	2	6.30	27
1.40	1	6.40	22
1.50	1	6.50	24
1.60	2	6.60	23
1.70	1	6.70	28
1.80	2	6.80	26
1.90	1	6.90	26
2.00	2	7.00	25
2.10	1	7.10	26
2.20	1	7.20	24
2.30	6	7.30	28
2.40	8	7.40	25
2.50	7	7.50	22
2.60	5	7.60	21
2.70	4	7.70	22
2.80	5	7.80	20
2.90	5	7.90	21
3.00	5	8.00	19
3.10	9	8.10	18
3.20	9	8.20	18
3.30	4	8.30	17
3.40	3	8.40	16
3.50	4	8.50	17
3.60	9	8.60	18
3.70	9	8.70	17
3.80	8	8.80	16
3.90	9	8.90	17
4.00	9	9.00	16
4.10	12	9.10	17
4.20	15	9.20	18
4.30	17	9.30	17
4.40	18	9.40	17
4.50	23	9.50	18
4.60	22	9.60	18
4.70	18	9.70	17
4.80	13	9.80	18
4.90	13	9.90	17
5.00	12	10.00	18

BS - Kleinbohrung nach DIN EN ISO 22 475 - NW 80 mm
DPH - Schwere Rammsondierung nach DIN EN ISO 22 476

Legende DPH

- sehr locker
- locker
- mitteldicht
- dicht
- sehr dicht

3.70 GW nach Bohrende
14.10.2020

- locker
- mitteldicht
- dicht
- A Auffüllung
- Feinsand

Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Wilkenweg 6 Tel.: 040 - 70 38 23 56
21149 Hamburg Fax.: 040 - 70 38 34 57
www.dr-beusse.de

Projekt :
**Sackungsschäden
am Leuchtturm Neuwerk
27499 Neuwerk**

Auftraggeber :
**FREIE UND HANSESTADT
HAMBURG**

Anlage :
2.2

Bericht :
20 - 16727

Maßstab (L/H) :
- / 1 : 75

Datum :
27.11.2020

Säulen- und Rammdiagramm BS / DPH 2

BS 3

-0.06 m FP

DPH 3

-0.06 m FP

Schlagzahlen je 10 cm

m FP

0.00

-1.00

-2.00

-3.00

-4.00

-5.00

-6.00

-7.00

-8.00

-9.00

-10.00

-11.00

P 3.1 (0.0 - 1.0 m u. GOK) □

P 3.2 (1.0 - 3.0 m u. GOK) □

P 3.3 (3.6 - 4.5 m u. GOK) □

P 3.4 (6.0 - 7.0 m u. GOK) □

Auffüllung

Sand, schwach schluffig - schluffig,
schwach kiesig, schwach humos,
Bauschuttreste, braun
1.00 (-1.06)

Auffüllung

Sand, schluffig, z.T. schwach tonig,
lagenweise (Bauschuttreste), braun

3.60 (-3.66)

Feinsand

mittelsandig, z.T. schwach schluffig,
beige

4.50 (-4.56)

Feinsand

schwach mittelsandig - mittelsandig,
schwach schluffig, dünne Schlufflagen,
beige

5.30 (-5.36)

Feinsand

mittelsandig - stark mittelsandig,
z.T. schwach schluffig, beige

10.00 (-10.06)

0.0 (-0.06)

1.0 (-1.06)

2.0 (-2.06)

3.0 (-3.06)

4.0 (-4.06)

5.0 (-5.06)

6.0 (-6.06)

7.0 (-7.06)

8.0 (-8.06)

9.0 (-9.06)

10.0 (-10.06)

GW = 3.70

Tiefe [m]	N ₁₀	Tiefe [m]	N ₁₀
0.10	1	5.10	6
0.20	2	5.20	4
0.30	1	5.30	5
0.40	2	5.40	12
0.50	2	5.50	18
0.60	2	5.60	20
0.70	1	5.70	22
0.80	1	5.80	17
0.90	1	5.90	17
1.00	2	6.00	13
1.10	1	6.10	13
1.20	1	6.20	11
1.30	1	6.30	9
1.40	1	6.40	8
1.50	1	6.50	15
1.60	1	6.60	15
1.70	1	6.70	20
1.80	1	6.80	19
1.90	1	6.90	17
2.00	2	7.00	15
2.10	0	7.10	15
2.20	1	7.20	15
2.30	0	7.30	20
2.40	1	7.40	22
2.50	0	7.50	19
2.60	1	7.60	18
2.70	0	7.70	16
2.80	1	7.80	12
2.90	1	7.90	11
3.00	1	8.00	13
3.10	1	8.10	13
3.20	2	8.20	16
3.30	1	8.30	15
3.40	2	8.40	14
3.50	2	8.50	14
3.60	2	8.60	14
3.70	3	8.70	12
3.80	4	8.80	12
3.90	6	8.90	13
4.00	6	9.00	14
4.10	9	9.10	15
4.20	9	9.20	16
4.30	9	9.30	15
4.40	6	9.40	15
4.50	5	9.50	14
4.60	4	9.60	13
4.70	6	9.70	13
4.80	5	9.80	12
4.90	6	9.90	13
5.00	4	10.00	12

m FP

0.00

-1.00

-2.00

-3.00

-4.00

-5.00

-6.00

-7.00

-8.00

-9.00

-10.00

-11.00

BS - Kleinbohrung nach DIN EN ISO 22 475 - NW 80 mm

DPH - Schwere Rammsondierung nach DIN EN ISO 22 476

Legende DPH

- sehr locker
- locker
- mitteldicht
- dicht
- sehr dicht

3.70 GW nach Bohrende
14.10.2020

- locker
- mitteldicht
- A Auffüllung
- Feinsand

Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Wilkenweg 6 Tel.: 040 - 70 38 23 56
21149 Hamburg Fax.: 040 - 70 38 34 57
www.dr-beusse.de



Projekt :
Sackungsschäden
am Leuchtturm Neuwerk
27499 Neuwerk

Auftraggeber :
**FREIE UND HANSESTADT
HAMBURG**

Anlage :
2.3

Bericht :
20 - 16727

Maßstab (L/H) :
- / 1 : 75

Datum :
27.11.2020

Säulen- und Rammdiagramm BS / DPH 3

BS 4

-0.40 m FP

m FP

0.00

-1.00

-2.00

-3.00

-4.00

-5.00

-6.00

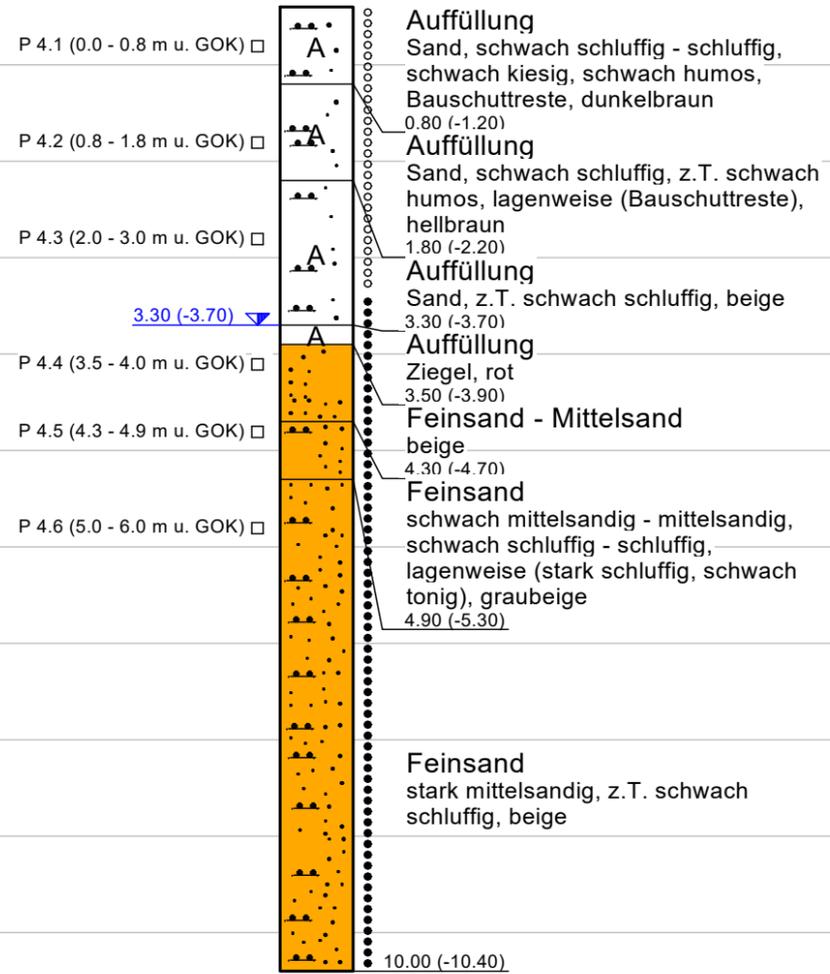
-7.00

-8.00

-9.00

-10.00

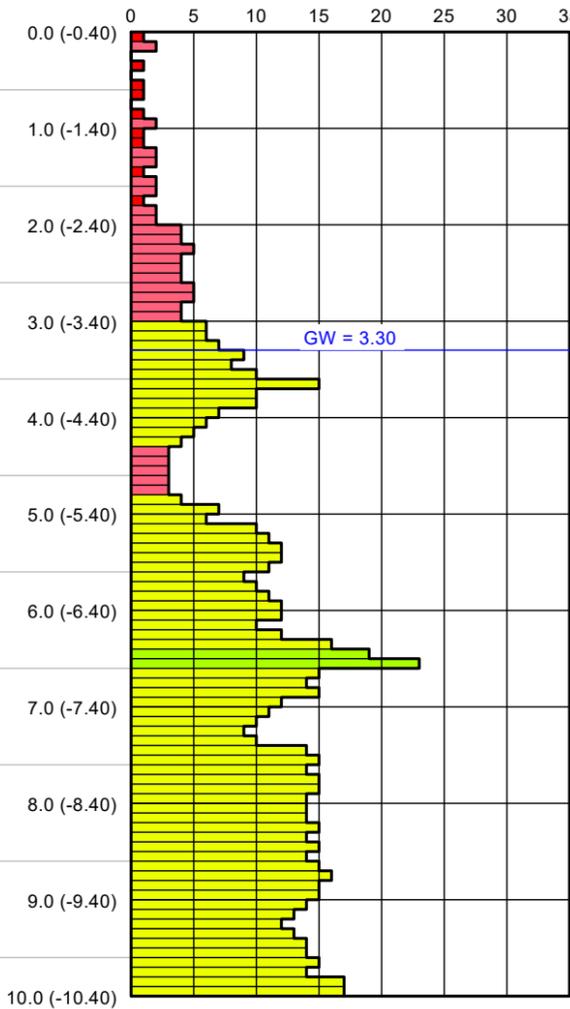
-11.00



DPH 4

-0.40 m FP

Schlagzahlen je 10 cm



Tiefe [m]	N ₁₀	Tiefe [m]	N ₁₀
0.10	1	5.10	6
0.20	2	5.20	10
0.30	0	5.30	11
0.40	1	5.40	12
0.50	0	5.50	12
0.60	1	5.60	11
0.70	1	5.70	9
0.80	0	5.80	10
0.90	1	5.90	11
1.00	2	6.00	12
1.10	1	6.10	12
1.20	1	6.20	10
1.30	2	6.30	12
1.40	2	6.40	16
1.50	1	6.50	19
1.60	2	6.60	23
1.70	2	6.70	15
1.80	1	6.80	14
1.90	2	6.90	15
2.00	2	7.00	12
2.10	4	7.10	11
2.20	4	7.20	10
2.30	5	7.30	9
2.40	4	7.40	10
2.50	4	7.50	14
2.60	4	7.60	15
2.70	5	7.70	14
2.80	5	7.80	15
2.90	4	7.90	15
3.00	4	8.00	14
3.10	6	8.10	14
3.20	6	8.20	14
3.30	7	8.30	15
3.40	9	8.40	14
3.50	8	8.50	15
3.60	10	8.60	14
3.70	15	8.70	15
3.80	10	8.80	16
3.90	10	8.90	15
4.00	7	9.00	15
4.10	6	9.10	14
4.20	5	9.20	13
4.30	4	9.30	12
4.40	3	9.40	13
4.50	3	9.50	14
4.60	3	9.60	14
4.70	3	9.70	15
4.80	3	9.80	14
4.90	4	9.90	17
5.00	7	10.00	17

m FP

0.00

-1.00

-2.00

-3.00

-4.00

-5.00

-6.00

-7.00

-8.00

-9.00

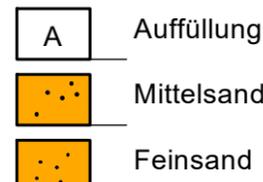
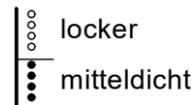
-10.00

-11.00

BS - Kleinbohrung nach DIN EN ISO 22 475 - NW 80 mm
DPH - Schwere Rammsondierung nach DIN EN ISO 22 476

3.30 GW nach Bohrende
15.10.2020

Legende DPH



Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Wilkenweg 6 Tel.: 040 - 70 38 23 56
21149 Hamburg Fax.: 040 - 70 38 34 57
www.dr-beusse.de



Projekt :
Sackungsschäden
am Leuchtturm Neuwerk
27499 Neuwerk

Auftraggeber :
**FREIE UND HANSESTADT
HAMBURG**

Anlage :
2.4

Bericht :
20 - 16727

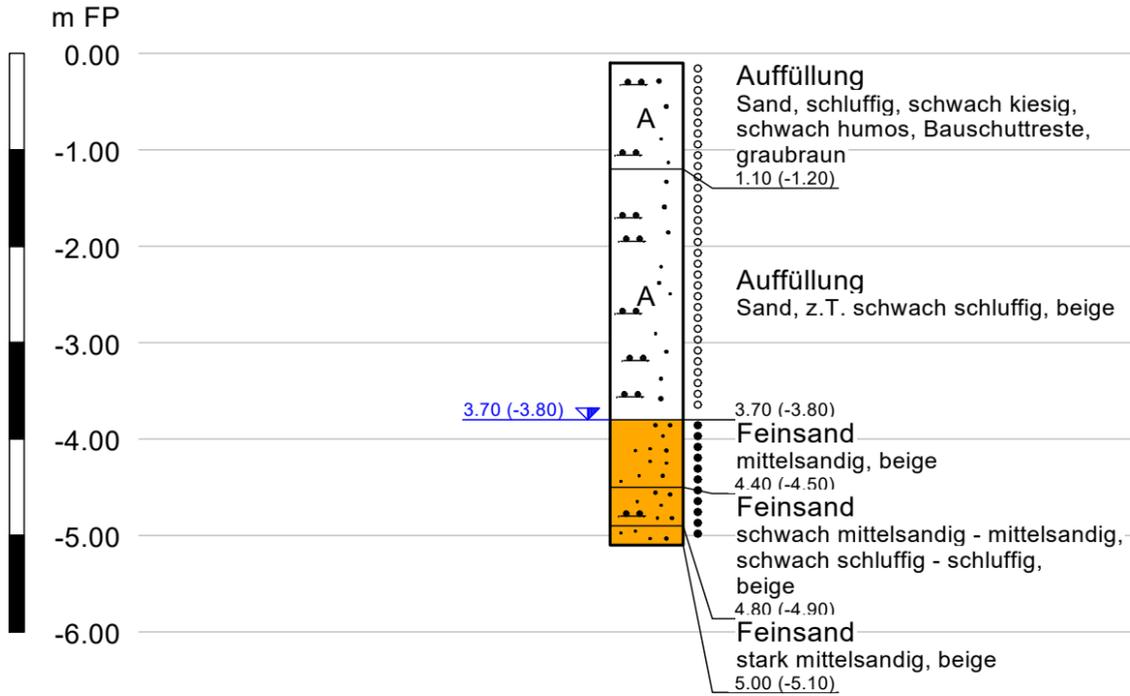
Maßstab (L/H) :
- / 1 : 75

Datum :
27.11.2020

Säulen- und Rammdiagramm BS / DPH 4

BS 5

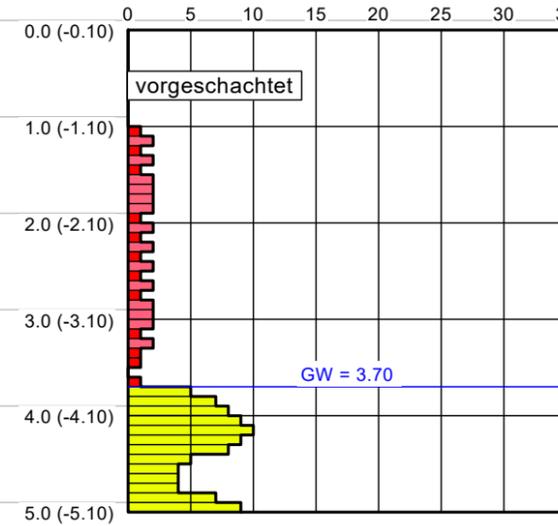
-0.10 m FP



DPH 5

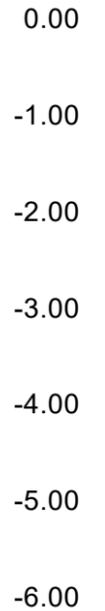
-0.10 m FP

Schlagzahlen je 10 cm



Tiefe [m]	N ₁₀	Tiefe [m]	N ₁₀
0.10	0	2.60	1
0.20	0	2.70	2
0.30	0	2.80	1
0.40	0	2.90	2
0.50	0	3.00	2
0.60	0	3.10	2
0.70	0	3.20	1
0.80	0	3.30	2
0.90	0	3.40	1
1.00	0	3.50	1
1.10	1	3.60	0
1.20	2	3.70	1
1.30	1	3.80	5
1.40	2	3.90	7
1.50	1	4.00	8
1.60	2	4.10	9
1.70	2	4.20	10
1.80	2	4.30	9
1.90	2	4.40	8
2.00	1	4.50	5
2.10	2	4.60	4
2.20	1	4.70	4
2.30	2	4.80	4
2.40	1	4.90	7
2.50	2	5.00	9

m FP



BS - Kleinbohrung nach DIN EN ISO 22 475 - NW 80 mm
 DPH - Schwere Rammsondierung nach DIN EN ISO 22 476

Legende DPH

	sehr locker
	locker
	mitteldicht
	dicht
	sehr dicht

3.70 m GW nach Bohrende
14.10.2020

	locker		Auffüllung
	mitteldicht		Feinsand

Ingenieurgesellschaft Dr.-Ing. Michael Beuße mbH Wilkenswert 6 Tel.: 040 - 70 38 23 56 21149 Hamburg Fax.: 040 - 70 38 34 57 www.dr-beusse.de	Projekt : Sackungsschäden am Leuchtturm Neuwerk 27499 Neuwerk	Anlage : 2.5
	Auftraggeber : FREIE UND HANSESTADT HAMBURG	Bericht : 20 - 16727
	Datum : 27.11.2020	Maßstab (L/H) : - / 1 : 75

Säulen- und Rammdiagramm BS / DPH 5

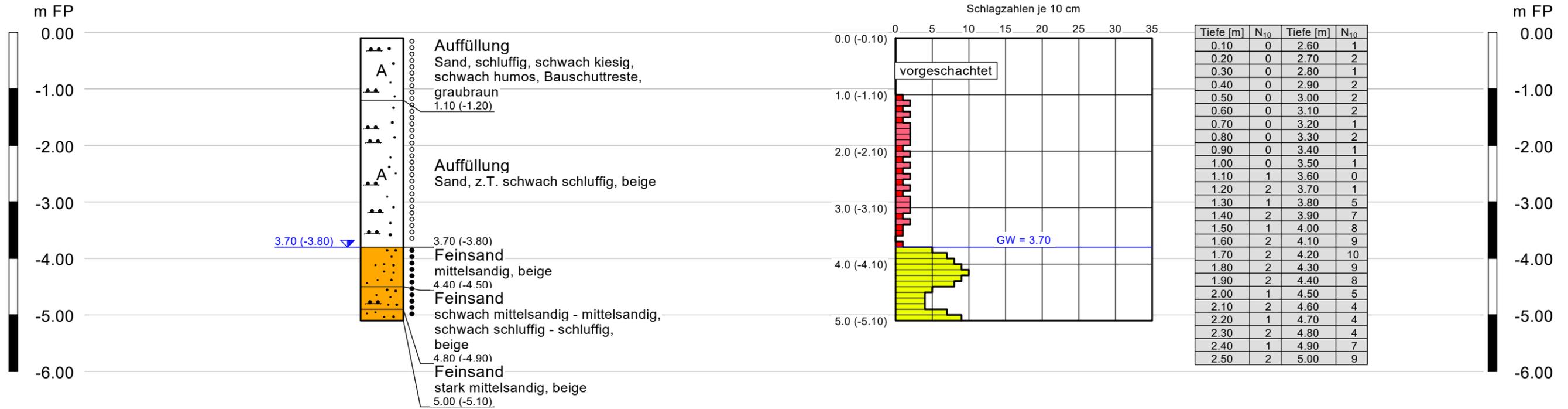
BS 5

-0.10 m FP

DPH 5

-0.10 m FP

Schlagzahlen je 10 cm



BS - Kleinbohrung nach DIN EN ISO 22 475 - NW 80 mm
 DPH - Schwere Rammsondierung nach DIN EN ISO 22 476

Legende DPH

- sehr locker
- locker
- mitteldicht
- dicht
- sehr dicht

3.70 GW nach Bohrende
14.10.2020

- locker
- mitteldicht
- A Auffüllung
- Feinsand

 Ingenieuresellschaft Dr.-Ing. Michael Beuße mbH Wilkenswert 6 Tel.: 040 - 70 38 23 56 21149 Hamburg Fax.: 040 - 70 38 34 57 www.dr-beusse.de	Projekt : Sackungsschäden am Leuchtturm Neuwerk 27499 Neuwerk	Anlage : 2.5
	Auftraggeber : FREIE UND HANSESTADT HAMBURG	Bericht : 20 - 16727
	Datum : 27.11.2020	

Säulen- und Rammdiagramm BS / DPH 5



Wassergehalt nach DIN EN ISO 17 892-1
FREIE UND HANSESTADT HAMBURG
Sackungsschäden am Leuchtturm Neuwerk

Bearbeiter: H. Kedenburg

Datum: 27.11.2020

Prüfungsnummer: 20 - 16727 P 002 - P 004
 Probe entnommen am: 14.10.2020
 Probe entnommen durch: A. Steffens
 Bodenart: Auffüllung
 Art der Trocknung: Ofentrocknung

Probenbezeichnung:	P 002 / 1.1	P 003 / 1.2	P 004 / 1.3
Bohrung:	BS 1	BS 1	BS 1
Entnahmetiefe [m u. GOK]:	0,30 - 1,00	1,50 - 2,50	2,70 - 3,40
Bodenart:	Auffüllung	Auffüllung	Auffüllung
Feuchte Probe + Behälter [g]:	406.00	319.31	424.10
Trockene Probe + Behälter [g]:	371.40	301.40	397.10
Behälter [g]:	231.50	219.31	223.00
Porenwasser [g]:	34.60	17.91	27.00
Trockene Probe [g]:	139.90	82.09	174.10
Wassergehalt [%]	24.73	21.82	15.51



Wassergehalt nach DIN EN ISO 17 892-1
FREIE UND HANSESTADT HAMBURG
Sackungsschäden am Leuchtturm Neuwerk

Bearbeiter: H. Kedenburg

Datum: 27.11.2020

Prüfungsnummer: 20 - 16727 P 005 - P 007
 Probe entnommen am: 14.10.2020
 Probe entnommen durch: A. Steffens
 Bodenart: Auffüllung
 Art der Trocknung: Ofentrocknung

Probenbezeichnung:	P 005 / 2.1	P 006 / 2.2	P 007 / 3.1
Bohrung:	BS 2	BS 2	BS 3
Entnahmetiefe [m u. GOK]:	0,00 - 0,90	1,50 - 2,50	0,00 - 1,00
Bodenart:	Auffüllung	Auffüllung	Auffüllung
Feuchte Probe + Behälter [g]:	467.70	437.80	364.93
Trockene Probe + Behälter [g]:	435.30	404.40	351.61
Behälter [g]:	243.20	237.20	264.93
Porenwasser [g]:	32.40	33.40	13.32
Trockene Probe [g]:	192.10	167.20	86.68
Wassergehalt [%]	16.87	19.98	15.37



Wassergehalt nach DIN EN ISO 17 892-1
FREIE UND HANSESTADT HAMBURG
Sackungsschäden am Leuchtturm Neuwerk

Bearbeiter: H. Kedenburg

Datum: 27.11.2020

Prüfungsnummer: 20 - 16727 P 008 - P 010
 Probe entnommen am: 14.10.2020
 Probe entnommen durch: A. Steffens
 Bodenart: Auffüllung
 Art der Trocknung: Ofentrocknung

Probenbezeichnung:	P 008 / 3.2	P 009 / 4.1	P 010 / 4.2
Bohrung:	BS 3	BS 4	BS 4
Entnahmetiefe [m u. GOK]:	1,00 - 3,00	0,00 - 0,80	0,80 - 1,80
Bodenart:	Auffüllung	Auffüllung	Auffüllung
Feuchte Probe + Behälter [g]:	417.50	386.30	399.70
Trockene Probe + Behälter [g]:	379.20	366.80	378.70
Behälter [g]:	223.90	220.60	214.50
Porenwasser [g]:	38.30	19.50	21.00
Trockene Probe [g]:	155.30	146.20	164.20
Wassergehalt [%]	24.66	13.34	12.79



Körnungslinie

FREIE UND HANSESTADT HAMBURG

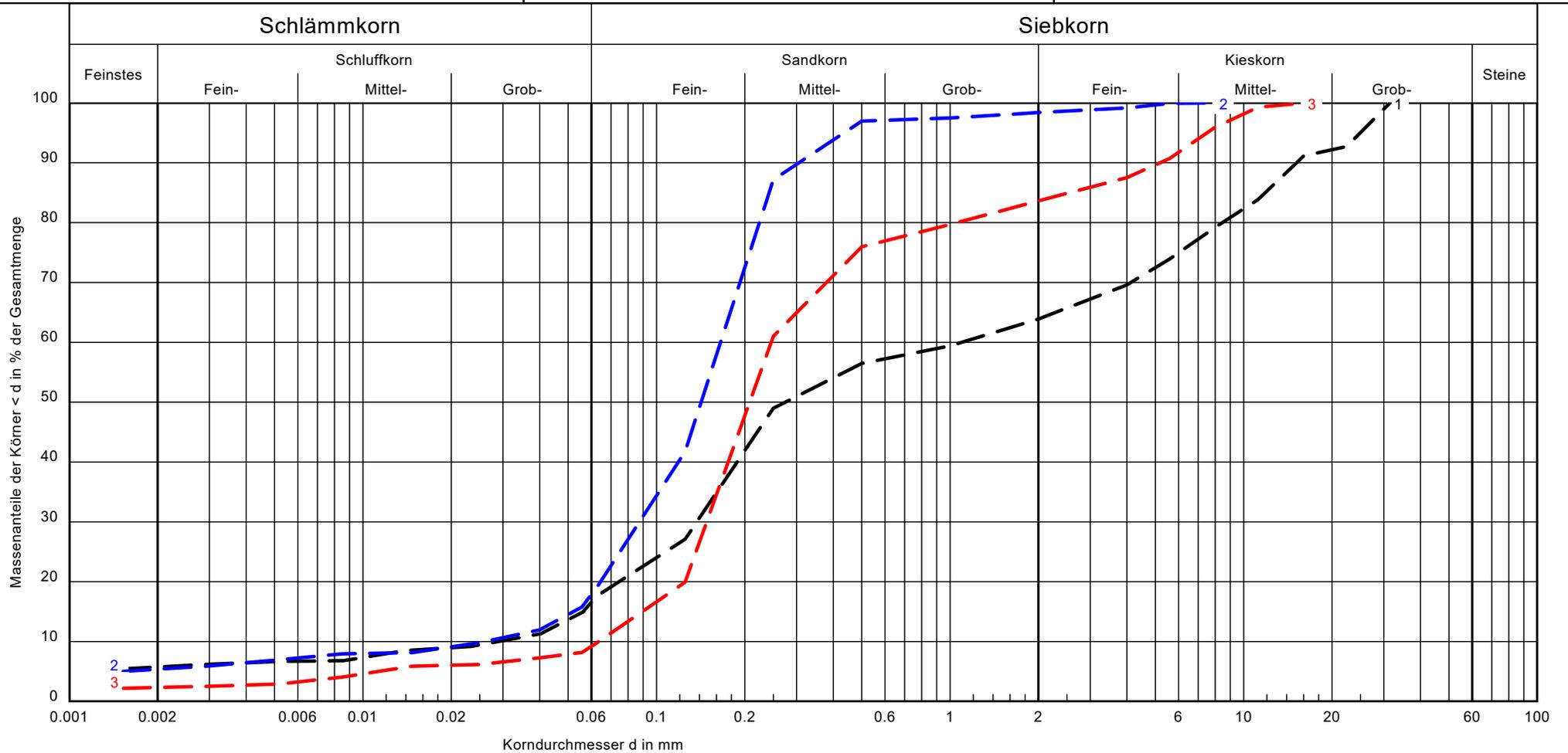
Sackungsschäden am Leuchtturm Neuwerk

Prüfungsnummer: 20 - 16727 / P 013 - P 015

Entnahmestelle: BS 1 und BS 3

Entnommen am / durch: 14.10.2020 / A. Steffens

Arbeitsweise: Sieb- und Schlämmanalyse nach DIN EN ISO 17 892-4



Entnahmestelle / Probe:	P 013 / P 1.2	P 014 / P 1.5	P 015 / P 3.1
Entnahmetiefe:	1,50 - 2,50 [m u. GOK]	4,40 - 4,90 [m u. GOK]	0,00 - 1,00 [m u. GOK]
Bodenart:	S, g, u', t'	fS, ms, t', u'	S, g, u'
T/U/S/G [%]:	5.7/12.0/46.2/36.1	5.3/13.9/79.1/1.6	2.3/7.6/73.8/16.4
U/Cc:	38.0/0.6	6.7/1.9	3.9/1.5
Bodengruppe:	SU*	SU*	SU
Frostklasse:	F3	F3	F1
k-Wert	$5.6 \cdot 10^{-6}$	$5.5 \cdot 10^{-6}$	$3.7 \cdot 10^{-5}$
Signatur	---	---	---

Bemerkungen:

Bericht:
20 - 16727
Anlage:
4.1



Körnungslinie

FREIE UND HANSESTADT HAMBURG

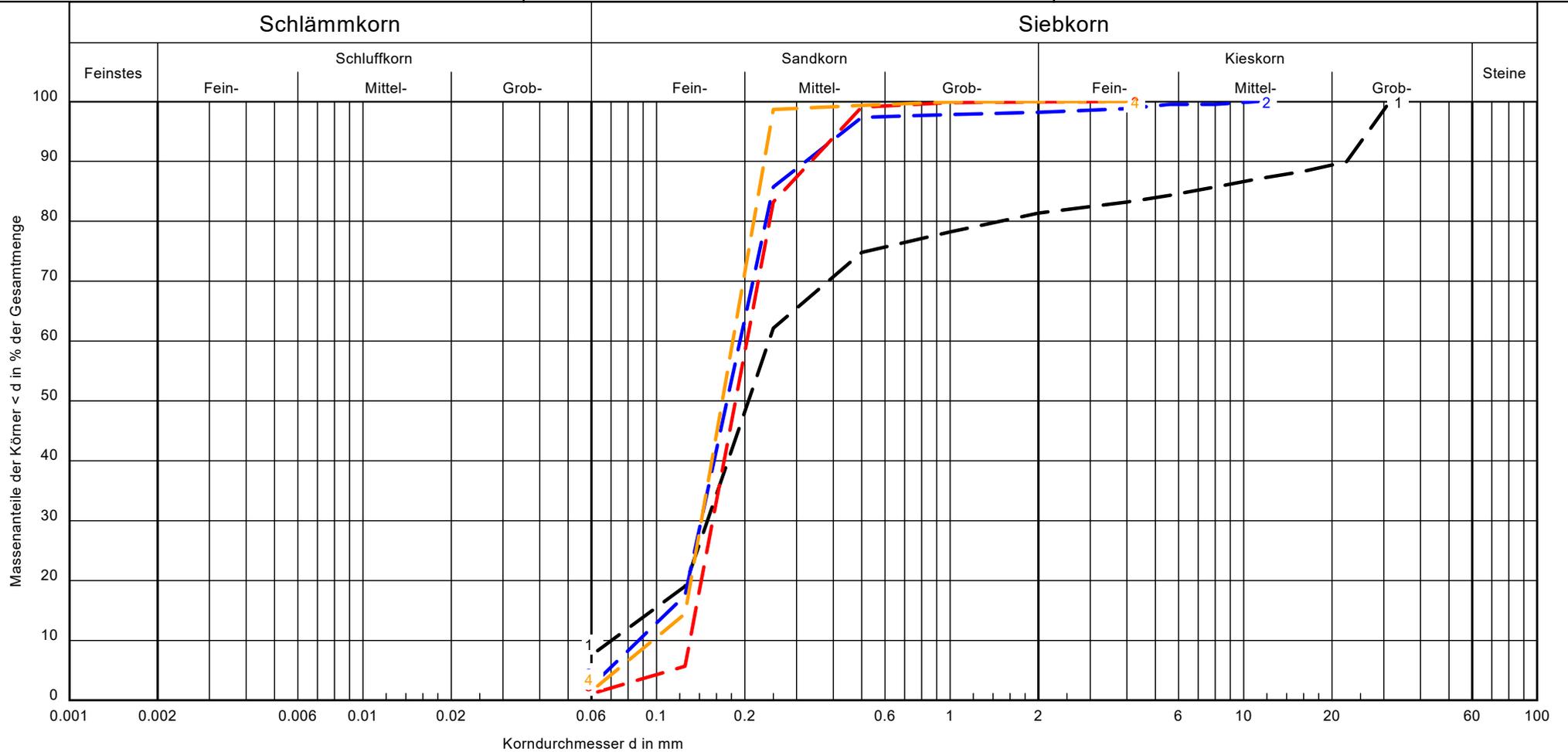
Sackungsschäden am Leuchtturm Neuwerk

Prüfungsnummer: 20 - 16727 / P 016 - P 019

Entnahmestelle: BS 4

Entnommen am / durch: 14.10.2020 / A. Steffens

Arbeitsweise: Sieb- und Schlämmanalyse nach DIN EN ISO 17 892-4



Entnahmestelle / Probe:	P 016 / P 4.2	P 017 / P 4.3	P 018 / P 4.4	P 019 / P 4.6
Entnahmetiefe:	0,80 - 1,80 [m u. GOK]	2,00 - 3,00 [m u. GOK]	3,50 - 4,00 [m u. GOK]	5,00 - 6,00 [m u. GOK]
Bodenart:	S, g, u'	fS, ms	fS, mS	fS, ms
T/U/S/G [%]:	- /8.3/73.1/18.6	- /3.4/94.8/1.8	- /1.4/98.5/0.1	- /2.4/97.6/0.0
U/Cc:	3.3/1.4	2.2/1.2	1.6/1.0	1.9/1.1
Bodengruppe:	SU	SE	SE	SE
Frostklasse:	F1	F1	F1	F1
k-Wert	$4.8 \cdot 10^{-5}$	$8.5 \cdot 10^{-5}$	$2.0 \cdot 10^{-4}$	$1.1 \cdot 10^{-4}$
Signatur	— — —	— — —	— — —	— — —

Bemerkungen:

Bericht:
20 - 16727
Anlage:
4.2



Glühverlust nach DIN 18 128

FREIE UND HANSESTADT HAMBURG Sackungsschäden am Leuchtturm Neuwerk

Bearbeiter: H. Kedenburg

Datum: 27.11.2020

Prüfungsnummer : 20 - 16727 / P 011
 Entnahmestelle : BS 2
 Tiefe : 1,50 - 2,50 m u. GOK
 Art der Entnahme : gestört
 Bodenart : Auffüllung
 Probe entnommen am : 14.10.2020

Probenbezeichnung:	P 011-1	P 011-2	P 011-3
Ungeglühte Probe + Behälter [g]	43.99	28.96	31.07
Geglühte Probe + Behälter [g]	42.90	28.34	30.28
Behälter [g]	23.03	16.24	15.24
Massenverlust [g]	1.09	0.62	0.79
Trockenmasse vor Glühen [g]	20.96	12.72	15.83
Glühverlust [-]	5.20	4.87	4.99
Mittelwert [-]	5.02		



Glühverlust nach DIN 18 128

FREIE UND HANSESTADT HAMBURG

Sackungsschäden am Leuchtturm Neuwerk

Bearbeiter: H. Kedenburg

Datum: 27.11.2020

Prüfungsnummer : 20 - 16727 / P 012

Entnahmestelle : BS 4

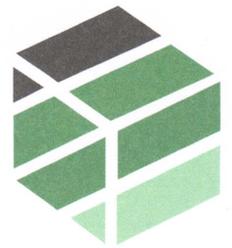
Tiefe : 0,80 - 1,80 m u. GOK

Art der Entnahme : gestört

Bodenart : Auffüllung

Probe entnommen am : 14.10.2020

Probenbezeichnung:	P 012-1	P 012-2	P 012-3
Ungeglühte Probe + Behälter [g]	48.15	51.05	36.15
Geglühte Probe + Behälter [g]	47.42	50.15	35.60
Behälter [g]	25.08	24.02	19.06
Massenverlust [g]	0.73	0.90	0.55
Trockenmasse vor Glühen [g]	23.07	27.03	17.09
Glühverlust [-]	3.16	3.33	3.22
Mittelwert [-]	3.24		



Anhang 1 zum Bericht 20 - 16727

Prüfbericht 2020P530613 / 1 vom 28. Oktober 2020
Unterlagen der GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH
(Material: Wasser)

GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH · Flensburger Straße 15 · 25421 Pinneberg

Ingenieurgesellschaft Dr.-Ing. Michael Beuße mbH
Beratende Ingenieure
Herr Dr.-Ing. Beuße
Elsterbogen 18

ISO 14001
ISO 45001
zertifiziert



21255 Tostedt

Prüfbericht-Nr.: 2020P530613 / 1

Auftraggeber	Ingenieurgesellschaft Dr.-Ing. Michael Beuße mbH Beratende Ingenieure
Eingangsdatum	20.10.2020
Projekt	20-16727 / BVH Leuchtturm Neuwerk
Material	Wasser
Auftrag	20-16727 - PNS Nr. 1208
Verpackung	Flaschenset
Probenmenge	1,75 l
GBA-Nummer	20520018
Probenahme	durch den Auftraggeber
Probentransport	GBA
Labor	GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH
Analysenbeginn / -ende	20.10.2020 - 28.10.2020
Bemerkung	keine
Probenaufbewahrung	Wenn nicht anders vereinbart, werden Feststoffproben drei Monate und Wasserproben bis zwei Wochen nach Prüfberichtserstellung aufbewahrt.

Pinneberg, 28.10.2020



i. A. Dr. S. Braun
Projektbearbeitung

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die genannten Prüfgegenstände. Es wird keine Verantwortung für die Richtigkeit der Probenahme übernommen, wenn die Proben nicht durch die GBA oder in ihrem Auftrag genommen wurden. In diesem Fall beziehen sich die Ergebnisse auf die Probe wie erhalten. Ohne schriftliche Genehmigung der GBA darf der Prüfbericht nicht veröffentlicht sowie nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Entscheidungsregeln der GBA sind in den AGBs einzusehen.

Seite 1 von 3 zu Prüfbericht-Nr.: 2020P530613 / 1

Prüfbericht-Nr.: 2020P530613 / 1

20-16727 / BVH Leuchtturm Neuwerk

GBA-Nummer		20520018
Probe-Nummer		001
Material		Wasser
Probenbezeichnung		P 001
Probemenge		1,75 l
Probeneingang		20.10.2020
Analysenergebnisse	Einheit	
Betonaggressivität		
pH-Wert		7,4
Geruch		unauffällig
Permanganat-Verbrauch	mg KMnO ₄ /L	31
Gesamthärte	°dH	21
Härtehydrogencarbonat	°dH	11
Nichtcarbonathärte	°dH	10
Magnesium	mg/L	5,5
Ammonium	mg/L	<0,20
Sulfat	mg/L	150
Chlorid	mg/L	68
Kohlendioxid, kalklösend	mg/L	<5,0
Stahlaggressivität		
Säurekapazität bis pH 4,3	mmol/L	3,83
Calcium	mg/L	141

BG = Bestimmungsgrenze MU = Messunsicherheit n.a. = nicht auswertbar n.b. = nicht bestimmbar n.n. = nicht nachweisbar

Prüfbericht-Nr.: 2020P530613 / 1
 20-16727 / BVH Leuchtturm Neuwerk

Angewandte Verfahren

Parameter	BG	Einheit	Methode
Betonaggressivität			DIN 4030-2: 2008-06 ^a 5
pH-Wert			DIN EN ISO 10523: 2012-04 ^a 5
Geruch			DIN EN 1622 Anhang C: 2006-10 ^a 5
Permanganat-Verbrauch	2,0	mg KMnO ₄ /L	DIN EN ISO 8467: 1995-05 ^a 5
Gesamthärte	0,010	°dH	DIN 38409-6: 1986-01 ^a 5
Härtehydrogencarbonat		°dH	DIN 38 405-D8: 1971 ^a 5
Nichtcarbonathärte		°dH	berechnet 5
Magnesium	0,10	mg/L	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09 ^a 5
Ammonium	0,20	mg/L	DIN EN ISO 11732: 2005-05 ^a 5
Sulfat	0,50	mg/L	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07 ^a 5
Chlorid	0,60	mg/L	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07 ^a 5
Kohlendioxid, kalklösend	5,0	mg/L	DIN 4030-2: 2008-06 ^a 5
Stahlaggressivität			DIN 50929-3: 2018-03 5
Säurekapazität bis pH 4,3	0,050	mmol/L	DIN 38409-7: 2005-12 ^a 5
Calcium	0,020	mg/L	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09 ^a 5

Die mit ^a gekennzeichneten Verfahren sind akkreditierte Verfahren. Die Bestimmungsgrenzen (BG) können matrixbedingt variieren.
 Untersuchungslabor: 5GBA Pinneberg

Anlage zu Prüfbericht 2020P530613

Probe-Nr.: 20520018 / 001

Probenbezeichnung: P 001

Tabelle 1: Expositionsklassen für Betonkorrosion durch chemischen Angriff durch Grundwasser nach DIN 4030 Teil 1 (06/2008), Tabelle 4

	Messwert	Einheit	Expositionsklasse		
			XA1	XA2	XA3
pH-Wert	7,4		6,5 - 5,5	< 5,5 - 4,5	< 4,5 - 4,0
Kohlendioxid, kalklösend	<5,0	mg/L	15 - 40	> 40 - 100	> 100
Ammonium	<0,20	mg/L	15 - 30	> 30 - 60	> 60 -100
Magnesium	5,5	mg/L	300 - 1000	>1000-3000	> 3000
Sulfat	150	mg/L	200 - 600	> 600 - 3000	> 3000 - 6000
Chlorid	68	mg/L	---	---	---
Gesamthärte	21	°dH	---	---	---
Härtehydrogencarbonat	11	°dH	---	---	---
Permanganat-Verbrauch	31	mg KMnO4/L	---	---	---

Kurzbeurteilung: Gemäß DIN 4030 Teil 2 sind bei der hier untersuchten Wasserprobe keine Maßnahmen nach DIN 1045 erforderlich. Das Wasser ist nicht Beton angreifend.

Anlage zu Prüfbericht 2020P530613

Probe-Nr.: 20520018 / 001

Probenbezeichnung: P 001

Tabelle 1: Beurteilung von Wässern gem. DIN 50929 Teil 3

Nr.	Merkmal und Dimension / Einheit			Bewertungs- ziffer
		unlegierte Eisen	verzinkter Stahl	
1	Wasserart - fließende Gewässer - stehende Gewässer - Küste von Binnenseen - anaerob. Moor, Meeresküste	N1	M1	N1 -1
		0	-2	
		-1	1	
		-3	-3	
		-5	-5	
2	Lage des Objektes - Unterwasserbereich - Wasser / Luft-Bereich - Spritzwasserbereich	N2	M2	N2 0
		0	0	
		1	-6	
		0,3	-2	
3	c (Cl-) + 2c (SO4²⁻) / mol/m³ < 1 > 1 bis 5 > 5 bis 25 > 25 bis 100 > 100 bis 300 > 300	N3	M3	5,0 -4
		0	0	
		-2	0	
		-4	-1	
		-6	-2	
		-7	-3	
		-8	-4	
4	Säurekapazität bis pH 4,3 mol/m³ < 1 1 bis 2 > 2 bis 4 > 4 bis 6 > 6	N4	M4	3,8 3
		1	-1	
		2	1	
		3	1	
		4	0	
		5	-1	
5	c (Ca²⁺) / mol/m³ < 0,5 0,5 bis 2 > 2 bis 8 > 8	N5	M5	3,5 1
		-1	0	
		0	2	
		1	3	
		2	4	
6	pH-Wert < 5,5 5,5 bis 6,5 > 6,5 bis 7,0 > 7,0 bis 7,5 > 7,5	N6	M6	7,4 0
		-3	-6	
		-2	-4	
		-1	-1	
		0	1	
		1	1	

 Bewertungszahlsumme Unterwasserbereich: $W0 = N1 + N3 + N4 + N5 + N6 + N3/N4 =$
-2,33

 Bewertungszahlsumme Wasser/Luft-Grenze: $W1 = W0 - N1 + N2 \times N3 =$
-1,33
Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeiten:

W0- bzw. W1 - Werte	Mulden- und Lochkorrosion	Flächen- korrosion
>= 0	sehr gering	sehr gering
-1 bis -4	gering	sehr gering
<-4 bis -8	mittel	gering
<-8	hoch	mittel