REPORT

AUTOR	Felix Baierlein	**DATUM**	11.09.2020
ABTEILUNG	LPO-PR-BL1	**VERSION**	1.0
		VERSIONSDATUM	07.12.2020
		STATUS	Final
		SEITE	1 von 20

Vorwort

In der deutschen Nordsee sind derzeit fünf Trassenkorridore sowie zwei Einzelanbindungen zum Anschluss von Offshore-Windparks genehmigt. Die Korridore Westerems, Norderney I, Büsum sowie die Einzelanbindungen (OWP Riffgat und OWP Nordergründe, beide in der 12-sm-Zone) sind bereits realisiert oder vollständig beplant.

Im Norderney-II-Korridor sind vier Systeme landesplanerisch festgestellt; die ÜNB halten darüber hinaus die Verlegung von insgesamt sieben Systemen über diesen Korridor für planerisch und technisch möglich. Für die Erreichung des gesetzlichen Offshore-Ausbauziels (derzeit noch 15 GW bis 2030), welches im derzeitigen Flächenentwicklungsplan (BSH 2019) zugrunde gelegt wird, werden von diesen sieben Systemen über den Norderney-II-Korridor fünf realisiert. Im Landes-Raumordnungsprogramm Niedersachsen (LROP 2017) ist der Norderney-II-Korridor ohne eine Begrenzung der Zahl der Systeme als „Vorranggebiet Kabeltrasse für die Netzanbindung“ gesichert.

Der Netzentwicklungsplan (NEP 2019) entwirft verschiedene Szenarien, die über das derzeitige gesetzliche Ausbauziel von 15 GW bis 2030 hinausgehen. Den Szenarien A2030 (20 GW), B und C2030 (17 GW) folgend, werden - basierend auf den Festlegungen des FEP - drei bzw. zwei zusätzliche Systeme über die 15 GW-Planungen hinaus benötigt. Vor dem Hintergrund des „Klimaschutzprogramms 2030“ der Bundesregierung sowie der WindSeeG-Novelle kommt nun dem 20 GW-Szenario mit Zieljahr 2030 eine immer größere Relevanz zu.

Über den Norderney-II-Korridor sind zwar voraussichtlich zwei weitere Systeme (und damit insgesamt sieben) räumlich realisierbar, die Verlegung dieser zusätzlichen zwei Systeme bis 2030 erscheint aus Sicht der ÜNB jedoch aufgrund der Sensibilität des zu querenden Raumes sowie der damit verbundenen Restriktionen als technisch nicht machbar und planerisch nicht vorzugswürdig. Im Sinne einer vorausschauenden Planung und nicht zuletzt auch im Sinne des Erreichens der von der Bundesregierung angestrebten Klimaziele, sind deshalb aus Sicht von Amprion und TenneT neue Korridore in der 12-sm-Zone der deutschen Nordsee festzulegen. Mit dem Ziel der landesplanerischen Feststellung mindestens eines weiteren Korridors über die Insel Baltrum oder die Insel Langeoog treten Amprion und TenneT in das Raumordnungsverfahren „Seetrassen 2030“ ein.

Für dieses ROV wurde die Antragskonferenz im November 2019 durchgeführt und der Untersuchungsrahmen im April 2020 festgelegt. Dieser legt u.a. folgenden Untersuchungsgegenstand fest:

4.) Das Vorhaben ist in seinen wesentlichen technischen und baulichen Parametern zu beschreiben. Hierbei ist auch auf die veränderten Anforderungen an die Kabelverlegung einzugehen, die sich aus der noch in der Entwicklung befindlichen 525kV-Technik voraussichtlich ergeben werden.

Zur Abarbeitung dieses Untersuchungsgegenstandes und Prüfung, ob eine Kabelverlegung mittels einer Barge im Watt zwischen den Inseln Baltrum und Langeoog sowie den jeweiligen Anlandebereichen möglich ist, legen Amprion und TenneT die folgenden Ausführungen vor.

Inhaltsverzeichnis

1. Ermittlung der Wasserstände 3
1.1. Geländehöhen 3
1.2. Pegelstände 3
1.3. Wasserstand 4
2. Ermittlung des Tiefgangs 4
3. Auswertung 6
4. Diagramme 8

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Stammdaten des Pegels "Langeoog" (Quelle: Pegelonline.wsv.de) 3
Tabelle 2: Kennzeichnende Wasserstände (Quelle: Pegelonline.wsv.de) 3
Tabelle 3: Formelzeichen und deren physikalische Größe 5
Tabelle 4: Parameter der Barge 5
Tabelle 5: Geladene Kabelbündellängen und maximaler Tiefgang 5
Tabelle 6: Kurzdarstellung der betrachteten Kriterien 8

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lage der Vorzugsvarianten mit Bohrein- und -austrittspunkten 6
Abbildung 2: Geländehöhe und Pegelstände Korridor C3 (Baltrum) 9
Abbildung 3: Wasserstand und Lage der Bohraus- und Eintrittspunkte Korridor C3 (Baltrum) 10
Abbildung 4: Tiefgang der Barge und Identifikation kritischer Stellen Korridor C3 (Baltrum) 11
Abbildung 5: Geländehöhe und Pegelstände Korridor C3a (Baltrum) 12
Abbildung 6: Wasserstand und Lage der Bohraus- und Eintrittspunkte Korridor C3a (Baltrum) 13
Abbildung 7: Tiefgang der Barge und Identifikation kritischer Stellen Korridor C3a (Baltrum) 14
Abbildung 8: Geländehöhe und Pegelstände Korridor C6a (Langeoog) 15
Abbildung 9: Wasserstand und Lage der Bohraus- und Eintrittspunkte Korridor C6a (Langeoog) 16
Abbildung 10: Tiefgang der Barge und Identifikation kritischer Stellen Korridor C6a (Langeoog) 17
Abbildung 11: Geländehöhe und Pegelstände Korridor C6b (Langeoog) 18
Abbildung 12: Wasserstand und Lage der Bohraus- und Eintrittspunkte Korridor C6b (Langeoog) 19
Abbildung 13: Tiefgang der Barge und Identifikation kritischer Stellen Korridor C6b (Langeoog) 20

1. Ermittlung der Wasserstände

1.1. Geländehöhen

Die Geländehöhe im Untersuchungsraum wurde durch eine luftgestützte Vermessung, das sogenannte ALS (Airborne Laser Scanning), ermittelt. Die Erhebung erfolgte durch die Milan Geoservice GmbH im Juni 2019 bei Niedrigwasser mit einer Auflösung der xy-Koordinaten von 0,3 m. Die geforderte Höhengenauigkeit liegt bei ± 0,05 m. Diese gilt jedoch nur für bewuchsfreie Bereiche, die Genauigkeit für bewachsene Bereiche liegt über diesem Wert und ist damit weniger genau. Geliefert wurden die Daten als Digitales Geländemodell (DGM), in dem bewachsene Bereiche bereits berücksichtigt und geglättet wurden. Das verwendete Koordinatensystem entspricht UTM32N 6-stellig, ETRS89.

In dieses Modell wurden, unter Zuhilfenahme der Software GlobalMapper, die Korridorachsen eingefügt und die Höhenwerte in horizontalen Abständen von einem Meter ermittelt. Die erzeugten Höhenwerte wurden auf zwei Nachkommastellen gerundet und als csv-Datei zur weiteren Verwendung exportiert. Die Geländehöhe wird entlang der Korridorachsen in den Diagrammen in Kapitel 4 als „Elevation“ dargestellt.

1.2. Pegelstände

Zur Ermittlung der Wassertiefe wurden die Wasserstände der Messstelle „Langeoog“, welche sich mittig zwischen den Korridoren befindet, herangezogen. Die Stammdaten sind in Tabelle 1 dargestellt.

Messstellenname	LANGEOOG
Messstellennummer	9390010
Gewässer	NORDSEE
Kilometer an der Wasserstraße	182,13 km
Betreiber	WSA EMS-NORDSEE
Koordinate (Gauss-Krüger 2, Bessel 1841, DHDN)	Rechtswert: 2.599.160,00 Hochwert: 5.955.720,10
PNP (m. ü. NHN) gültig ab 01.11.2019	-5,05

Tabelle 1: Stammdaten des Pegels "Langeoog" (Quelle: Pegelonline.wsv.de)

Die kennzeichnenden Wasserstände des mittleren Tidehoch- und Tideniedrigwassers wurden vom 01.11.2005 bis zum 31.10.2015 ermittelt.

MTnw	376 cm	01.11.2005 - 31.10.2015
MThw	641 cm	01.11.2005 - 31.10.2015

Tabelle 2: Kennzeichnende Wasserstände (Quelle: Pegelonline.wsv.de)

Die Höhe des Pegels in m. über NHN wird mit folgender Berechnung ermittelt:

$$h_{MTnw} = PNP + MTnw$$
$$h_{MThw} = PNP + MThw$$

Für das mittlere Tideniedrigwasser ergibt sich damit eine Höhe von **- 1,29 m. ü. NHN**.

Für das mittlere Tidehochwasser ergibt sich eine Höhe von **+ 1,36 m. ü. NHN**.

Die jeweiligen Höhen über NHN werden entlang der Korridorachsen in den Diagrammen in Kapitel 4 als „Pegel MThw“ und „Pegel MTnw“ dargestellt.

1.3. Wasserstand

Mithilfe der Geländehöhe und der Pegelstände können die Wasserstände mit Bezug zu den Geländehöhen der jeweiligen Korridore ermittelt werden.

$$h_{Wasserstand} = h_{MThw} - h_{Gelände}$$

Die Höhe des Wasserstandes wird entlang der Korridorachsen in den Diagrammen in Kapitel 4 als „Wasserstand“ dargestellt.

2. Ermittlung des Tiefgangs

Der Tiefgang kann über ein Kräftegleichgewicht zwischen Auftriebs- und Gewichtskraft berechnet werden. Zur Berechnung des Tiefganges wird vereinfacht von einem starren rechteckigen Körper mit homogener Gewichtsverteilung ausgegangen.

$$F_{Gewicht} = F_{Auftrieb}$$

Mit

$$F_{Gewicht} = m_{Körper} * g$$

und

$$F_{Auftrieb} = V_{Wasser} * \rho_{Wasser} * g$$

sowie

$$V_{Wasser} = l_{Körper} * b_{Körper} * z$$

ergibt sich

$$m_{Körper} * g = l_{Körper} * b_{Körper} * z * \rho_{Wasser} * g$$

Hieraus kann nun der Tiefgang „z“ des eintauchenden Körpers berechnet werden.

$$z = \frac{m_{Körper}}{l_{Körper} * b_{Körper} * \rho_{Wasser}}$$

Die verwendeten Formelzeichen entsprechen dabei den in Tabelle 3 genannten physikalischen Größen.

Formelzeichen	Größe	Einheit
$F_{Gewicht}$	Gewichtskraft des eintauchenden Körpers	N
$F_{Auftrieb}$	Auftriebskraft des verdrängten Wassers	N
$m_{Körper}$	Masse des eintauchenden Körpers	kg
g	Erdbeschleunigung	m/s^2
V_{Wasser}	Volumen des verdrängten Wassers	m^3
ρ_{Wasser}	Dichte des verdrängten Wassers	kg/m^3
$l_{Körper}$	Länge des eintauchenden Körpers	m
$b_{Körper}$	Breite des eintauchenden Körpers	m
Z	Tiefgang des eintauchenden Körpers	m

Tabelle 3: Formelzeichen und deren physikalische Größe

Die Dichte des Wassers (ρ_{Wasser}) wird vereinfacht mit 1 t/m^3 angenommen.
Für den eintauchenden Körper wird angenommen, dass es sich um eine rechteckige Barge mit den in Tabelle 4 aufgelisteten Parametern handelt.

Mobilisiertes Leergewicht	1.700 t
Länge	67 m
Breite	32 m

Tabelle 4: Parameter der Barge

Zusätzlich zum mobilisierten Leergewicht muss das Kabelgewicht des Bündels berücksichtigt werden. Für dieses wird für jedes Kabel ein Gewicht von 65 kg/m angenommen. Bei drei Leitern innerhalb des Kabelbündels bedeutet dies 195 kg für jeden Meter Trassenmeter.

Ohne Zuladung des Kabels ergibt sich damit ein minimaler Tiefgang von **0,79 m**.

Der maximale Tiefgang der Barge und die geladenen Kabelbündellängen in dem jeweiligen Trassenkorridor sind in Tabelle 5 dargestellt.

Korridor	**Geladene Kabelbündellänge**	**Maximaler Tiefgang**
C3	4.150 m	1,17 m
C3a	5.250 m	1,27 m
C6a	8.900 m	1,60 m
C6b	8.200 m	1,54 m

Tabelle 5: Geladene Kabelbündellängen und maximaler Tiefgang

Der Körper besitzt vor Kabeleinzug in die Kabelschutzrohre zur Kreuzung des Landesschutzdeiches den maximalen Tiefgang. Mit sich zunehmend reduzierender geladener Kabellänge im Verlauf der Kabelverlegung in Richtung der Kabelschutzrohre zur Kreuzung der Inseln reduziert sich allmählich der Tiefgang, bis das Kabelbündel vollständig abgespult ist.

Der Tiefgang wird nicht in den Diagrammen in Kapitel 4 dargestellt, sondern die Höhe des Rumpfes der Barge über NHN unter Berücksichtigung des Wasserstandes des mittleren Tidehochwasser .

Bezeichnet ist dies als „Barge Tiefe“. Hierdurch sind die Diagramme verständlicher und etwaige Schnittpunkte zwischen Geländehöhe und Tiefgang der Barge einfacher zu identifizieren.

Das Anlanden am Bohraustritt mit voller Ladung, sowie das Abspulen in die Leerrohre und entlang der Kabeltrasse sind in den Diagrammen berücksichtigt.

Auf Basis der Wasserstände und des Tiefganges kann die Erreichbarkeit der Bohrein- und austrittspunkte, sowie weitere kritische Bereiche ermittelt werden. Zu berücksichtigen ist, dass bei Springtiden höhere Wasserstände auflaufen können und damit flachere Bereiche als bei mittlerem Tidehochwasser erreicht würden.

3. Auswertung

Die Korridore kreuzen jeweils eine Insel, Baltrum wird durch die Korridore C3 und C3a, Langeoog durch die Korridore C6a und C6b gekreuzt.

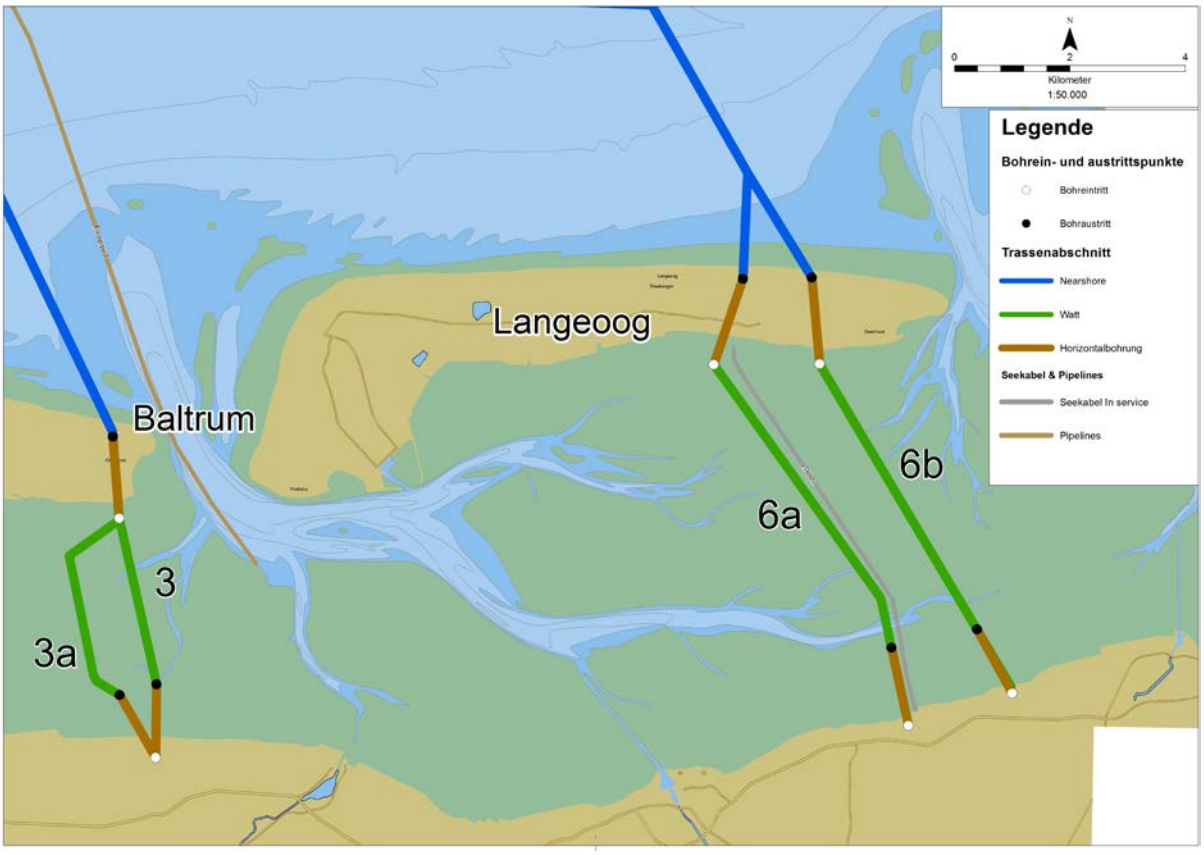

Abbildung 1: Lage der Vorzugsvarianten mit Bohrein- und -austrittspunkten

Die Geländehöhen und die Höhe des mittleren Tideniedrig- und –hochwassers werden in Abbildung 2, Abbildung 5, Abbildung 8 und Abbildung 11 dargestellt. Hierbei können Datenfehler (rot) und Priele (grün) gekennzeichnet identifiziert werden.

Die Datenfehler werden nicht weiter berücksichtigt. Es wird davon ausgegangen, dass die Fehler hinreichend klein sind um eine Interpolation zwischen den angrenzenden Daten durchführen zu können. Grün gekennzeichnete Bereiche können als Priele identifiziert werden, da die Messungen bei Niedrigwasser durchgeführt wurden und hier die Wasseroberfläche gemessen wurde. Es kann davon ausgegangen werden, dass die tatsächliche Geländehöhe unterhalb des Messwertes liegt.

Der Wasserstand gemäß Kapitel 1.3 ist in Abbildung 3, Abbildung 6, Abbildung 9 und Abbildung 12 dargestellt.

Die Lage der Barge im Wasser gemäß Kapitel 2 ist in Abbildung 4, Abbildung 7, Abbildung 10 und Abbildung 13 dargestellt. Hier können einige kritische Punkte identifiziert werden, diese sind in den jeweiligen Abbildungen orange markiert. Grundsätzlich sind die Bereiche vor den Bohreintrittspunkten im Watt vor den Inseln bei MThw schwer zu erreichen. Bei guten Wasserständen z.B. bei Springtiden ist zu erwarten, dass diese erreicht werden können. Die Wasserstände zwischen „Beginn offene Bauweise“ und „Bohreintritt Watt“ liegen in den folgenden Bereichen, in Klammern ist die Länge zwischen Liegeplatz und Bohreintritt dargestellt:

C3	0,69 bis 0,92 m bei einem Tiefgang zwischen 0,79 bis 0,80 m (ca. 150 m)
C3a	0,72 bis 0,96 m bei einem Tiefgang zwischen 0,79 bis 0,83 m (ca. 450 m)
C6a	0,96 bis 1,06 m bei einem Tiefgang zwischen 0,94 bis 0,96 m (ca. 140 m)
C6b	0,99 bis 1,07 m bei einem Tiefgang zwischen 0,95 bis 0,96 m (ca. 130 m)

Es wurde bei allen Korridoren angenommen, dass sich bis zum Liegeplatz zwischen Rumpf der Barge und der Geländehöhe noch minimal 0,1 m Wasser (Keel Clearance) befinden.

Grundsätzlich zeigt die Auswertung, dass die Korridore C3 und C3a niedrigere Wasserstände im Vergleich zu den Korridoren C6a und C6b aufweisen. Insbesondere im Bereich der Bohreintrittspunkte im Watt vor den Inseln liegen die Wasserstände ca. 0,25 bis 0,3 m unterhalb derer der Langeoogkorridore.

In der Folge ist bei den Korridoren C3 und C3a zu beachten, dass zur Erreichung der Bohreintrittspunkte bereits eine Muffe im Bereich des Bohreintrittspunktes hergestellt werden muss, um die Länge des geladenen Kabelbündels und damit das Gesamtgewicht zu reduzieren und die Bohreintrittspunkte bestmöglich zu erreichen.

Für Korridore C6a und C6b wurde eine Kabellänge berücksichtigt, welche eine Verlegung bis an den Nordstrand Langeoogs ermöglicht. Hier wäre eine Muffe im Watt folglich nicht nötig.

Bei der Betrachtung von Variante C3a kann zudem festgestellt werden, dass der Bohraustrittspunkt im Watt vor dem Landesschutzdeich zum einen aufgrund der nötigen zusätzlichen Kabelladung im Vergleich zu Variante C3 nicht erreicht werden kann und zum anderen aufgrund der Nord-West Führung parallel zu Inselversorgungsleitungen für längere Zeit flache Bereiche gequert werden. Hinzu kommt, dass Korridor C3a näher an der Wattscheide mit grundsätzlich höheren Geländehöhen verläuft. In der Folge müssten im Bereich des Bohraustrittes vor dem Landesschutzdeich zusätzlich ca. 450 m Kabel in offener Bauweise verlegt werden.

Bei Korridor C6a konnte ein Wattrücken im zwischen KP3.5 und KP4 identifiziert werden, der bei der Planung der Kabelverlegung besonderen Augenmerkes bedarf. In diesem Bereich steigt die Geländehöhe im Vergleich zu Variante C6b an. In der Folge liegt der Abstand zwischen Rumpf der Barge und Gelände bei nur noch ca. 0,13 m. Es ist davon auszugehen, dass dieser ohne zusätzliche Maßnahmen gequert werden kann.

Zur Planung und Durchführung der Horizontalbohrungen sind größere Wasserstände vorteilhaft. Bei höheren Wasserständen können entweder die einzusetzenden Pontons schwerer beladen, oder kleinere Pontons eingesetzt werden.

In Tabelle 6 sind die betrachteten Kriterien übersichtlich zusammengestellt und die wesentlichen Parameter beschrieben.

Kriterium	C3	C3a	C6a	C6b
Erreichbarkeit Bohraustrittspunkt (Deich)	Ja	Nein	Ja	Ja
Wasserstand und Tiefgang Bohraustritt (Deich)	1,44/1,17 m	1,04/1,27 m	1,82/1,6 m	1,87/1,54 m
Länge der offenen Bauweise (Deich)	0 m	~ 450 m	0 m	0 m
Erreichbarkeit Bohreintrittspunkt (Insel)	Nein	Nein	Nein	Nein
Wasserstand und Tiefgang Bohreintritt (Insel)	0,7/0,79 m	0,72/0,79 m	1,0/0,94 m	1,02/0,95 m
Länge der offenen Bauweise (Insel)	~ 150 m	~ 450 m	~ 140 m	~ 130 m
Muffe im Watt erforderlich	Ja	Ja	Nein	Nein
Hoher Wattrücken in Korridor Wasserstand und Tiefgang	Nein	Nein	Ja 1,39/1,26 m	Nein

Tabelle 6: Kurzdarstellung der betrachteten Kriterien

4. Diagramme

Nachfolgend werden die Daten und Berechnungen gemäß der Angaben in Kapitel 1 und Kapitel 2 dargestellt, eine Diskussion der Diagramme erfolgte in Kapitel 3.

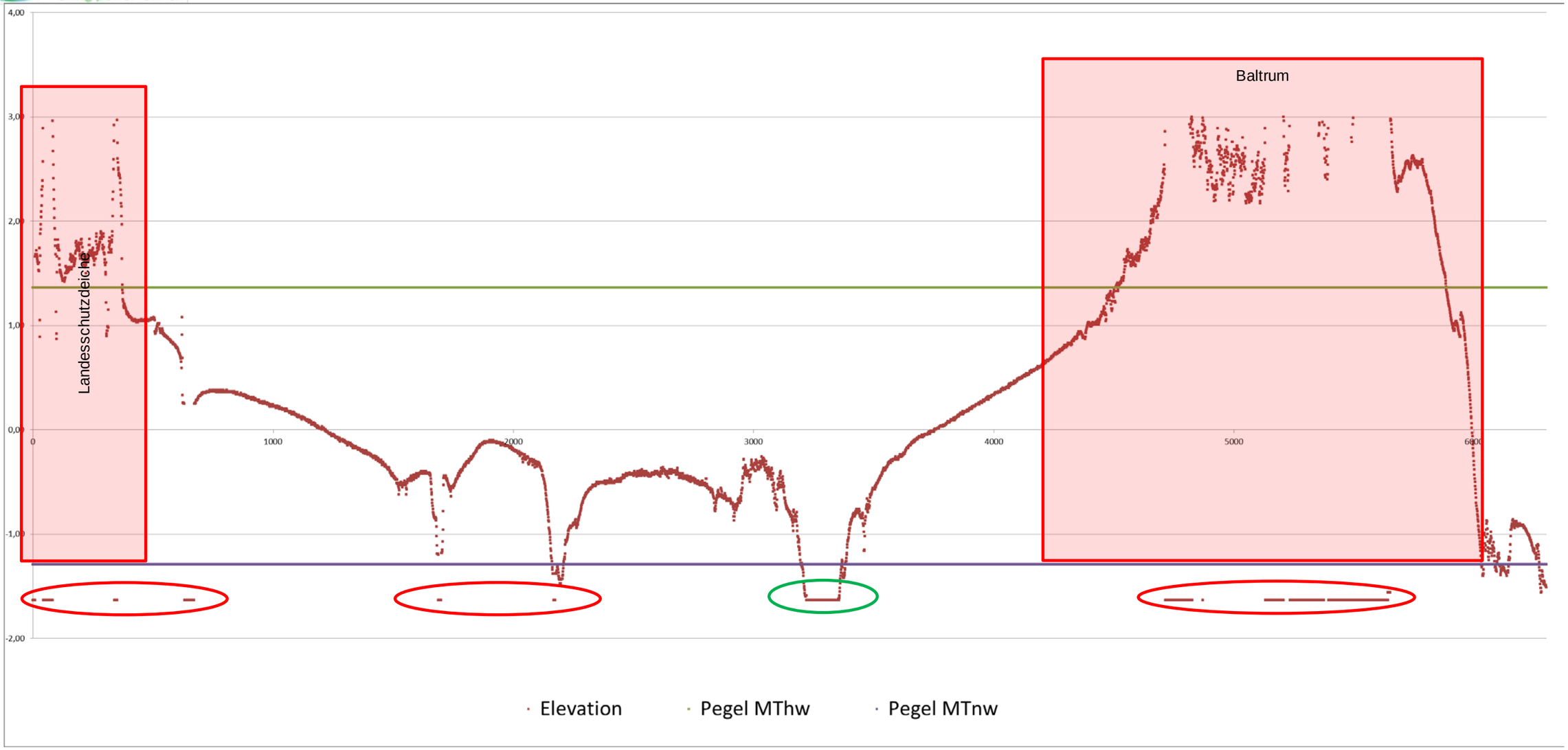

Abbildung 2: Geländehöhe und Pegelstände Korridor C3 (Baltrum)

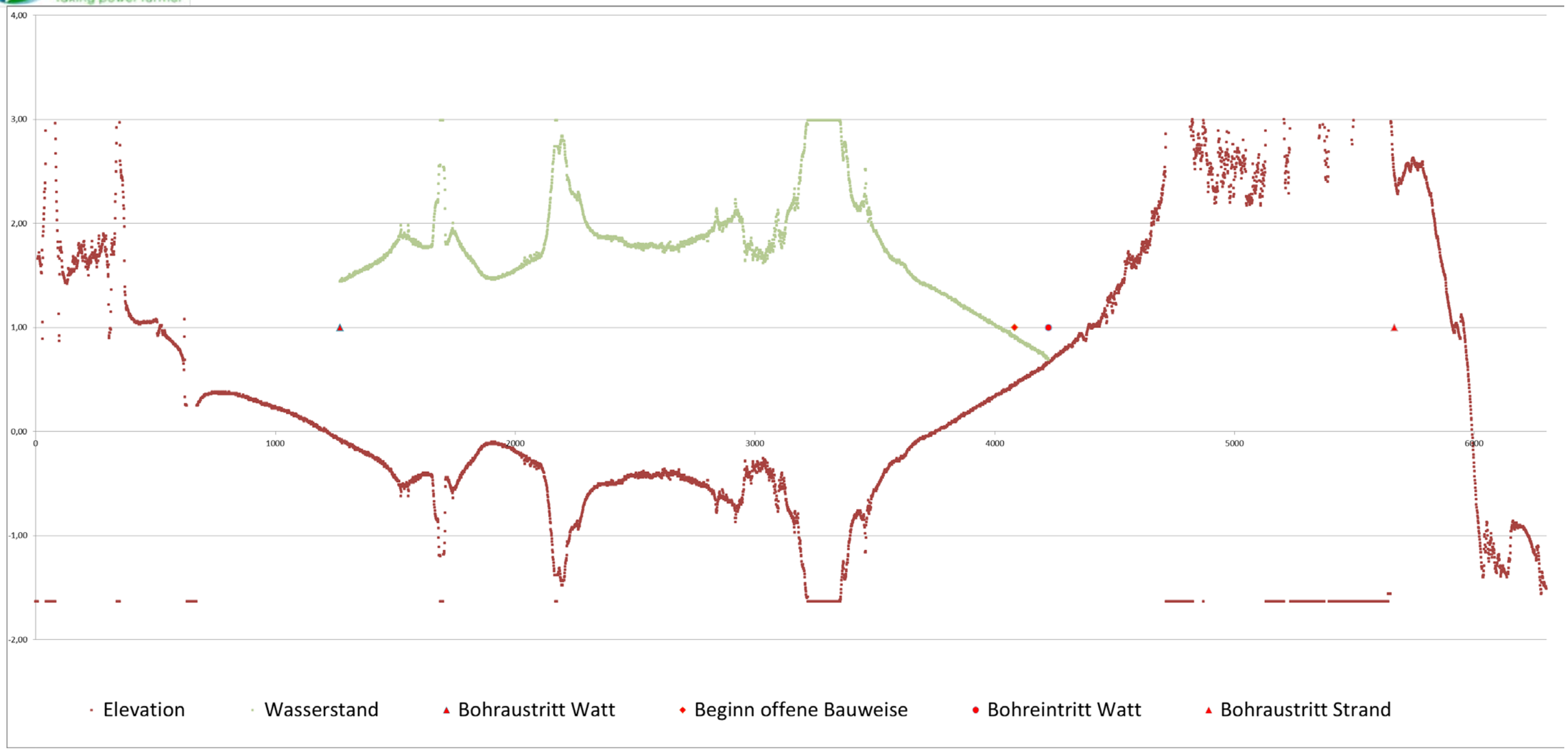

Abbildung 3: Wasserstand und Lage der Bohraus- und Eintrittspunkte Korridor C3 (Baltrum)

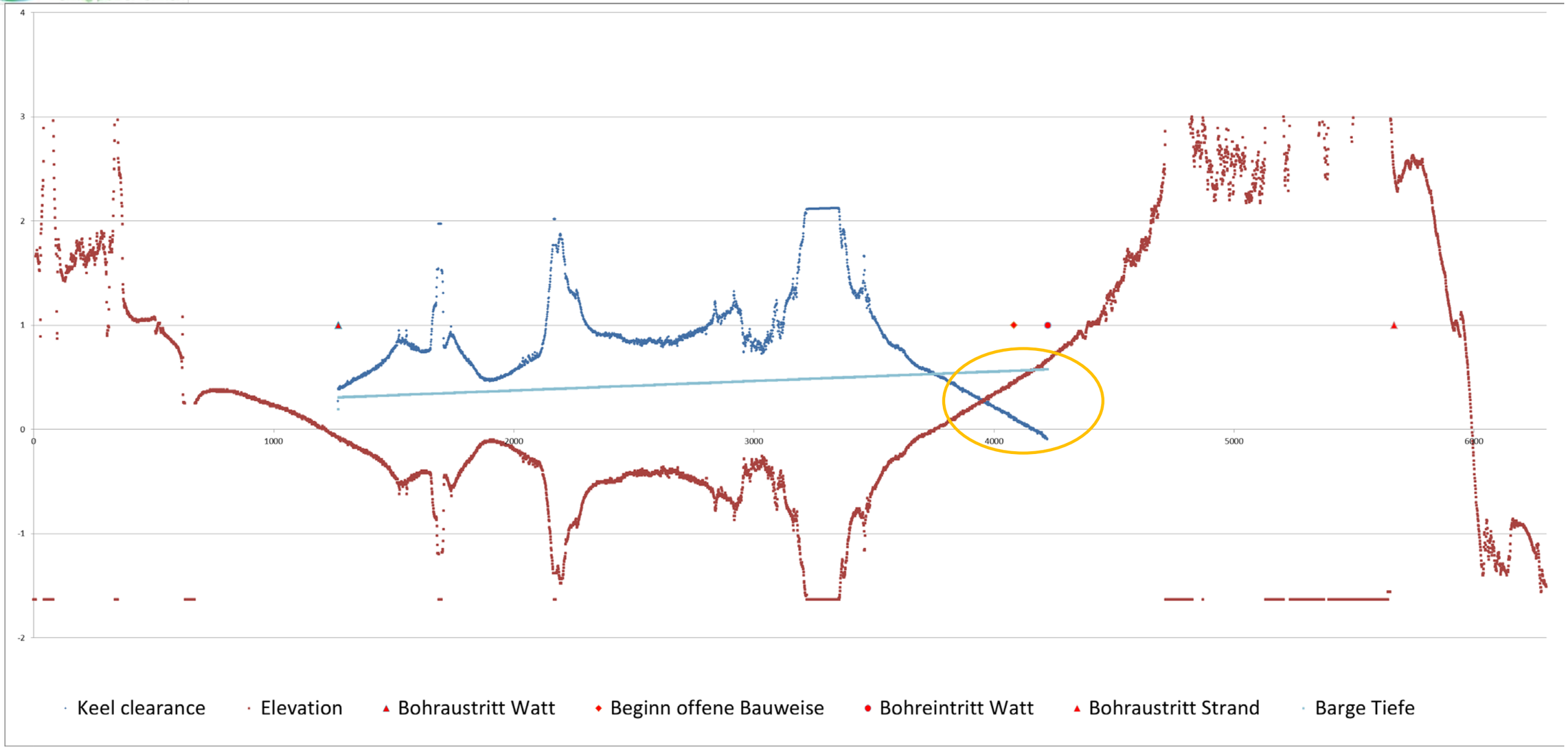

Abbildung 4: Tiefgang der Barge und Identifikation kritischer Stellen Korridor C3 (Baltrum)

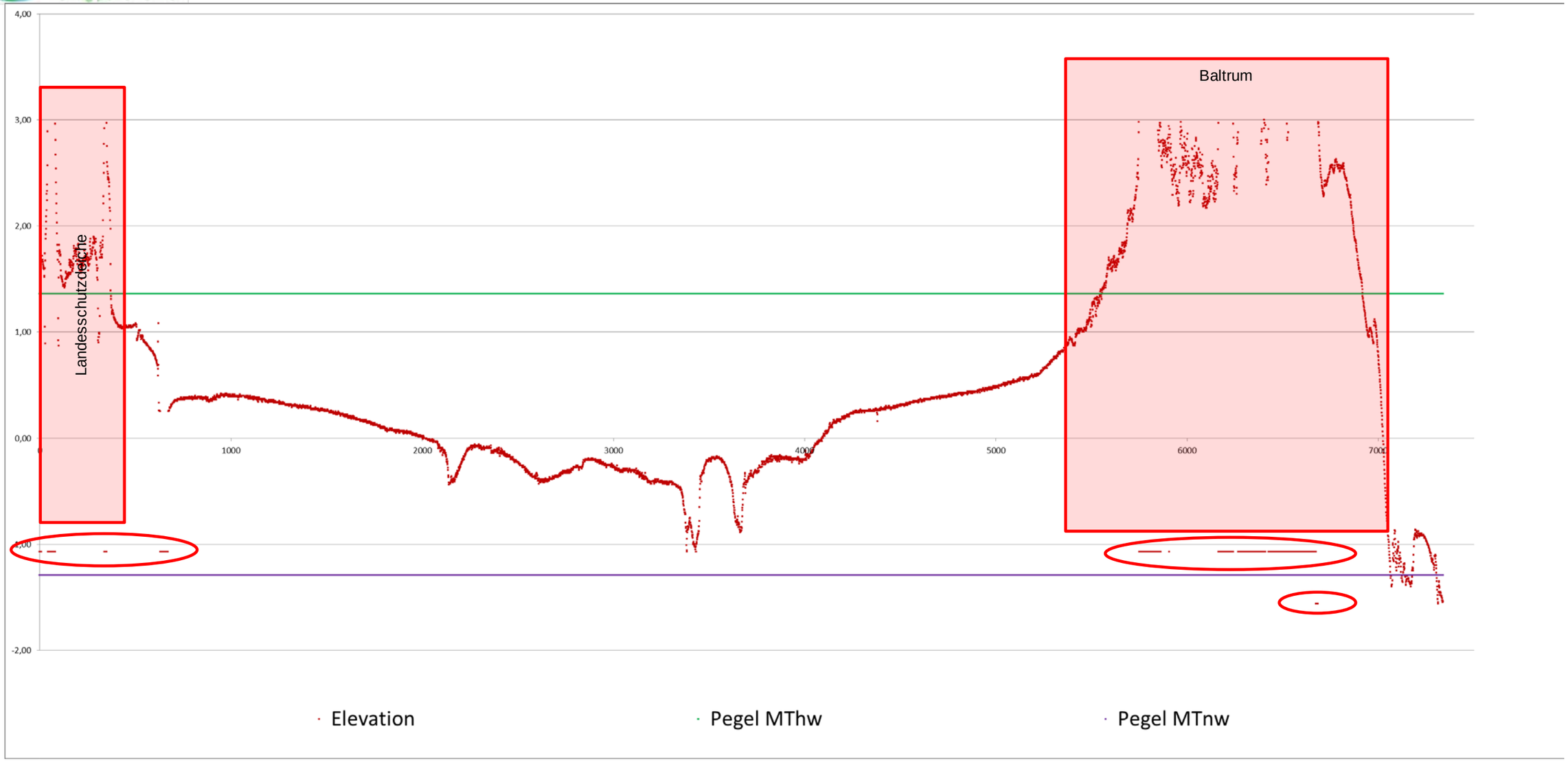

Abbildung 5: Geländehöhe und Pegelstände Korridor C3a (Baltrum)

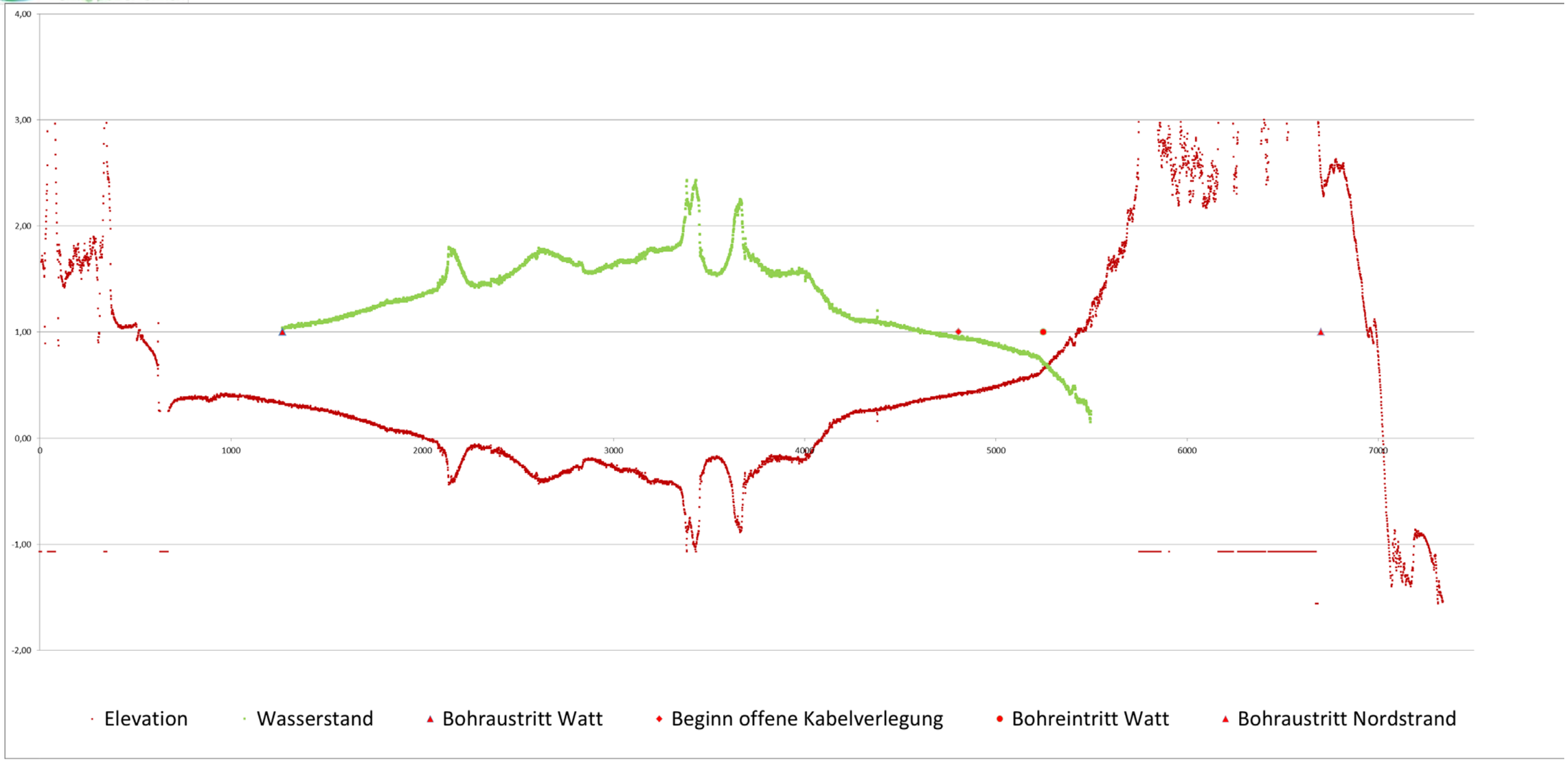

Abbildung 6: Wasserstand und Lage der Bohraus- und Eintrittspunkte Korridor C3a (Baltrum)

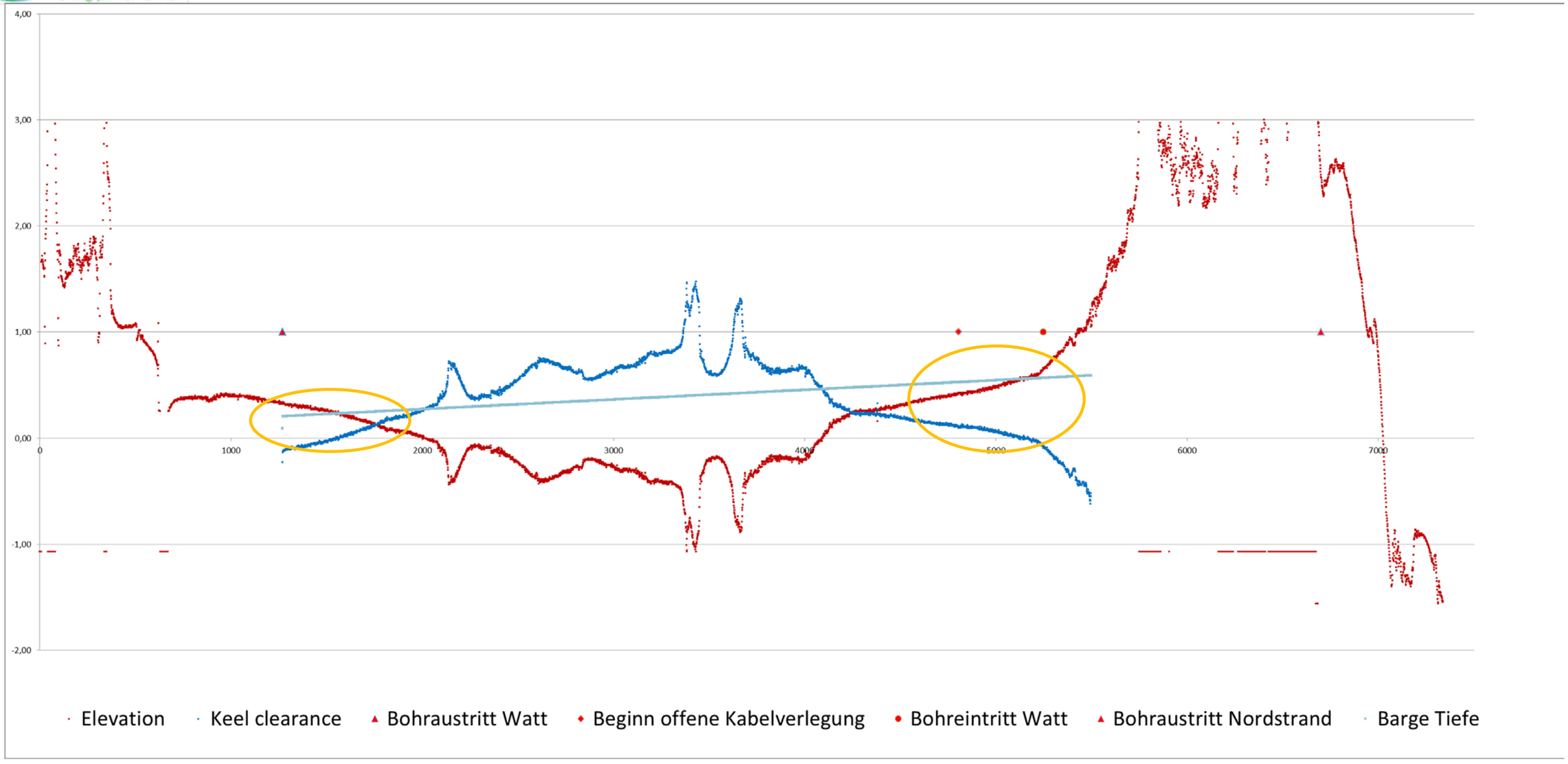

Abbildung 7: Tiefgang der Barge und Identifikation kritischer Stellen Korridor C3a (Baltrum)

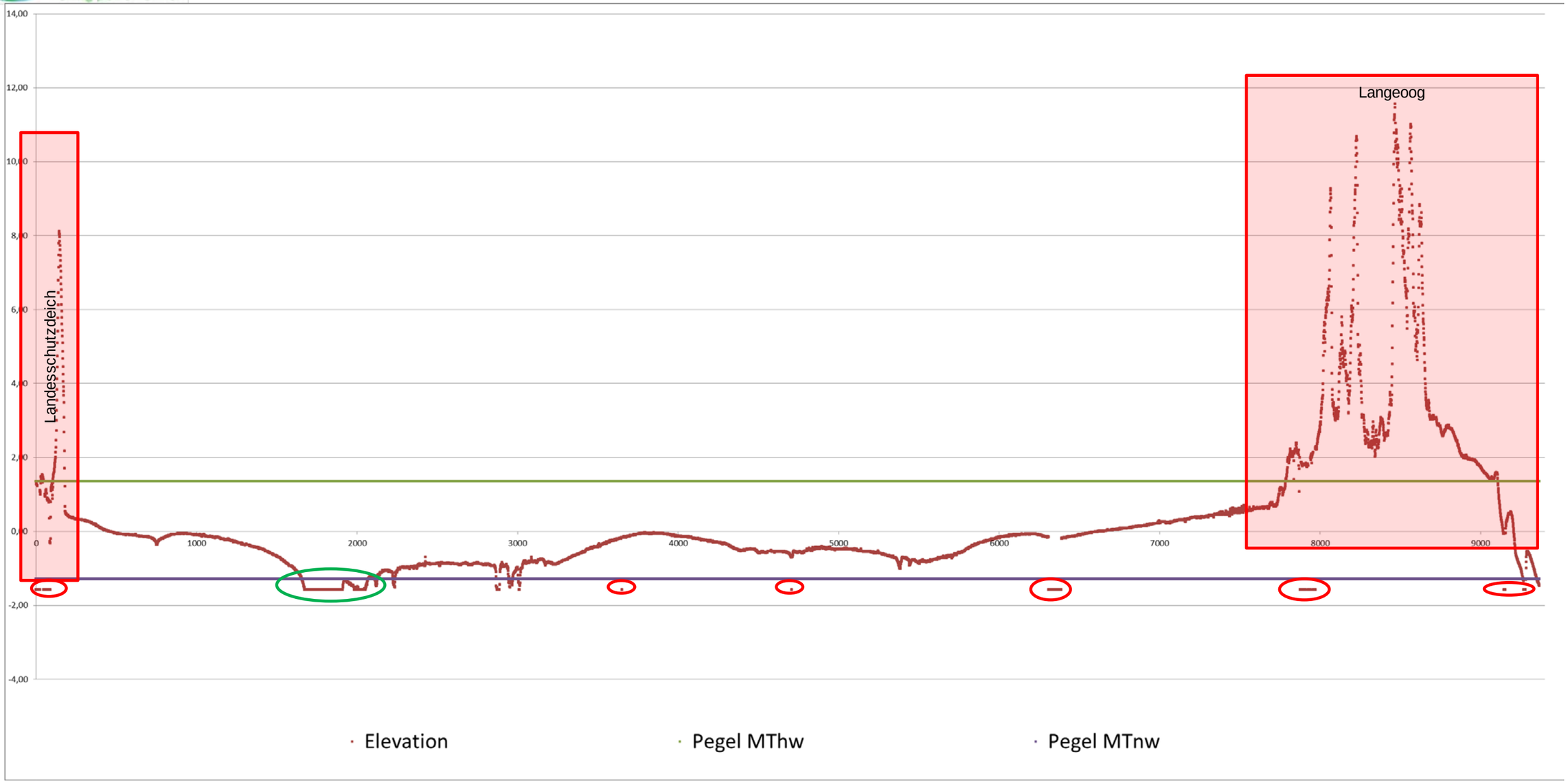

Abbildung 8: Geländehöhe und Pegelstände Korridor C6a (Langeoog)

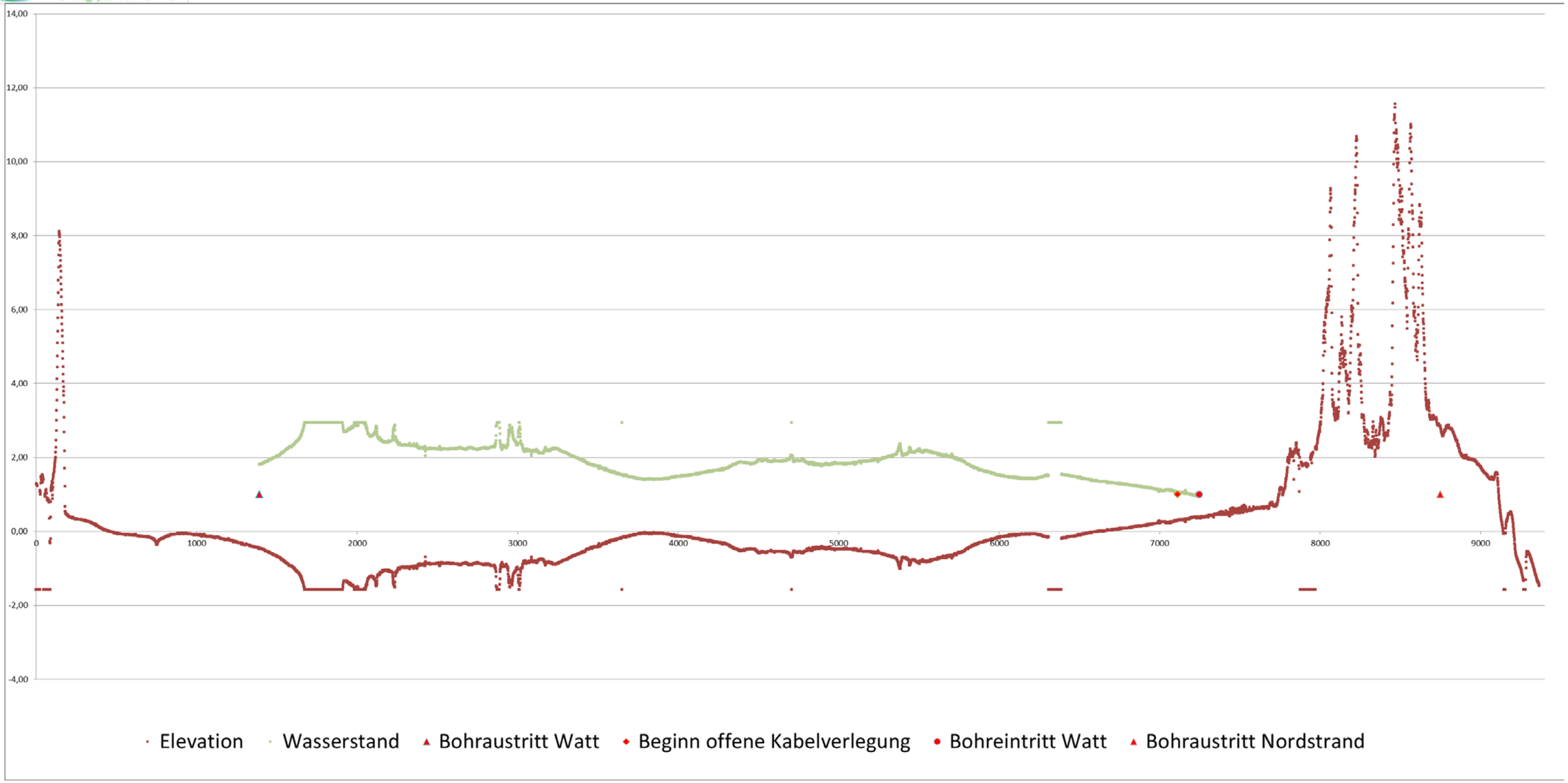

Abbildung 9: Wasserstand und Lage der Bohraus- und Eintrittspunkte Korridor C6a (Langeoog)

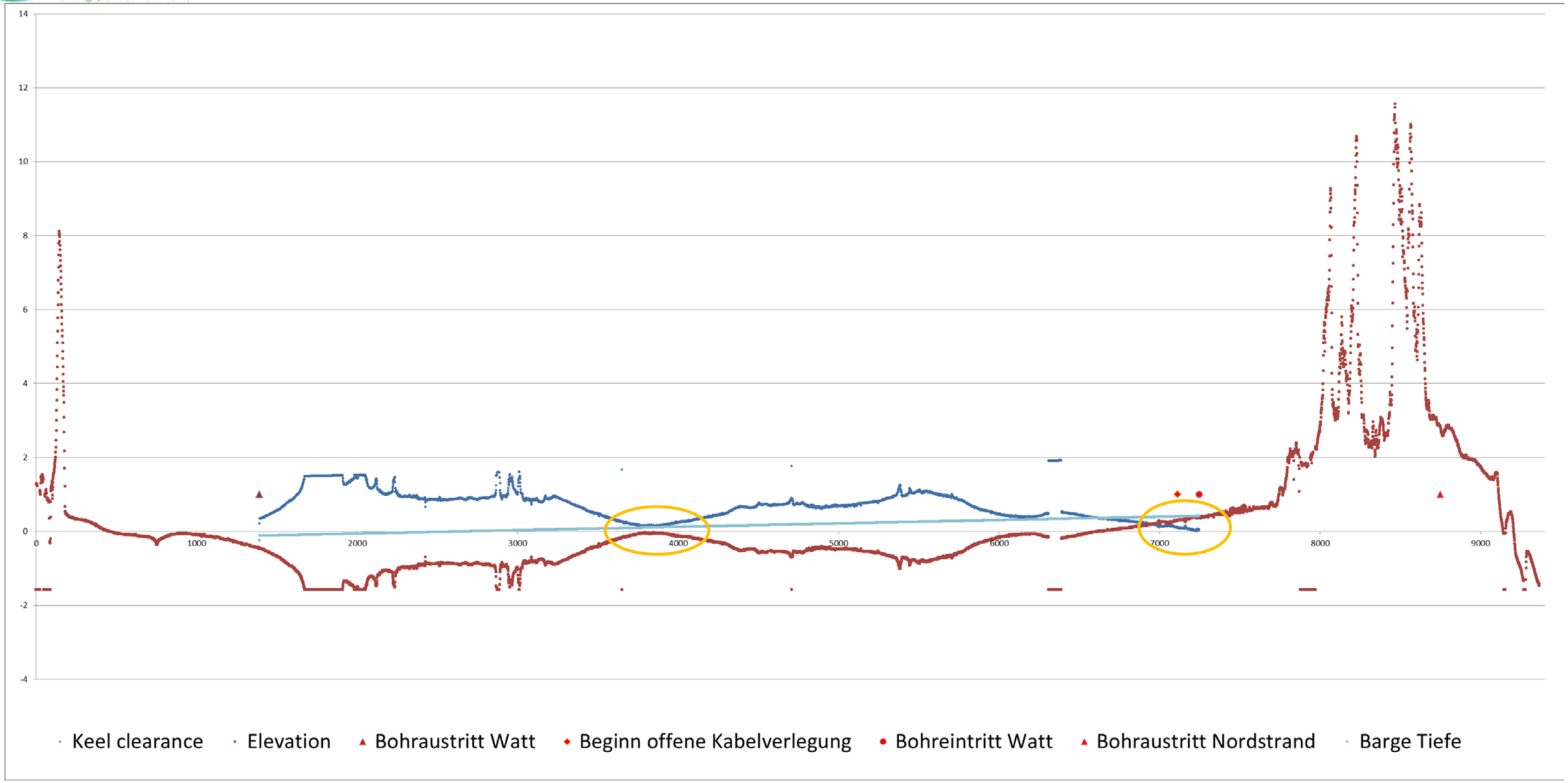

Abbildung 10: Tiefgang der Barge und Identifikation kritischer Stellen Korridor C6a (Langeoog)

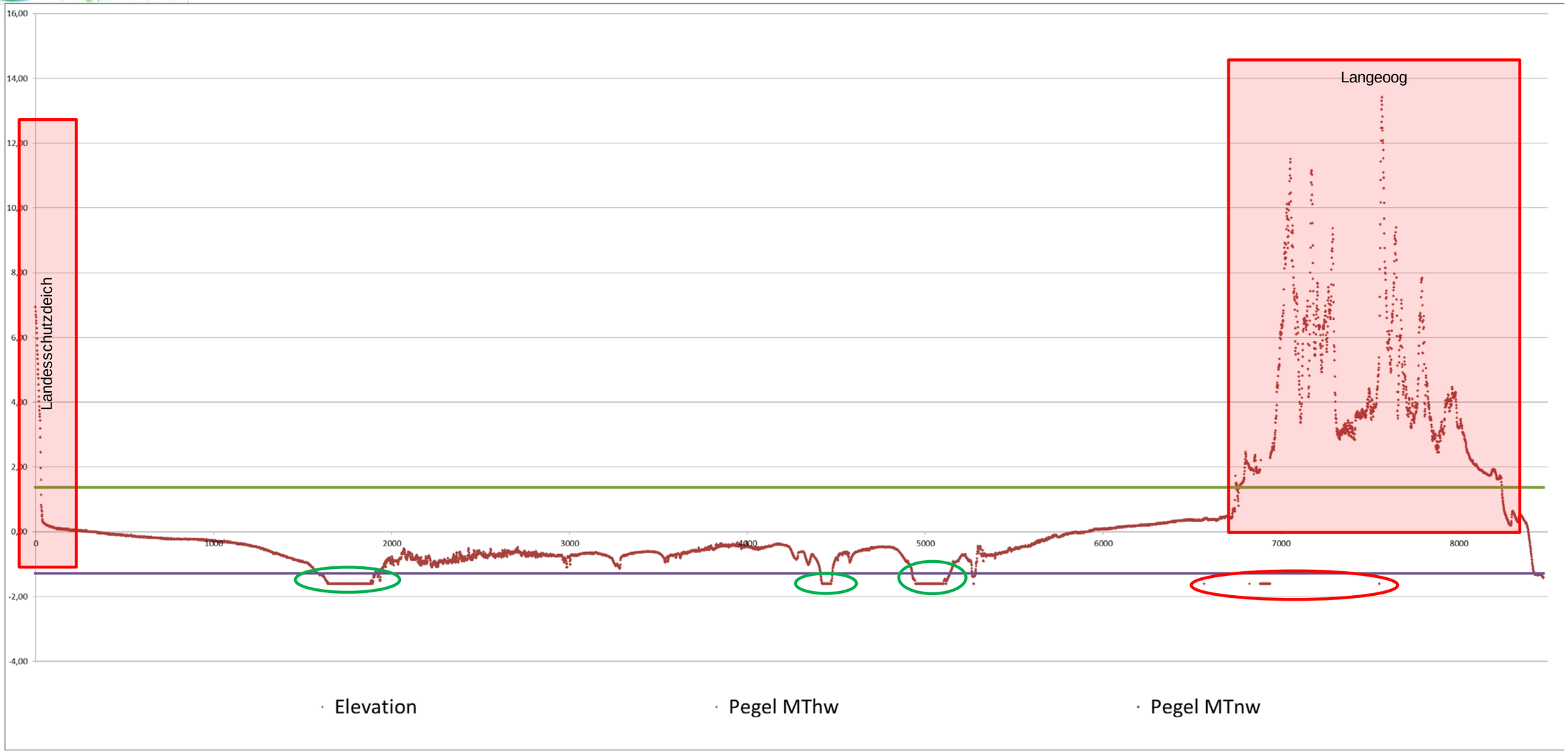

Abbildung 11: Geländehöhe und Pegelstände Korridor C6b (Langeoog)

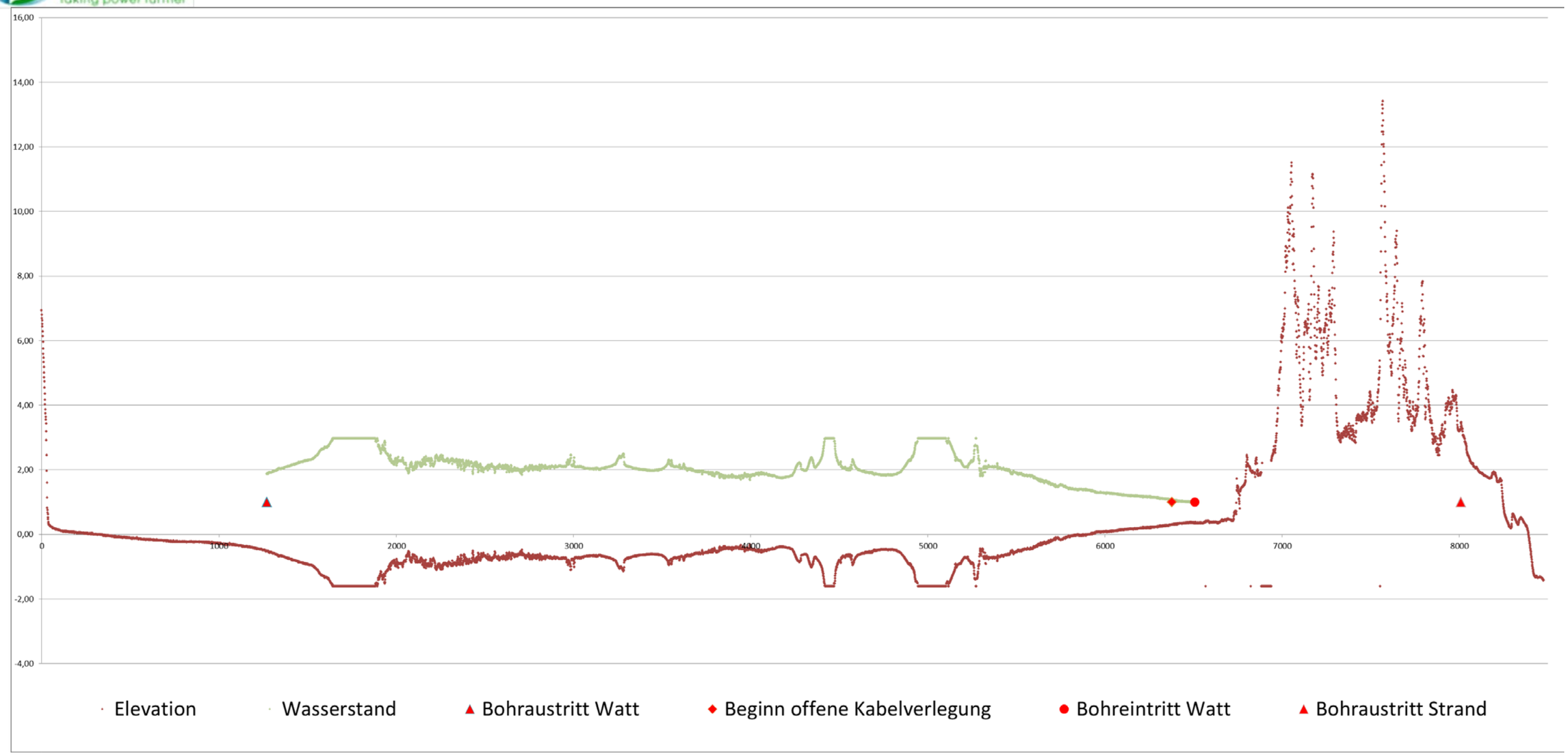

Abbildung 12: Wasserstand und Lage der Bohraus- und Eintrittspunkte Korridor C6b (Langeoog)

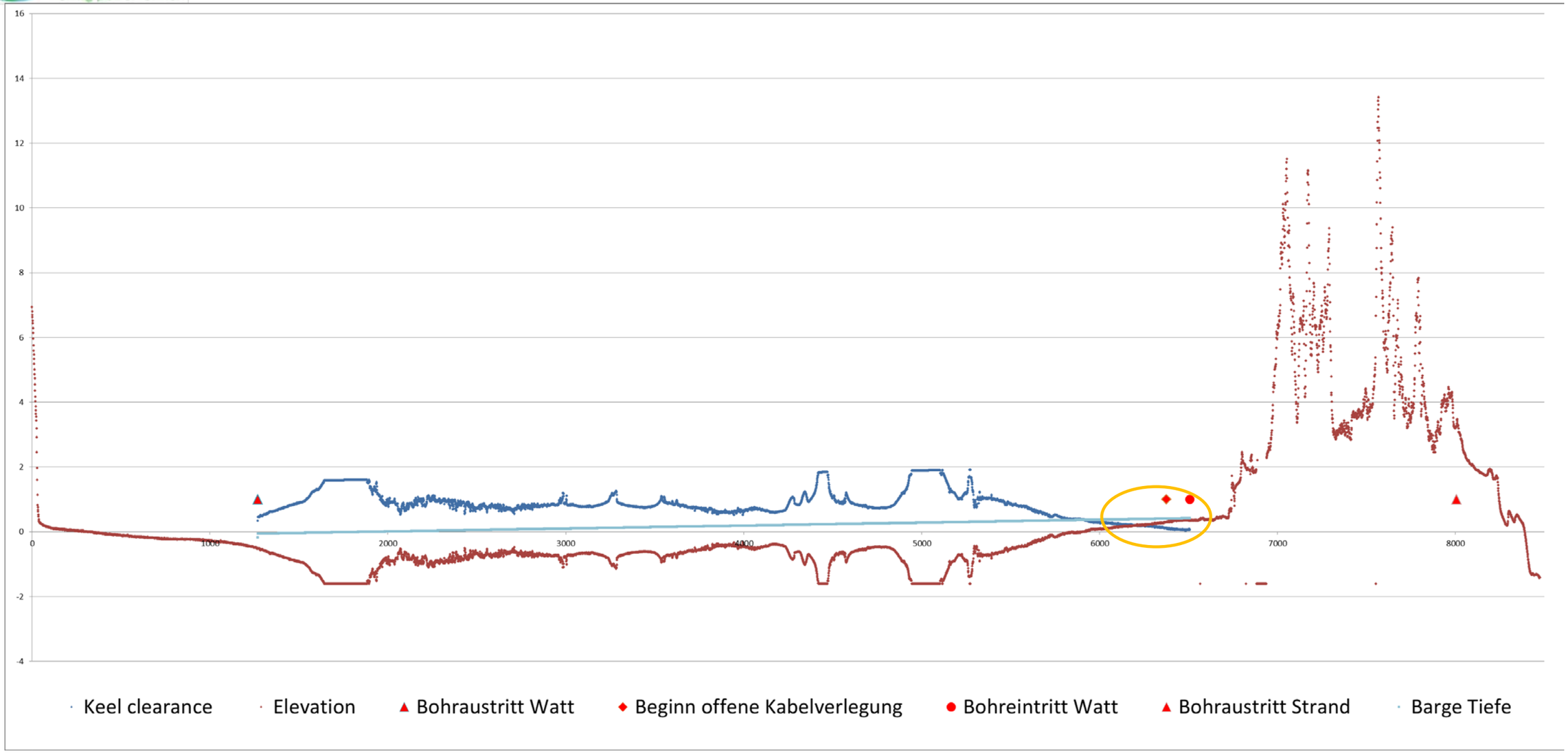

Abbildung 13: Tiefgang der Barge und Identifikation kritischer Stellen Korridor C6b (Langeoog)