

Die Autobahn GmbH des Bundes

Niederlassung Nordost | Außenstelle Güstrow

Krakower Chaussee 2a
18273 Güstrow / Klueß

Dipl.-Ing. Andreas Hofmann

17034 Neubrandenburg

Feldmark 7

Telefon: (03 95) 36 94 54 - 0

Fax: (03 95) 36 94 54 - 44

info@ib-a-hofmann.de

www.ib-a-hofmann.de

Sparkasse Neubrandenburg-Demmin

IBAN: DE05 1505 0200 3030 4129 29

Steuer-Nr.: 072/232/02963

1. Ergänzung zum Geotechnischen Bericht

(Reg.-Nr.: 41076 vom 22.06.2023)

- Baugrundbeurteilung / Gründungsbeurteilung -

Bauvorhaben : **BAB A 19**, Ersatzneubau **BW 28 Ü1** im Zuge der Kreisstraße K 19
zwischen *Kavelstorf* und *Prisannewitz* - BAB-km 104,570
(Landkreis Rostock)

ASB-Nr. : 1939:524

Registrier Nr. : 41076-2

Geotechnische
Kategorie : 2

Neubrandenburg, den 05.05.2025

21. Veranlassung

Im Zuge des fortschreitenden Planungsprozesses ergab sich (u.a. auf Grund standörtlicher Gegebenheiten _ hier: Umfang Erdarbeiten in den Widerlagerbereichen) die Notwendigkeit einer Modifikation der Gründung des Mehrfeldbauwerkes.

Nach dem aktuellen Planungsstand ist vorgesehen, dass das - als durchlaufender Stahlverbundquerschnitt konzipierte - Brückenbauwerk wie folgt gegründet wird:

Achse **10** – WL West → **tief** mit Großbohrpfählen (DN 1.200 mm)

Achse **20** – Mittelstütze → **flach** (auf Baugrundersatz aus Magerbeton)

Achse **30** – WL Ost → **tief** mit Großbohrpfählen (DN 1.200 mm)

Der Lastabtragsbereich wird in jedem Fall (genesebedingt) durch **anstehenden Geschiebemergel** in mindestens *steifer Zustandsform* dominiert.

Die Dimensionierung der Flachgründung in Achse 20 (Mittelstütze) sowie des erforderlichen Baugrubenverbaues erfolgt dabei auf Grundlage der Angaben im objektbezogenen Geotechnischen Bericht vom 22.06.2023 (Reg.-Nr.: 41076).

Die Grundlagen für die Bemessung der Tiefgründungen in den Achsen 10 + 30 werden in dieser 1. Ergänzung zum o.g. Geotechnischen Bericht dokumentiert.

22. Tiefgründung

22.1 Allgemeines

Ausgehend von den örtlichen Gegebenheiten und unter Berücksichtigung des Bauvorhabens bzw. objektiver Randbedingungen ist für das geplante **Brückenbauwerk** aus baugrundtechnischer Sicht die angedachte Kombination von

Flachgründung (Mittelstütze)

und

Tiefgründung (Widerlager)

möglich und zweckmäßig.

Dabei kann am Standort des Ingenieurbauwerkes ein Lastabtrag in den Widerlagerbereichen mittels

(Groß-)Bohrpfählen

(mit Bodenentnahme) zur Anwendung kommen.

Der Einsatz von (gebohrten / gerammten) **Verdrängungspfählen** sollte aus baugrundtechnischer Sicht nicht in Betracht gezogen werden, da der Standort durch Profilbereiche mit einem gehäuftem Auftreten von **Hindernissen** bzw. eine **hohe Baugrundfestigkeit** im Einbindebereich gekennzeichnet ist.

Durch den Einsatz einer Tiefgründung in den Widerlagerbereichen wird eine wesentliche Reduzierung des Umfangs erforderlicher Erdarbeiten (u.a. Aushubsohle für Fundamentherstellung) bedingt.

22.2 Gründungsart und Bemessungskennwerte

Ausgehend von den örtlichen Gegebenheiten und unter Berücksichtigung des Bauvorhabens bzw. objektiver Randbedingungen, ist für das geplante Ingenieurbauwerk aus baugrundtechnischer Sicht in den **Widerlagerbereichen** ein

Lastabtrag in den Untergrund

möglich und zweckmäßig.

Zur Gewährleistung eines bauwerksverträglichen Setzungsverhaltens müssen die Pfähle ausreichend in (eine für eine Tiefgründung) **tragfähige Bodenschichten** einbinden, wobei nach den vorliegenden Erkundungsergebnissen entsprechende Böden **ab Fundamentunterkante** bei

rd. **43,4 m NHN**

zu erwarten sind.

☐ **Bei der Planung und Herstellung der Tiefgründung, sind die einschlägigen gültigen Vorschriften (z.B. DIN 1054, DIN EN 1536, DIN 4014, EA Pfähle u.a.) zu berücksichtigen !**

Die Pfahltragfähigkeit wird wesentlich durch den Pfahldurchmesser bestimmt, wobei für eine Bemessung von Bohrpfählen die nachfolgenden Kennwerte für die kennzeichnenden Bau-
grundsichten angegeben werden.

→ Bruchwert der Pfahlmantelreibung	$q_{s,k} = 0,055 \text{ MN/m}^2$	
→ Pfahlspitzendruck	$q_{b,k} = 1,55 \text{ MN/m}^2$	bei $s/D_s = 0,10$
	$q_{b,k} = 0,70 \text{ MN/m}^2$	bei $s/D_s = 0,03$
	$q_{b,k} = 0,55 \text{ MN/m}^2$	bei $s/D_s = 0,02$

⇒ Die angegebenen Pfahlbemessungskennwerte wurden auf der Grundlage der direkten Bodenaufschlüsse unter Berücksichtigung entsprechender Laborergebnisse und der indirekten Bodenaufschlüsse ermittelt.

22.3 *Pfahltragfähigkeit und Setzungen*

Die **Bemessungswerte** der (vertikalen) **Pfahlwiderstände** (R_d) von gebohrten Pfählen ergeben sich aus der Summe (Gesamtpfahlwiderstand – R_k) der, bei Beachtung der lokalen Baugrundsichtung unter Ansatz der o.g. Kennwerte ermittelten, *charakteristischen Pfahlfuß-* ($R_{b,k}$) bzw. *Pfahlmantelwiderstände* ($R_{s,k}$) mit

$$R_d = (R_{b,k} + R_{s,k}) / \gamma$$

dabei sind die Teilsicherheitswerte nach **DIN 1054** in Ansatz zu bringen.

Es ist aber darauf zu achten, dass die charakteristischen **Einwirkungen** (F_k) oder **Beanspruchungen** (E_k) auf die Pfähle mit den Teilsicherheitsbeiwerten γ in Bemessungswerte umzurechnen sind.

Bei Betrachtungen nach **EC 7** ergibt sich der charakteristische Pfahlwiderstand im Grenzzustand der Tragfähigkeit (ULS) mit

$$R_{c,k} \text{ (ULS)} \sim R_k$$

(dabei ist R_c = Druckpfahlwiderstand im Grenzzustand der Tragfähigkeit !).

Nach den Kenntnissen zur Genese des Untersuchungsgebietes, den vorliegenden Erkundungsergebnissen und Erfahrungen von anderen Bauvorhaben unter ähnlichen Baugrundverhältnissen kann mit einem **verrohrt hergestellten**

Großbohrpfahl

n. DIN 1536

(Schaftdurchmesser: $d \geq 120 \text{ cm}$)

bei Zugrundelegung der o.g. Pfahlparameter eine maximale (äußere) vertikale **Druckbelastung des Einzelpfahles** (im Grenzzustand der Tragfähigkeit – GZ 1 / DIN 1054 bzw. GEO-2 / EC 7) von

$$R_{k(Sg)} = R_{c,k} \approx 4,9 \text{ MN}$$

(siehe Bemessungsprotokoll in Anlage / 21 /) sicher in den Untergrund abgetragen werden.

Bei unterschiedlichen Pfahlabsetztiefen ist zwischen den Pfahlspitzen benachbarter Pfähle eine Abtreppung $\beta < 30^\circ$ (Pfahlachse zu Pfahlachse) einzuhalten.

Die horizontale und vertikale Gruppenwirkung der Pfähle ist entsprechend - unter Anwendung der EA-Pfähle - zu überprüfen und durch Berücksichtigung von entsprechenden Abminderungsfaktoren in Ansatz zu bringen.

Werden zum Abtrag von Horizontalkräften **Schrägpfähle** erforderlich, sollten diese mit einer maximalen **Neigung** von **10 : 1** (nach Möglichkeit steiler !) realisiert werden.

Dabei ist zu überprüfen, inwieweit es bei den geneigten Pfählen zu einer Überschneidung mit einem erforderlichen Baugrubenverbau kommt, was u.U. eine Vergrößerung der Baugrube bedingen kann.

Bei **sachgerechter Pfahlherstellung** sind unter Berücksichtigung o.g. Pfahlabsetzebene bei einem aus der Grenztragfähigkeit für den Einzelpfahl (*charakteristischer Pfahlwiderstand im GZ 1 – $R_{1,k}$ bzw. GEO-2 / EC 7 – $R_{c,k}$*) von $R_{1,k} / R_{c,k} \leq \sim 4,9 \text{ MN}$ durch normgerechte Berücksichtigung erforderlicher Sicherheitsbeiwerte (nach DIN 1054) ermittelten **Bemessungswert** im Grenzzustand der Tragfähigkeit *wahrscheinliche* Setzungen des Einzel-(druck-)pfahls von ca. 2 ... 3 cm nicht auszuschließen.

Da diese Setzungen (im Bereich der bindigen Böden) zeitlich versetzt nach Pfahlherstellung / Lasteintrag eintreten, sollten bei der Dimensionierung der Gründung *wahrscheinliche Setzungen* von

$$s_w (R_{1,d}) < 15 \dots 25 \text{ mm}$$

berücksichtigt werden.

Zwischen den Auflagerpunkten Achsen 10 / 20 bzw. Achsen 20 / 30 können (auch auf Grund wechselnder Gründungssysteme / Baugrundverhältnisse im Lastabtragsbereich) bei sachgerechter Pfahlherstellung / Flachgründung mit Baugrundersatz Setzungsdifferenzen von

$$\Delta s \leq 1 \dots 3 \text{ cm}$$

auftreten.

Dieses ist entsprechend in der Überbaustatik zu berücksichtigen bzw. durch einen der Bauwerkserrichtung nachlaufenden Setzungsausgleich mittels eines **Futterplattenmanagement** im Bereich der Mittelstütze auf den in der Statik angesetzten Betrag zu begrenzen.

22.4 *Hinweise zur Tiefgründung*

Unter Berücksichtigung vorliegender Ergebnisse bzw. Erfahrungen von vergleichbaren Baugrundverhältnissen kann die (durchmesserabhängige) **horizontale Pfahlbettung** mit

$$k_s = E_s / d$$

ermittelt werden.

Dabei ist die achsebezogene lokale Baugrundsichtung nach Tabelle 15 + 17 des o.g. Geotechnischen Berichtes (Reg.-Nr.: 41076) zu berücksichtigen.

- ⇒ Die horizontale Bettung ist mit einer dreieck- bzw. trapezförmigen Verteilung anzusetzen, wobei der Betrag des Erdwiderstandes nicht überschritten werden darf und der (lineare) Anstieg auf den schichtbezogen angegebenen Betrag an der jeweiligen Schichtoberkante über eine Tiefe von 2 m erfolgen sollte.

Danach verläuft die Bettung bis zur Schichtunterkante vertikal mit dem o.g. Betrag.

22.5 Allgemeines zur Pfahlherstellung

Bei der Planung / Ausführung der Bohrpfahlarbeiten sind die **standörtlichen hydrologischen Verhältnisse** und die Eigenschaft der lokal - als Zwischenmittel - anstehenden (wassergesättigten) schluffigen Sande bei Anschnitt zu Fließen (Achtung – Treibsand !) zu **berücksichtigen**.

Deshalb sind die Bohrarbeiten **in jedem Fall** mit um mind. **0,5 × Bohrpfahldurchmesser** (mindestens aber **0,5 m**) **vorausseilendem Bohrrrohr** und entsprechender - dauerhaft zu gewährleistender !! - **Wasserauflast** (dauerhaft - auch beim Verlassens der Rohrtour durch den Bohreimer ! - bis **min. 44 m NHN** !!) durchzuführen !

⇒ **Dieser Sachverhalt erfordert eine sehr große Sorgfalt bei der Pfahlherstellung** (u.a. Wasserauflast, vorausseilende Verrohrung !), **da andernfalls ein unkontrollierter Bodeneintritt in das Bohrrrohr zu unzulässigen Auflockerungen im Bereich des den Pfahl umgebenden Bodens führt.**

Diese Gefügestörung bedingt erfahrungsgemäß eine drastische Abnahme der Tragfähigkeit und Fehlstellen im Pfahlquerschnitt !

Unter Berücksichtigung der vorliegenden Erkundungsergebnisse, der geologischen Entstehung bzw. anthropogenen Beeinflussung des Gebietes bzw. nach Erfahrungen von anderen Vorhaben aus dem nahen Untersuchungsgebiet ist das Vorkommen von (baubehindernden ?) Steinen bzw. Geschiebefrachten nicht auszuschließen.

Zur Durchdringung dichter (Sand-)Zwischenschichten bzw. Hindernisbeseitigung sollten - außerhalb des bemessungswirksamen Einbindebereiches - in jedem Fall **Einbringhilfen** – z.B. *Lockerungsbohrungen* (ohne Erdstoffförderung !) eingeplant und entsprechend in der Ausschreibung berücksichtigt werden.

Bei den Bohrungen für die Pfahlherstellung werden profilbestimmend (im potentiellen Einbindebereich) gemischtkörnige Böden (als Sande mit wechselndem Schluffgehalt) durchteuft, was erfahrungsgemäß zu einer (wesentlichen) **Schwebstoffanreicherung** des Wassers im Bohrloch führt !

Diese Schwebstoffe können im Zuge der Pfahlbetonage bei entsprechender Kornzusammensetzung und Betonierzeit zu Ablagerungen auf der Betonsäule (Betonieren im Kontraktorverfahren) und **Einschlüssen im späteren Pfahlbeton** führen.

Erst nach Beendigung des Sedimentationsvorganges und Räumung der Bohrpfahlsohle (ggfls. mehrmaliger Sedimentations- und Räumvorgang) darf mit der Bohrpfahlbetonage begonnen werden.

Alternativ kann die Sedimentationsproblematik bei der geplanten Pfahlherstellung durch den **Austausch** des schwebstoffbehangenen **Bohrlochwassers** gegen sauberes Wasser, Räumung der Bohrlochsohle und anschließende Pfahlbetonage gelöst werden.

- ⇒ **Auf diesen Sachverhalt** (gegenüber reinen Sanden stark verlängerte Absetzzeiten, mehrmaliges Räumen der Bohrlochsohle oder Austausch des schwebstoffbehangenen Bohrlochwassers) **ist in jedem Fall in der Ausschreibung hinzuweisen !!**

22.6 *Sonstiges*

- ⇒ Während der Bohrarbeiten sind durch den AN (tiefergestaffelt) repräsentative Bodenproben aus dem geförderten Bohrgut zu entnehmen und vorzuhalten.

Durch einen geotechnischen Sachverständigen ist die am Pfahlstandort aufgeschlossene lokale **Baugrundsichtung** zu **überprüfen**, um die bemessungswirksam berücksichtigte Baugrundsichtung zu bestätigen.

- ⇒ Bei **Anwendung** der o.g. **Kennwerte** bzw. **Bemessungsgrenzen** (Pfahllänge / Belastung) für die Herstellung von verrohrten Bohrpfählen, kann auf die Durchführung von *standortbezogenen* statischen **Pfahlprobelastungen** **verzichtet** werden.

Durch den Auftragnehmer ist vor Beginn der Arbeiten in jedem Fall die Erreichbarkeit der o.g. Tragfähigkeiten durch Ergebnisse von Probelastungen unter vergleichbaren Verhältnissen zu belegen.

Bei Abweichung von den dokumentierten Bemessungsgrundlagen (z.B. bei höherem Lastabtrag bzw. längeren Pfählen), ist vor Beginn der Gründungsarbeiten in jedem Fall eine statische Pfahlprobelastung auszuführen.

(⇒ Als Probe- bzw. Reaktionspfähle dürfen dabei keine Bauwerkspfähle genutzt werden.)

Bei der Instrumentierung des Probepfahles sollten dann auf Grund der ermittelten Baugrundsichtung **erhöhte Anforderungen** (siehe EA – Pfähle (2. Auflage) / **Pkt. 9.2.2.4 b**) zu Grunde gelegt werden !

- ⇒ Die **Integrität** / ordnungsgemäße Herstellung aller Bohrpfähle sollte in jedem Fall durch entsprechende Messungen dokumentiert werden (Low-Strain-Prüfung + CSL-Prüfung), was entsprechend in der Ausschreibung und Bauvorbereitung (u.a. Ausstattung der Bewehrungskörbe mit entsprechenden Messrohren für CSL-Prüfungen) zu beachten ist.

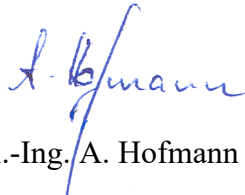
Entsprechend dem **Baufortschritt** bzw. der Änderung des Belastungsregimes müssen in jedem Fall **Setzungsmessungen** an den aufgehenden Bauwerksteilen erfolgen und dem Tragwerksplaner zur Beurteilung der Bauwerksverträglichkeit vorgelegt werden.

Alle Aussagen für die Widerlager - Achsen 10 + 30 gelten für die objektbezogen ausgeführten punktuellen Bodenaufschlüsse sowie Laboruntersuchungen und deren Ergebnisse.

Alle nicht genannten Aussagen - z.B. für Achse 20 - aus dem Geotechnischen Bericht _ Reg.-Nr.: 41076 (22.06.2023) sind weiterhin vollumfänglich gültig.

Geringe Abweichungen zwischen den Bodenaufschlüssen können auf Grund der geologischen Entstehung bzw. der anthropogenen Beeinflussung des Gebietes im Rahmen des Baugrundrestrisikos nicht vollständig ausgeschlossen werden.

Für Rückfragen bzw. ergänzende Hinweise im Zuge der weiteren Planung stehen wir dem Bauherrn beratend zur Verfügung !


Dipl.-Ing. A. Hofmann



Anlage:

Anlagen

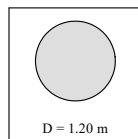
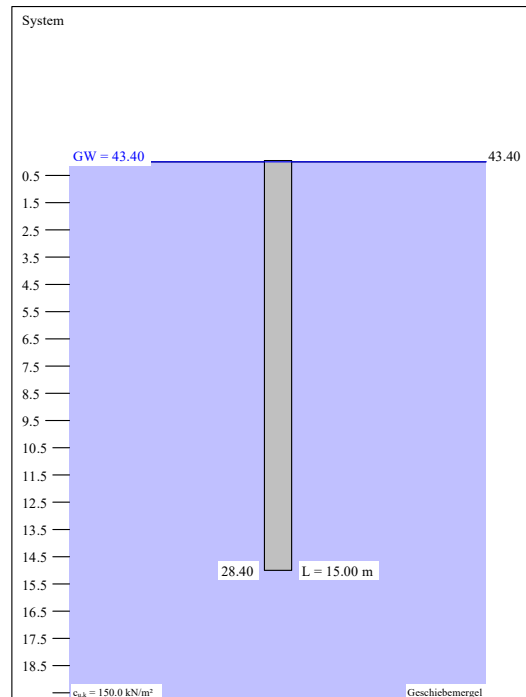
Ermittlung Pfahlwiderstände

GGU-AXPILE / Version 7.24 / 20.03.2024 Grundwasser = 43.40 m NHN
Berechnungsgrundlagen $\gamma_p = 1.40$
Norm: EC 7 $\gamma_G = 1.35$
Bohrpfahl $\gamma_Q = 1.50$
Verhältniswert (min, max) = 0.00
Interpolation Mantelreibung:
bei $q_c < 7.5 \text{ MN/m}^2$ aktiviert
bei $c_{u,k} < 60 \text{ kN/m}^2$ aktiviert
Pfahllänge = 15.00 m

Widerlager West und Ost

Ergebnisse
Pfahldurchmesser = 1.200 m
Pfahllänge = 15.00 m
Pfahlspitzenwiderstand:
 $c_{u,km} = 150.000 \text{ kN/m}^2$
gemittelt von 29.60 bis 24.80 m
 $\sigma_{02} = 0.550 \text{ MN/m}^2$
 $\sigma_{03} = 0.700 \text{ MN/m}^2$
 $\sigma_{10} = 1.550 \text{ MN/m}^2$
Fläche $A_b = 1.131 \text{ m}^2$
Mantelfläche $A_s = 3.770 \text{ m}^2/\text{m}$

 $s_{95} = 2.055 \text{ cm}$:
 $R_{s,k(s)} = 3110.2 \text{ kN}$
 $R_{b,k(s)} = 532.6 \text{ kN}$
 $R_{k(s)} = 3642.8 \text{ kN}$
 $s_{020} = 2.400 \text{ cm}$:
 $R_{s,k(s)} = 3110.2 \text{ kN}$
 $R_{b,k(s)} = 622.0 \text{ kN}$
 $R_{k(s)} = 3732.2 \text{ kN}$
 $s_{030} = 3.600 \text{ cm}$:
 $R_{s,k(s)} = 3110.2 \text{ kN}$
 $R_{b,k(s)} = 791.7 \text{ kN}$
 $R_{k(s)} = 3901.9 \text{ kN}$
 $s_{10} = 12.000 \text{ cm}$:
 $R_{s,k(s)} = 3110.2 \text{ kN}$
 $R_{b,k(s)} = 1753.0 \text{ kN}$
 $R_{k(s)} = 4863.2 \text{ kN}$



Boden	Tiefe [m NHN]	q_c [MN/m²]	$c_{u,k}$ [kN/m²]	$q_{b,k02}$ [MN/m²]	$q_{b,k03}$ [MN/m²]	$q_{b,k10}$ [MN/m²]	$q_{s,k}$ [MN/m²]	Bezeichnung
	20.00	0.0	150.0	0.550	0.700	1.550	0.0550	Geschiebemergel
OK Gelände = 43.40 m NHN								

