Dipl.-Ing. Karl Umpfenbach
Beratender Ingenieur für Geotechnik
Ginsterweg 6 · 48155 Münster
Ruf 0251 / 314515 Fax 0251 / 315587

Anhang 2
zu
Bearb.-Nr. 23-1960

Stadt Münster / Amt für Mobilität und Tiefbau

Neubau Organismenaufstieg an der Werse in Sudmühle

Bautechnische Hinweise zum Organismenaufstieg und zur Brückengründung

1. Hinweise zum Bau des Organismenaufstieges

Alle anstehenden Böden sind ohne Anlegung von Baustraßen, Baggermatratzen und ä. nicht mit schweren Geräten befahrbar.

Nach derzeitigen Planungen liegt die Aushubsohle im Bereich der Riegel unter Einbeziehung einer bis zu 0,60 m dicken Tragschicht aus bruchgesprengtem Felsmaterial 0-300/500 etwa 2,0-3,5 m tief unter Geländeniveau (s. rot gestrichelte Linie in den Bodenprofilschnitten). Im Bereich der Schlitze ist der Aushub noch weitere 0,60 m tiefer vorgesehen. Die Sohle der Becken zwischen den Riegeln ist nach Auskunft des Planungsbüros höhenmäßig geringfügig unterhalb der Sohle der Schlitze geplant, deren Tiefe mit der braunen Linie im Bodenprofil gekennzeichnet ist.

Das Grundwasser steht je nach Jahreszeit und Hochwassereinflüssen etwa zwischen Geländeniveau und 1,50 m Tiefe an. Für den Einbau der Steinschüttung und der Riegelbefestigung muss das Grundwasser abgesenkt werden.

Bei der heterogenen Bodenschichtung mit stark wechselnden Durchlässigkeiten dürfte sich eine Entwässerung u.E. am besten mit eingefrästen Horizontaldränagen unter Vakuumbeaufschlagung ausführen lassen. Diese sind möglichst parallel zu den Riegeln anzuordnen. In Längsrichtung zum Organismenaufstieg kann es möglicherweise zu schädlichen Durchströmungen des Untergrundes vom Ober- zum Unterwasser der Werse kommen (Bildung von Erosionen).

Seitens der Bauleitung wird angeregt, zur Vermeidung von geschlossenen Wasserhaltungsmaßnahmen in einem ersten Arbeitsschritt einen Entwässerungsgraben anzulegen. Zur Vermeidung von unkontrolliertem Bodenfließen empfiehlt sich dann eine Stabilisierung der Grabenflanken durch Schotterkeile. Ein solcher Graben wäre bevorzugt mittig in künftiger Gewässerachse anzulegen. Zu bedenken wäre, dass dadurch eine Behinderung für den Baustellenverkehr resultiert. Es wären dann bedarfsweise Querungsmöglichkeiten zu schaffen.

Generell wird der Verzicht auf geschlossene Wasserhaltungsmaßnahmen am ehesten in Zeiten niedriger Grundwasserstände und in Bereichen mit tiefgründig anstehenden tonigen Schluffen denkbar sein. Durch die Vakuumbeaufschlagung erfahren die geringtragfähigen Böden eine Stabilisierung. Dementsprechend ist bei offenen Wasserhaltungsmaßnahmen verstärkt mit Verschlammungen und mangelhafter Begeh- und Befahrbarkeit zu rechnen. Auch kann der Bodenaushub gegebenenfalls nicht direkt transportfähig sein. Sofern zunächst versucht werden soll, in offener Wasserhaltung zu arbeiten, sollten in Ausschreibung und Kostenberechnung Massen für optional zu setzende Vakuumfilter inkl. Behinderung durch die Leitungsführungen im Baufeld aufgenommen werden. Erforderlich wären geschlossene Wasserhaltungen

insbesondere im Fall von Sohlaufbrüchen (Quellenbildungen mit Sandkegelbildung). Derartige Stellen sollten bis zur Entwässerung umgehend wieder zugeschüttet werden. Durch Sohlaufbrüche kommt es ansonsten zu Bodenauflockerungen mit weiterer Tragfähigkeitsverschlechterung gegenüber den sowieso schon ungünstigen Tragfähigkeitsverhältnissen. Dies sollte mit Blick auf die Lagestabilität der Riegelsteine unbedingt vermieden werden.

Trotz einer geschlossenen Grundwasserabsenkung dürfte ein Großteil der teilweise schwer zu entwässernden Böden weiterhin bei dynamischen Einflüssen bewegungsempfindlich bleiben und zu Aufweichungen neigen bzw. die weiche Konsistenz weiterhin beibehalten. Erdarbeiten sind daher nur mit vor Kopf arbeitenden Baggergeräten möglichst von einer höheren Zwischenebene möglich. Auch dafür dürften Baggermatratzen, Schotterlagen (gegebenenfalls mit geotextiler Bewehrungsunterlage) und ähnliche Sicherungsmaßnahmen erforderlich werden.

Eine Verdichtung der Steinschüttung ist bei dem vorgesehenen Material (Größtkorn bis zu 30-50 cm) nicht möglich. Gröbere Steine können mit der Zeit in den weichen Untergrund absinken, die schweren Riegelsteine erfahren Lageveränderungen.

Zur Verhinderung eines lokalen Durchbrechens größerer Steine könnte ein Geotextil der GRK 4 mit bewehrender und trennender Wirkung eingebaut werden. Unter Berücksichtigung einer ausreichend druckverteilenden Tragschicht unter den schweren Riegelsteinen sowie deren seitlichen Stützsteinen müsste die Baugrubenbreite einschließlich dem bruchgesprengten Material mind. etwa 3,0-3,5 m sein. Geotextile weisen meist eine Breite von ca. 5 m auf, so dass die Enden eingeschlagen werden können und so die Tragwirkung erhöhen.

Im Bereich der Schlitze sollte geprüft werden, ob sich die Gründungstiefe verringern lässt, so dass das Geotextil mit einer kleinen Senke durchgehend verlegt werden kann. Auf einer dünnen steinigen Schotterlage könnten dann weniger hohe Steinquader auf einer Betonschicht verlegt werden.

Für den höher liegenden Bereich (Becken) zwischen den Riegeln ist bisher offenbar keine Sohlbefestigung vorgesehen. Um zumindest bei der Herstellung der Riegel eine Begehbarkeit bzw. Befahrbarkeit mit leichten Raupengeräten sicherzustellen, empfehlen wir, eine etwa 25-30 cm dicke Schotterschicht aufzubringen, die auch eventuelle Erosionen von anstehenden Schluff-Sand-Gemischen verhindern kann. Außerdem würde sie die gewünschten Anforderungen an ein Raugerinne zumindest teilweise erfüllen. Eine besondere Verdichtung des steinigen Schotters ist offenbar nicht erforderlich, wie Nachfragen beim Planungsbüro ergeben haben (nur andrücken mit dem Baggerlöffel).

Kurzzeitige Böschungen sind der jeweiligen Höhe und den anstehenden Bodenarten anzupassen. Bei entwässerten Böden dürften vorübergehend Abböschungen unter etwa 40°-55° möglich sein.

Dauerhafte Böschungen sind in der Regel unter 1:3 standsicher, wenn sie gegen Oberflächenerosionen geschützt sind.

Der eventuelle Wiedereinbau von Aushubböden ist nur möglich, wenn diese nach Zwischenlagerung abtrocknen können. Voraussichtlich sind keine höheren Verdichtungswerte zu erwarten.

In Anschlussbereichen an das Flussbett der Werse (Riegel R1 und R 44) sind bisherigen Angaben zufolge Vorschüttungen geplant. Zumindest beim Einbau des unteren Riegels R1 werden stärker wasserführende schwach schluffige Sande angeschnitten. U.E. werden sich hier Ausschachtungen ohne Einbau einer Spundwand nicht realisieren lassen. Grundsätzlich empfiehlt es sich, für diese Anschlussarbeiten Niedrigwasserstände der Werse zu nutzen (u.U. mit Steuerung der nächst liegenden Wehre).

Vorteilhaft in Bezug auf die Vermeidung von Vorschütt- oder Abspundungsarbeiten in den Anschlussbereichen zur Werse wäre es, wenn die Fischtreppe so geplant werden kann, dass die Riegel erst hinter einem zunächst belassenem natürlichem Erdkörper beginnen, also nicht direkt am Werseufer.

Für den zu **verfüllenden Altverlauf der Werse** liegen uns keine genauen Sohltiefen vor. Ein uns aus einer früheren Baugrunduntersuchung vorliegendes Querprofil im Bereich eines eingebrachten Stromkabels unter der Werse zeigt eine max. Tiefe von 41,00 m ü.NN an. Im Übergang zur Befestigung der Wehranlage ist eine Höhe von 42,10 angegeben. Die neue Sohlhöhe der Flutmulde wird mit 44,50 zu Beginn und 44,00 beim ehemaligen Wehr angegeben.

Für die Verfüllung des Altverlaufs müsste zunächst ein Absperrdamm errichtet werden. Das Schüttmaterial müsste mit dem Baggerlöffel ins Wasser eingebracht und sukzessive unter Wasser angedrückt werden, um eine einigermaßen homogene Masse zu erzielen. Als Schüttboden eignen sich u.E. die anfallenden Tone (TL-TM) besser als die mehr sandigen Schluffsandgemische, die unter Wasser schnell in einen breiigen bis flüssigen Zustand überwechseln. Entsprechend wären hinreichende Mengen Tonböden beim Aushub zu separieren und gesondert zwischenzulagern. Alternativ zu einem Erddamm könnte über das Einbringen einer Spundwand nachgedacht werden.

Nach Umleitung der Werse in ihren neuen Lauf kann das Wasser im alten Teil abgepumpt werden, so dass der Schüttboden meist im Trockenen eingebaut und zumindest mit Raupenfahrzeugen etwas verdichtet werden kann, so dass sich nachträgliche Setzungen des Füllbodens in Grenzen halten.

Inwieweit es üblich ist, vorab mögliche breiige Schlammablagerungen zu entfernen, können wir nicht beurteilen. Dabei wäre gegebenenfalls zu berücksichtigen, dass der anfallende Schlamm aufwendig zu entsorgen ist und zudem bei Anschnitt örtlich sandiger Böden unerwünschtes Bodenfließen eintreten kann. Auch wird sich bei der tiefen Lage der Flusssohle das Wasser nicht vollständig absenken lassen, so dass neuer Füllboden nicht verdichtet werden kann.

Wir sind daher der Meinung, dass man spätere Setzungen aus einer eventuellen Schlammschicht sowie aus den Sackungen weniger verdichteter Schüttböden (aufgrund des meist zu hohen Wassergehaltes) in Kauf nehmen kann. Die neue flache Mulde lässt sich später gegebenenfalls noch höhenmäßig etwas angleichen.

8. Gründung Brücke

Bei den anstehenden weichen Böden muss bei einer Flachgründung der Brückenfundamente mit höheren, länger andauernden Setzungen und Verkantungen gerechnet werden. Diese sind bei Böden der anstehenden Art rechnerisch nicht mit der nötigen Sicherheit abschätzbar bzw. auch nicht mehr vertretbar.

Wir empfehlen daher auch aus wirtschaftlichen Gründen eine Tiefgründung der Brücke mittels Rammpfählen. Unter Berücksichtigung, dass die abzutragenden Lasten der Brücke relativ gering sind und die Zuwegung beengt ist, bieten sich Stahlrohr- oder Duktilpfähle an, die die Lasten über Spitzendruck in den harten Mergelstein abtragen. Die Rammarbeiten können erschütterungsarm mit relativ kleinen Geräten erfolgen. Geräte zur Erstellung einer prinzipiell auch möglichen Bohrpfahlgründung sind erheblich schwerer.

Hinsichtlich der Tragfähigkeit verwenden die Firmen Rammkriterien, die in Abhängigkeit der anstehenden Böden auf Probelastungen beruhen.

Bei bis in den harten Mergel gerammten Stahlrohrpfählen Ø 219 mm konnten im Bereich Münster Bruchwerte des Spitzendruckes von $q_{b,k}$ bis zu 10.000 kN/m² nachgewiesen werden. Der zusätzliche Ansatz einer Mantelreibung ist hier dabei nicht möglich. Der charakteristische Pfahlwiderstand R_k liegt damit bei 376 kN. Zur Ermittlung des Bemessungswertes des Pfahlwiderstands R_d ist R_k mit dem Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_t = 1{,}4$ abzumindern.

R_d ergibt sich dann zu 268 kN

Die auf dem harten Mergelstein abgesetzten Rammpfähle weisen nur geringe Setzungen von etwa 5 mm auf, so dass auf den Gebrauchstauglichkeitsnachweis verzichtet werden kann.

Zu beachten ist, dass die Tragfähigkeit auch von der Höhe der aufgebrachten Rammenergie abhängig ist. Die ausführenden Firmen verwenden allgemein entsprechende Rammkriterien.

Bei Duktilpfählen Ø 118 dürften sich ähnliche Pfahlwiderstände nachweisen lassen. Erfahrungen im Mergelgestein liegen dem Gutachter allerdings nicht vor. Bei Einhaltung der Rammkriterien ist allgemein bereits eine 2-fache Sicherheit vorhanden.

Beide Pfahlarten lassen sich flexibel den erzielten Rammtiefen anpassen. Horizontalkräfte müssen durch Schrägpfähle abgeleitet werden.

(gez. Umpfenbach)

Münster, den 29.11.2023