

Bundesanstalt für Wasserbau · Postfach 21 02 53 · 76152 Karlsruhe

WSA Weser-Jade-Nordsee
z. Hd. Hr. Seufzer
Franziuseck 5
28199 Bremen

Ansprechpartner/in:
Dr. Ingrid Holzwarth
Geschäftszeichen:

Telefon: +49 (0)40 81908-425
Telefax: +49 (0)40 81908-373
ingrid.holzwarth@baw.de
www.baw.de

Ihr Zeichen:

Datum: 02.06.2021

Ersatzneubau der Cäcilienbrücke Oldenburg – Stellungnahme zum Einfluss der durch den Neubau bedingten, veränderten Gewässerbreite auf die Strömungsgeschwindigkeit der Tidehunte

Sehr geehrter Herr Seufzer,

Von Ihnen erhielten wir am 11.03.2019 per Brief und aktualisiert am 18.03.2021 per Email die Anfrage zur Abschätzung und Bewertung des Einflusses der durch den mit dem Ersatzneubau der Cäcilienbrücke (CB) Oldenburg verbundenen, lokalen Änderung des Gewässerquerschnitts auf die Strömungsgeschwindigkeiten.

Folgende Unterlagen wurden uns von Ihnen übergeben und standen uns für eine Bewertung zur Verfügung:

- [1] Email: *Ersatz der Cäcilienbrücke Oldenburg - Stellungnahme zu den Auswirkungen auf die abiotischen Systemparameter des Küstenkanals und der Tidehunte -Besprechung WSA Bremen und WSA Bremerhaven mit der BAW am 09.01.2019 bzgl. der Arbeitsplanung 2019, WSA WJN, 11.03.2019*
- [2] Anlage zu [1]: *Ersatz der Cäcilienbrücke – Aktueller Planungsstand – Ausschuss für Stadtplanung und Bauen der Stadt Oldenburg am 15.03.2019*
- [3] Email: *Ersatz der Cäcilienbrücke Oldenburg, WSA WJN, 28.10.2020*
- [4] Anlage zu [3]: *Wesentliche Bauwerksdaten (Längsschnitt_Stand27.10.2020).pdf*
- [5] Email: *Ersatz der Cäcilienbrücke Oldenburg, WSA WJN, 28.03.2021*
- [6] Anlage 1 zu [5]: *20210318_Beantwortung der Fragen der BAW zur C-Brücke.pdf*
- [7] Peilpläne für den Bereich der CB für die Zeitpunkte 13.09.2010, 12.10.2017, 26.11.2019 und 20.08.2020.

Des Weiteren zogen wir zur Bewertung heran:

- [8] *Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch, Weser- und Emsgebiet 2015, NLWKN, Norden, 2018*
- [9] DGM-W 2012 bis 2015, dokumentiert in: *Airborne Laser-Scanner-Befliegungen der Unter- und Außenweser – 2012 bis 2015, ARGE inphoris GmbH – smile consult GmbH, 2014*

1. Veranlassung

Die CB Oldenburg wird aufgrund ihres schlechten Zustandes neu gebaut [1]. Die Planung sieht den Neubau auf dem Standort der alten Brücke vor [2], allerdings sind die Lager und der Unterbau der neuen Brücke verstärkt gegen Schiffsanfahrung zu schützen, sodass wasserseitig vor den vorhandenen Uferwänden zusätzliche Uferschutzwände geplant sind [1]. Dadurch verringert sich die Breite des Gewässerquerschnittes in Brückenachse von bisher 37,85 m auf 29,85 m [3], [4]. Der Einfluss der durch den Neubau der Brücke bedingten Einengung des Gewässerquerschnittes auf die Strömungsgeschwindigkeiten wird im Folgenden unter vereinfachenden Annahmen abgeschätzt.

2. Geometrische Betrachtung

Die geplante Maßnahme befindet sich zwischen km 0,8 und km 0,9 des Küstenkanals. Dieser Bereich des Küstenkanals liegt zwischen der Tidehunte und der Schleuse Oldenburg und ist somit durch die von der Weser über die Hunte einlaufende Tide beeinflusst. Die Breite des Küstenkanals verringert sich von der Schleuse Oldenburg in Richtung CB kommend stetig, bis der Kanal auf den letzten etwa 200 m stromauf der CB eine nahezu konstante Breite zwischen 35 m bis 36 m aufweist. Im Bereich der Brücke wird der Verlauf des Küstenkanals um wenige Meter in Richtung Nordosten versetzt, um anschließend stromab (in Richtung Weser) der CB gerade mit einer Breite von etwa 34 m in Richtung Tidehunte zu führen.

Um festzustellen, inwieweit der Neubau der CB den Fließquerschnitt beeinflusst, sind die maßgebenden, d.h. engsten, Fließquerschnitte vor und nach dem Neubau zu ermitteln. Dabei ist zu beachten, dass die Strömung aufgrund des Gewässerversatzes im Bereich der Brücke eine Ablenkung erfährt. Die Lage der maßgebenden Querschnitte ist daher abhängig vom Winkel der Strömungsablenkung.

2.1. Maßgebender, durchflossener Gewässerquerschnitt VOR dem Neubau (alt)

Für den Zustand vor dem Neubau lässt sich anhand von Ergebnissen eines hydrodynamisch-numerischen Modells der BAW der Winkel der Strömungsablenkung in Gewässermittle unter der Brücke abschätzen und so die Lage des zu betrachtenden Querschnitts in einem Winkel von etwa $84,5^\circ$ gegenüber der Gewässermittle bestimmen. Die zugehörige kleinste Gewässerbite im Bereich der CB im Zustand vor dem Neubau befindet sich damit etwa auf Höhe des Turms 4 und beträgt 34,5 m (siehe Abbildung 1). Die Lage der Gewässersohle in diesem Bereich beträgt laut technischer Zeichnungen in [6] -3,5 mNHN, auf den Peilplänen [7] sind für den Querschnitt mittlere Tiefen zwischen -3,6 und -4 mNHN verzeichnet.

2.2. Maßgebender, durchflossener Gewässerquerschnitt NACH dem Neubau (neu)

Die neuen Uferschutzwände werden nicht wie die bisherigen Uferwände senkrecht zur Brückenachse liegen, sondern verlaufen in einem kleineren Winkel zur Gewässerlängsachse, d.h. die neuen Uferschutzwände liegen paralleler zur Gewässerlängsachse als die bisherige Uferlinie. Daher wird die Strömungsablenkung nach dem Neubau nicht stärker ausfallen als vor dem Neubau. Die für den Zustand vor dem Neubau angesetzte Ablenkung der Strömung kann auf der sicheren Seite liegend auch für die Betrachtung des Zustandes nach dem Neubau verwendet werden. Für diesen Zustand liegt die zugehörige kleinste Gewässerbite direkt unter dem Brückenüberbau (siehe Abbildung 1) und beträgt 31,2 m. Den technischen Zeichnungen in [6] ist zu entnehmen, dass die Lage der Sohle nach dem Neubau - 4 mNHN betragen wird.

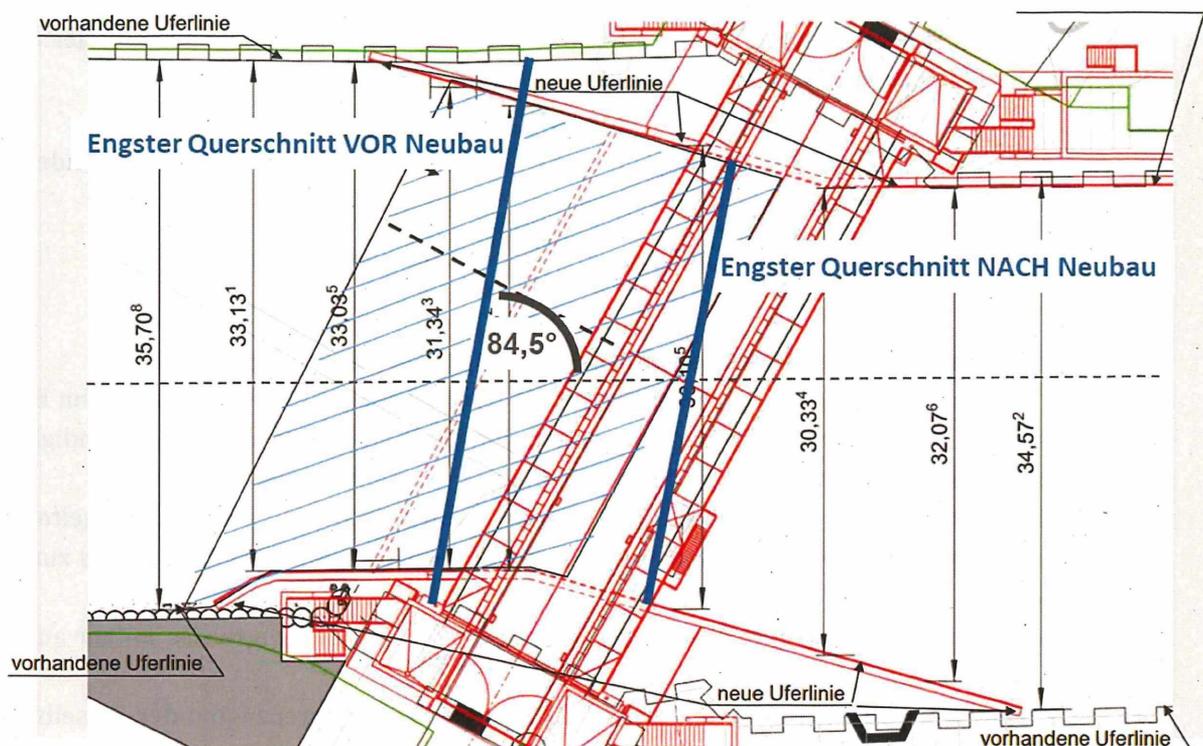


Abbildung 1: Skizze mit der Lage der entsprechend der Strömungsrichtung geneigten, engsten Querschnitte im Bereich der neuen Uferlinie für die beiden Zustände VOR und NACH Brückenneubau. Die hinterliegende Planzeichnung stammt aus [6].

3. Analyse der Hydrodynamik

Die am Pegel Oldenburg-Drielake geltenden langjährigen gewässerkundlichen Werte betragen - 0,54 mNHN für das mittlere Tideniedrigwasser (mTnw) und +2,20 mNHN für das mittlere Tidehochwasser (mThw), siehe [8]. Dieser Pegel liegt ca. 1,3 km stromab der CB. Informationen über Strömungsgeschwindigkeiten liegen für den Bereich der Maßnahme nicht vor. Die Daten des numerischen Modells, die unter 2.1 zur Bestimmung der Strömungsablenkung verwendet wurden, können für Betrachtungen der Magnituden der Strömung nur eingeschränkt verwendet werden, da das Modell für einen anderen Untersuchungsgegenstand aufgebaut wurde und die hydrodynamischen Größen (Wasserstände und Strömungsgeschwindigkeiten) für den Bereich der Cäcilienbrücke nicht validiert sind. Daher können auf Basis der vorhandenen Datengrundlage die durch den Neubau bedingten Änderungen der Strömungsgeschwindigkeit lediglich überschlägig abgeschätzt werden.

3.1. Bestimmung der relativen Änderung der Strömungsgeschwindigkeit

Die relative Änderung der Strömungsgeschwindigkeit wird basierend auf einem Mittelwert für den durchflossenen Querschnitt bestimmt. Dies erfolgt unter folgenden Annahmen, die für die Änderung der Strömung auf der sicheren Seite liegen, d.h. die Änderung nach oben abgeschätzt wird:

- (1) Der Wasserstand ändert sich durch den Brückenneubau nicht.
- (2) Der Winkel der Strömungsablenkung im Bereich der Brücke ändert sich durch den Neubau nicht.
- (3) Die Sohle liegt nach einem gewissen Zeitraum nach Neubau wieder auf der aktuellen Tiefe von ca. -3,6 mNHN, sodass der Querschnittsgewinn nach unten durch die beim Neubau vorgesehene Herstellung der Sohlentiefe auf -4 mNHN in den folgenden Überlegungen nicht angesetzt wird.

Des Weiteren wird angenommen, dass die Strömungsgeschwindigkeit nur im Nahfeld der Brücke durch den Neubau beeinflusst wird. Damit gilt: $Q_{CB,alt} = Q_{CB,neu}$

und $A_{CB,alt} * v_{CB,alt} = A_{CB,neu} * v_{CB,neu}$.

Die Änderung der Strömungsgeschwindigkeit ergibt sich damit bei Annahme gleichbleibender Sohlentiefe allein aus der Änderung der Breite:

$$v_{CB,neu} = \frac{B_{CB,alt}}{B_{CB,neu}} * v_{CB,alt} = \frac{34,5 \text{ m}}{31,2 \text{ m}} * v_{CB,alt} = 1,11 * v_{CB,alt}$$

3.2. Abschätzung der absoluten Änderung der Strömungsgeschwindigkeit

Aufgrund fehlender belastbarer Daten zur Magnitude der Strömungsgeschwindigkeiten im Bereich der CB lässt sich die absolute Änderung der querschnittsgemittelten Strömungsgeschwindigkeit lediglich überschlägig abschätzen. Dazu werden die folgenden Annahmen getroffen:

- (1) Die für den Pegel Oldenburg-Drielake bestimmten gewässerkundlichen Kennwerte gelten auch für den Bereich der CB und den gesamten stromauf gelegenen Gewässerbereich bis zur Tidegrenze.
- (2) Der Wasserspiegel ist im gesamten Gebiet stromauf der CB näherungsweise immer ausgeglichen.
- (3) Das Tidevolumen zwischen der stromauf der CB gelegenen Tidegrenze und der CB selbst passiert zwischen Thw und Tnw den Gewässerquerschnitt unter der Brücke.
- (4) Um Thw und Tnw gibt es jeweils eine 20minütige Kenterphase ohne Strömung.
- (5) Nach der Kenterphase um Thw nimmt der Durchfluss bis zur Kenterphase um Tnw stetig zu, der Oberwasserabfluss wird kontinuierlich abgeführt. Die höchsten Strömungsgeschwindigkeiten ergeben sich damit direkt vor der Kenterphase um Tnw.

Weiterhin werden folgende Werte angenommen:

- Gewässerfläche auf Niveau mTnw (maximal, ermittelt mithilfe [9]): $A = 84\,000 \text{ m}^2$
- $mTnw = -0,54 \text{ mNHN}$; $mThw = 2,2 \text{ mNHN}$
- Lage der Gewässersohle: $z = -3,6 \text{ mNHN}$
- Breite des durchflossenen Querschnitts: $B = 34,5 \text{ m}$
- Zeitfenster der Strömung zwischen Thw und Tnw: $t = (6\text{h}12\text{min}) - (20\text{min}) = 19920 \text{ s}$
- Mittlerer Oberwasserabfluss (MQ Colnrade + MG Oberlethe, siehe [8]): $Q = 11,5 \text{ m}^3/\text{s}$
- HQ100 (siehe [6]): $Q_{100} = 127,75 \text{ m}^3/\text{s}$

Mittlere Verhältnisse:

Mit diesen Annahmen lässt sich für eine Tide, deren Thw sowie Tnw mit dem langjährigen mTnw sowie mThw übereinstimmen, die höchste querschnittsgemittelte Strömungsgeschwindigkeit abschätzen¹:

$$v_{alt,max} = \frac{\left(\frac{2 * A * (mThw - mTnw)}{t} + Q\right)}{B * (|z| - |mTnw|)} = 0,328 \text{ m/s}$$

$$v_{neu,max} = 1,11 * 0,34 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 0,363 \text{ m/s}$$

$$\Delta(v_{max}) < 0,04 \text{ m/s}$$

¹ Der Faktor 2 in der Berechnung entsteht durch die Annahme der stetigen Zunahme der Strömungsgeschwindigkeit (anstatt der Annahme einer konstanten Geschwindigkeit während der gesamten Strömungsdauer).

Extreme Oberwasserverhältnisse:

Für den Fall eines aus dem Binnenland abzuführenden Hochwassers liegen die Absolutwerte der Strömung höher. Eine sehr konservative Abschätzung für eine obere Grenze der querschnittsgemittelten Strömungsgeschwindigkeit lässt sich für den Fall gleichbleibender Wasserstände bei einem hundertjährigen Oberwasserereignis ermitteln.

$$v_{alt,ma} = \frac{(2 * A * (mT_{hw} - mT_{nw}) + Q_{100})}{B * (|z| - |mT_{nw}|)} = 1,429 \text{ m/s}$$

$$v_{neu,max} = 1,11 * 1,445 \frac{m}{s} = 1,580 \text{ m/s}$$

$$\Delta(v_{max}) < 0,16 \text{ m/s}$$

4. Bewertung und Empfehlung

Im Zustand nach dem Neubau der CB erfahren die Strömungsgeschwindigkeiten eine Zunahme um höchstens 11% gegenüber dem Zustand vor dem Neubau.

Da keine belastbaren Daten zur Magnitude der Strömungsgeschwindigkeiten im Bereich der Maßnahme verfügbar sind, lassen sich lediglich überschlägig ermittelte und auf der sicheren Seite liegende Größenordnungen für die absolute Änderung angeben: die Zunahme der querschnittsgemittelten Strömungsgeschwindigkeit für mittlere Tide- und Oberwasserverhältnisse wird unter 0,04 m/s liegen, die Zunahme für extreme Oberwasserverhältnisse wird unter 0,16 m/s liegen. Der Wert für extreme Oberwasserverhältnisse ist sehr konservativ abgeschätzt, sodass für das rechnerisch einmal in 100 Jahren auftretende Oberwasserereignis deutlich geringere absolute Änderungen der Strömungsgeschwindigkeit zu erwarten sind.

Für den Fall, dass detailliertere Aussagen über die querschnittsgemittelten Änderungen, die räumliche Verteilung der Änderungen im Querschnitt oder die zeitliche Verteilung der Änderungen im gesamten Verlauf einer Tide benötigt werden, lassen sich diese Informationen mit einer wasserbaulichen Systemanalyse unter Zuhilfenahme hydrodynamisch-numerischer Modelle für die zu betrachtenden Zustände berechnen.

Es wird empfohlen, den Gewässerboden im Nahfeld der CB nach dem Neubau in regelmäßigen Abständen zu peilen und die Peildaten hinsichtlich möglicher sich entwickelnder Sohleintiefungen auszuwerten. Sollte es bei den Arbeiten zum Neubau ohnehin notwendig werden, den Sohlbereich zu verfüllen o.ä., sollte eine filter- und lagestabile Bewehrung der Gewässersohle verbaut werden.

Im Auftrag


(Dr. rer. nat. Ingrid Holzwarth)

Bearbeitung


(Dr. Gregor Melling)