

Hanse- und Universitätsstadt Rostock

Neubau Warnowbrücke in Rostock

PROJIS-Nr.:

Unterlage 19.4:
Fachbeitrag
Wasserrahmenrichtlinie

aufgestellt: Hanse- und Universitätsstadt Rostock Büro des Oberbürgermeisters Fachbereich BUGA Warnowufer 65 18057 Rostock gez. Renate Behrmann Rostock, den 19.07.2021	

Auftraggeber: **Hanse- und Universitätsstadt Rostock**
Vertreten durch:
Stabstelle Rostocker Oval / BUGA 2025
Neuer Markt 1
18055 Rostock

Vorhaben: **Neubau Warnowbrücke in Rostock**

Unterlage: **Fachbeitrag WRRL**

IL-Auftrags-Nr.: **2019-0500**

Rostock, 07.07.2021


Dipl.-Ing. Ch. Zadow

Inhaltsverzeichnis

1. Anlass und Aufgabenstellung	6
2. Rechtliche Grundlagen	6
3. Methodik	8
4. Vorhabenbeschreibung	9
4.1. Das Brückenbauwerk	10
4.2. Entwässerung der landseitigen Straßenanbindungen.....	12
4.3. Schwimmbaggerarbeiten.....	14
4.4. Verlegung des Schwimmstegs	15
5. Identifizierung der vom Vorhaben betroffenen Wasserkörper	17
5.1. Oberflächenwasserkörper	17
5.2. Grundwasserkörper	18
6. Zustandsbeschreibung und Bewirtschaftungsziele der WK	19
6.1. Datenquellen	19
6.2. Beschreibung des Oberflächenwasserkörper Unterwarnow (WP_05)	20
6.2.1. Typisierung.....	20
6.2.2. Zustandsbewertung.....	22
6.2.3. Bewertung nach dem aktuellen BWP	23
6.2.4. Ergänzende aktuelle Messergebnisse.....	24
6.2.5. Abschließende Bewertung.....	30
7. Beschreibung der Wirkungen des Vorhabens auf die betroffenen Wasserkörper	30
7.1. Baubedingte Wirkfaktoren	31
7.2. Anlagebedingte Wirkfaktoren	31
7.3. Betriebsbedingte Wirkfaktoren	32
8. Prognose und Bewertung der Wirkungen des Vorhabens auf die betroffenen Wasserkörper	32
8.1. Oberflächenwasserkörper Unterwarnow WP_05	32

8.1.1. Hydromorphologische QK	33
8.1.2. Flussgebietspezifischen Schadstoffe	34
8.1.3. Allgemeine physikalisch-chemische QK	35
8.1.4. Biologische QK	38
8.1.5. Chemischer Zustand	42
8.1.6. Entwicklungsmaßnahmen (Verbesserungsgebot)	43
9. Zusammenfassung.....	45
10. Quellenverzeichnis.....	46
10.1. Gesetze, Verordnungen und juristische Quellen	46
10.2. Literatur	46
10.3. Datenquellen	47

Anlage 1: INROS LACKNER SE: Neubau Warnowbrücke in Rostock, Gutachten zu den hydraulischen Auswirkungen. München 18.04.2021

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Übersichtskarte Brückenbauwerk	10
Abbildung 2:	Regelquerschnitt des Brückenbauwerks	11
Abbildung 3:	Entwässerungsplanung landseitige Anbindung Planstraße A.....	12
Abbildung 4:	Entwässerungsplanung landseitige Anbindung am Fährberg.....	13
Abbildung 5:	Nassbaggerfläche auf der Gehlsdorfer Uferseite	15
Abbildung 6:	Darstellung der Stegverlegung.....	16
Abbildung 7:	Oberflächengewässer im Bereich des Vorhabengebiets	17
Abbildung 8:	Grundwasserkörper in MV	18
Abbildung 9:	Räumliche Übersicht zum Wasserkörper „Unterwarnow“	21
Abbildung 10:	Auszug aus der Biotoptypenkartierung für das Vorhabengebiet	22
Abbildung 11:	Auswertung Messung Phytoplankton für den MP „Unterwarnow“.....	25
Abbildung 12:	Messstellenübersicht der Wasser- und Sedimentproben im Vorhaben- gebiet	26
Abbildung 13:	hydrodynamische Effekte eines umströmten Pfeilers	34
Abbildung 14:	Berechnungsmodell Verdünnungsrechnung	37
Abbildung 15:	Auszüge aus den Videosequenzen zur Biotopkartierung	39
Abbildung 16:	Auswertung Messung Phytoplankton für den MP „Unterwarnow“	40
Abbildung 17:	Auswertung Messung Phytoplankton für den MP „Unterwarnow“.....	41
Abbildung 18:	MarBIT-Teilindizes sowie der berechnete Gesamt-EQR für das Habitat Weichboden in der Unterwarnow im Juli 2020.....	42

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Oberflächengewässer mit Betroffenheit vom Vorhaben.....	18
Tabelle 2:	Messwerte für die Flussgebietsspezifischen Schadstoffe	27
Tabelle 3:	Messwerte für Gesamt-Phosphor und Gesamt-Stickstoff	28
Tabelle 4:	Messwerte zum chemischen Zustand.....	29
Tabelle 5:	Wirkfaktoren des Vorhabens mit potenziellen Auswirkungen auf die QK	30
Tabelle 6:	Potenzieller Wirkzusammenhang der Baumaßnahme bezogen auf die QK des WK WP_05	33
Tabelle 7:	Auswertung der Eluatproben im Bereich der Nassbaggerung hinsichtlich der Nährstoffkonzentration	35
Tabelle 8:	Schadstoffkonzentration in den Sedimentproben an der Baggerstelle und die abgeführte Schadstoffmenge	43

Abkürzungsverzeichnis

BaSt	Bundesanstalt für Straßenwesen
BVerwG	Bundesverwaltungsgericht
BWP	Bewirtschaftungsplan
EG	Europäische Gemeinschaft
EuGH	Europäischer Gerichtshof
FGE	Flussgebietseinheit(en)
GWK	Grundwasserkörper
GrwV	Grundwasserverordnung – <i>Verordnung zum Schutz des Grundwassers</i>
LAWA	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser
LWaG	<i>Landeswassergesetz – Wassergesetz des Landes Mecklenburg-Vorpommern</i>
OGewV	Oberflächengewässerverordnung – <i>Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer</i>
OWK	Oberflächenwasserkörper
QK	Qualitätskomponenten
RL	Richtlinie
UQN	Umweltqualitätsnorm
WHG	Wasserhaushaltsgesetz – <i>Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts</i>
WK	Wasserkörper
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie – <i>Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik</i>

1. Anlass und Aufgabenstellung

Die Hanse- und Universitätsstadt Rostock beabsichtigt im Rahmen der innerstädtischen Entwicklungen um die Unterwarnow im Bereich des sogenannten „Rostocker Ovals“ und als einen wesentlichen Baustein der Bundesgartenschau (BUGA) 2025 den Neubau einer Geh- und Radwegbrücke über die Warnow im Stadtzentrum von Rostock. Die Verbindung soll sich vom Stadthafen (Stadtteil Stadtmitte) über die Warnow in Richtung des nördlich gelegenen Stadtteils Gehlsdorf erstrecken. Der Stadthafen und das Gehlsdorfer Ufer werden aktuell räumlich durch die bis zu 560 m breite Warnow getrennt. Eine Führung der Fußgänger und Radfahrer entlang der bestehenden Wege um das aufgeweitete östliche Warnowgebiet herum ist sehr lang. Um beide Bereiche besser zu verknüpfen, entstand das Konzept, beide Ufer dauerhaft mit einer Brücke zu verbinden.

Das Vorhaben ist mit Eingriffen in das berichtspflichtige innere Küstengewässer Unterwarnow verbunden. Im Rahmen eines Fachbeitrages ist zu überprüfen, ob das Vorhaben „Warnowbrücke“ mit den Anforderungen der EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) vereinbar ist. Dieser Fachbeitrag wird hiermit vorgelegt.

2. Rechtliche Grundlagen

Die Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik vom 23. Oktober 2000 (**Wasserrahmenrichtlinie - WRRL**) bezweckt eine nachhaltige und umweltverträgliche Gewässerbewirtschaftung [1].

Gemäß Art. 1 a) WRRL ist die „weitere Verschlechterung des Zustands der aquatischen Ökosysteme und der direkt von ihnen abhängigen Landökosysteme und Feuchtgebiete im Hinblick auf deren Wasserhaushalt zu vermeiden sowie deren Zustand zu schützen und zu verbessern“.

Hinsichtlich der in den Bewirtschaftungsplänen für die Einzugsgebiete festgelegten Maßnahmenprogramme verpflichtet Art. 4 Abs. 1 a) i) WRRL die Mitgliedsstaaten „notwendige Maßnahmen“ durchzuführen, „um eine Verschlechterung des Zustandes aller Oberflächengewässerkörper zu verhindern“.

Darüber hinaus werden die Mitgliedsstaaten in Art. 4 Abs. 1 b) i) WRRL verpflichtet, die „erforderlichen Maßnahmen“ durchzuführen, „um die Einleitung von Schadstoffen in das Grundwasser zu verhindern oder zu begrenzen und eine Verschlechterung des Zustands aller Grundwasserkörper zu verhindern“.

Die Vorgaben der WRRL werden durch das Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (**Wasserhaushaltsgesetz - WHG**) vom 31. Juli 2009 in nationales Recht umgesetzt. In § 27 bzw. § 47 WHG werden Bewirtschaftungsziele für oberirdische Gewässer bzw. Grundwasser definiert [2].

Zur Bestimmung des Zustands der Oberflächengewässer werden in Anhang V WRRL Qualitätskomponenten für die Einstufung des ökologischen Zustands und Potenzials sowie des chemischen Zustands von Oberflächengewässer beschrieben und festgesetzt. Für Grundwasser erfolgt die Bewertung in Hinblick auf den mengenmäßigen und chemischen Zustand.

Die Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (**Oberflächengewässerverordnung - OGewV**) vom 20. Juni 2016 setzt die Vorgaben der WRRL und WHG um. U. a. werden hier die Qualitätskomponenten und Bewertungsverfahren zur Bestimmung des ökologischen Zustands bzw. ökologischen Potenzials eines Oberflächengewässers konkretisiert und festgelegt [3]. Analog gilt dies für die **Grundwasserverordnung - GrwV** vom 09. Oktober 2010 [4].

Für die wasserkörperbezogene Prüfung nach WRRL ist die Einhaltung folgender Bewirtschaftungsziele zu klären:

- Sind Verschlechterungen des ökologischen Zustands oder Potenzials sowie des chemischen Zustands der Oberflächengewässer durch das geplante Vorhaben zu erwarten? (Verschlechterungsverbot).
- Sind Verschlechterungen des mengenmäßigen und chemischen Zustandes des Grundwassers durch das Vorhaben zu erwarten? (Verschlechterungsverbot).
- Werden die Bewirtschaftungsziele für die betroffenen Wasserkörper durch das Vorhaben negativ beeinflusst bzw. können die Bewirtschaftungsziele durch das Vorhaben nicht erreicht werden? (Verbesserungsgebot).

Gemäß Urteil des Europäischen Gerichtshofs (EuGH) vom 01.07.2015 im Verfahren C-461/13 zur Weservertiefung ist das Verschlechterungsverbot bei Zulassungen bzw. Genehmigungen für jedes Vorhaben anzuwenden, wenn ein Gewässerbezug zu befürchten ist. Die Mitgliedsstaaten sind verpflichtet, „die Genehmigung für ein konkretes Vorhaben zu versagen, wenn es eine Verschlechterung des Zustands eines Oberflächenwasserkörpers verursachen kann oder wenn es die Erreichung eines guten Zustands eines Oberflächenwassers bzw. eines guten ökologischen Potenzials und eines guten chemischen Zustands eines Oberflächengewässers zu dem nach der Richtlinie maßgeblichen Zeitpunkt

gefährdet“. Weiterhin wurde hinsichtlich der Auslegung des Begriffs „Verschlechterung des Zustandes“ im o.g. Verfahren folgendes Urteil gefällt:

- Der Begriff der Verschlechterung des Zustands (Potenzials) eines Oberflächenwasserkörpers in Art. 4 Abs. 1 Buchst. a Ziff. i der Richtlinie 2000/60 ist dahin auszulegen, dass eine Verschlechterung vorliegt, sobald sich die Bewertung mindestens einer Qualitätskomponente im Sinne des Anhangs V der Richtlinie um eine Klasse verschlechtert, auch wenn diese Verschlechterung nicht zu einer Verschlechterung der Einstufung des Oberflächenwasserkörpers insgesamt führt.
- Ist die betreffende Qualitätskomponente im Sinne von Anhang V bereits in der niedrigsten Klasse eingeordnet, stellt jede Verschlechterung dieser Komponente eine „Verschlechterung des Zustands“ eines Oberflächenwasserkörpers dar.

Anlässlich des o.g. Urteilsspruchs erfolgte im Jahr 2017 die Erarbeitung einer Handlungsempfehlung zur Bewertung des Verschlechterungsverbot [5] durch die LAWA. Der vorliegende Fachbeitrag wurde auf Grundlage dieser Empfehlungen erstellt. Räumlicher Maßstab für die Beurteilung ist der gesamte Wasserkörper.

3. Methodik

Die Erstellung des Fachbeitrages erfolgt in nachstehenden Arbeitsschritten [6]:

1. Ermittlung aller im Wirkraum des Bauvorhabens liegenden Wasserkörper (Oberflächen- und Grundwasserkörper).
2. Beschreibung des ökologischen und chemischen Zustands (Potentials) aller zu betrachtenden Wasserkörper hinsichtlich der in der WRRL definierten Qualitätskomponenten und Beschreibung der Bewirtschaftungsziele.
3. Darstellung der möglichen (potenziellen) Auswirkungen (bau-, anlage- und betriebsbedingt) des Vorhabens auf den ermittelten Zustand der Wasserkörper und die Bewirtschaftungsziele.
4. Bewertung der potenziellen Auswirkungen des Vorhabens auf die biologischen Qualitätskomponenten der Wasserkörper und die Bewirtschaftungsziele.

Basis für die Bewertung bilden immer die amtlichen Daten, welche in den aktuellen Steckbriefen zu den Gewässern veröffentlicht wurden. Diese sind auf ihre Aktualität zu prüfen. In Abstimmung mit den Überwachungsbehörden werden zur Ergänzung weitere Datenmaterialien zusammengetragen und/oder eigene Messungen projektbezogen vorgenommen.

Der ökologische Zustand bzw. das ökologische Potenzial wird anhand der niedrigsten Einstufung einer biologischen Qualitätskomponente bestimmt. Die Bewertung erfolgt immer und grundsätzlich in Bezug auf die biologischen Komponenten und auf den gesamten Wasserkörper. Außer der Wasserkörper befindet sich in der schlechtesten Einstufung. Dann ist jede weitere messbare Verschlechterung, auch der Hilfskomponenten, unzulässig.

Für die Beschreibung des ökologischen Zustands/Potentials eines Küstenwasserkörpers werden gemäß WRRL folgende biologische Qualitätskomponenten herangezogen [3]:

- die aquatische Flora (Makrophyten/Angiospermen, Phytoplankton),
- die Wirbellosenfauna (Makrozoobenthos)

Die Hilfskomponenten werden ebenfalls bewertet und in die Gesamtauswertung verbal-argumentativ in Bezug auf die biologischen QK einbezogen.

Anschließend erfolgt eine Beschreibung der wasserkörperrelevanten Eigenschaften des Vorhabens.

Im Rahmen der Begutachtung erfolgt dann die Darstellung der spezifischen Vorhabenwirkungen auf die Qualitätskomponenten der WRRL in Form einer funktionalen Auswirkungsanalyse mit Bezug auf die Vorhabenstadien Bau und Betrieb sowie auf die Eigenschaften des Vorhabens generell [6].

Auf dieser Grundlage wird eine Bewertung der Auswirkungen hinsichtlich einer möglichen Verschlechterung des Zustands vorgenommen. Zudem wird die Vereinbarkeit mit den Bewirtschaftungszielen nach §§ 27 und 44 WHG und ein ggf. vorliegender Verstoß gegen das Verbesserungsgebot abgeprüft.

4. Vorhabenbeschreibung

Das Vorhaben „Warnowbrücke“ soll die Innenstadt der Hansestadt Rostock mit dem nördlich liegenden Stadtteil Gehlsdorf und dem geplanten BUGA-Gelände für Fußgänger und Radfahrer besser verbinden.

Für den Fachbeitrag nach WRRL sind folgende Projektbestandteile relevant:

1. Das Brückenbauwerk über die Warnow
2. Die Schwimmbaggerarbeiten zur Schaffung der Baufreiheit auf der Gehlsdorfer Uferseite.
3. Entwässerung des Brückenbauwerks und der anbindenden Straßen
4. Die Verlegung eines Steges auf der Uferseite Gehlsdorf westlich des Bauvorhabens

4.1. Das Brückenbauwerk

Das Brückenbauwerk wird als reine Fußgänger- und Radfahrerbrücke geplant [21]. Die Brückenlänge beträgt etwa 540 m, die Brückenbreite zwischen den Geländern 6 m. Für die Durchfahrt von Schiffen und Einheiten mit hohen Masten und Aufbauten ist ein beweglicher Klappteil im Bereich der vorhandenen Fahrrinne – etwa 50 m von der jetzigen südlichen Kaikante entfernt – vorgesehen. Im festen Brückenteil variieren die lichten Weiten zwischen den Pfeilern in einem Abstand von etwa 22 bis 31 m. Im Bereich der zwei Masten mit den Zügelgurten ist eine lichte Weite von etwa 70 m und eine Durchfahrtshöhe von 8,5 m bei Mittelwasser (MW) vorhanden. Dieser Bereich ist damit für die meisten Nutzer auf dem Wasser dauerhaft durchfahrbar.

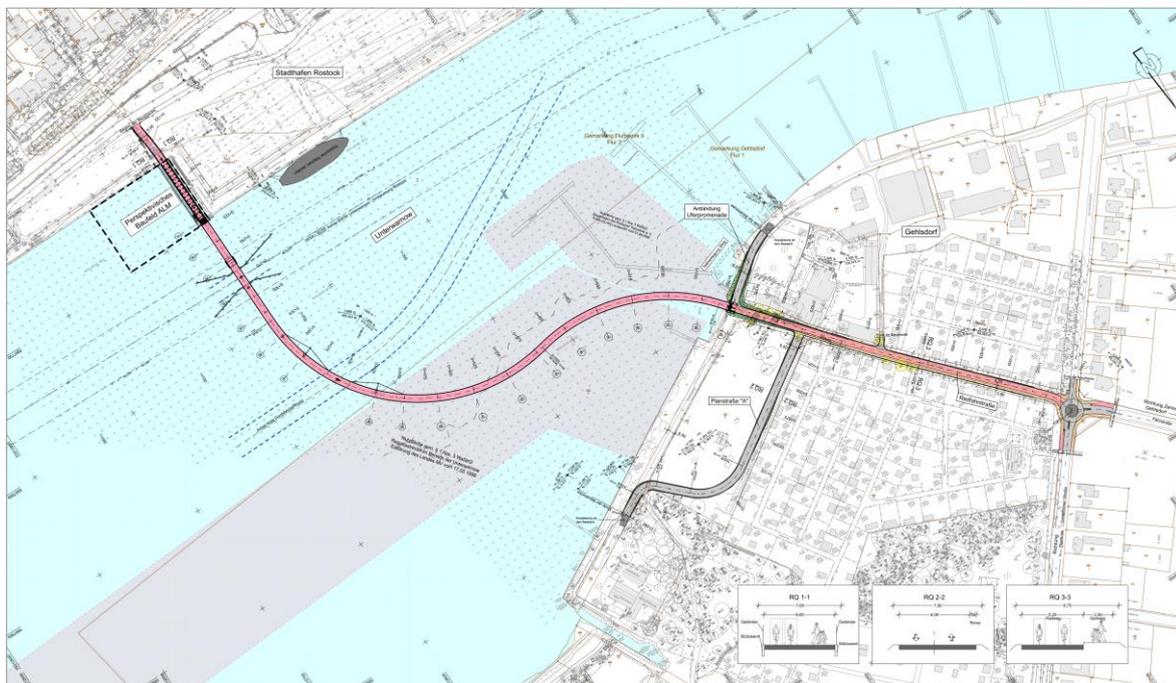


Abbildung 1: Übersichtskarte Brückenbauwerk [21]

Die Brücke ruht auf insgesamt 17 Pfeilern. Laut Bericht zur Vorplanung der Brücke werden die Brückenpfeiler kreisförmig ausgeführt und haben einen Durchmesser von 0,8 bis 1,0 m [21]. Zusätzlich besteht das Pfeilersystem aus einem Stütz-/Hüllrohr, so dass für das gesamte System ein Durchmesser von 1,2 m je Pfeiler anzusetzen ist. Die Brückenpfeiler haben somit eine Fläche von $1,13\text{m}^2/\text{Pfeiler}$. In Summe der 17 Pfeiler ergibt sich eine Aufstandsfläche der Pfeiler von insgesamt $23,75\text{m}^2$.

Das Brückenwiderlager auf der südlichen Stadthafenseite hat eine Länge 62 m und ist 11 m breit. Daraus ergibt sich eine Fläche von rd. 700m^2 . Das Widerlager auf der Gehlsdorfer

Uferseite befindet sich landseitig und wird hier in der Bilanz nicht berücksichtigt. Die zusätzlichen technischen Brückeneinrichtungen wie Leitwerkdalben und Wartedalben nehmen in Summe eine Fläche von 33,7 m² ein. Somit werden durch das Brückenbauwerk rund 805,3 m² Gewässerfläche dauerhaft in Anspruch genommen.

Die Brücke entwässert über eine Freifallentwässerung in die Warnow, die sich grundsätzlich an der Ostseite des Brückendecks befindet. Der Brückenquerschnitt erhält eine Querneigung von 2 %. Etwa 20 cm vom östlichen Randlech entfernt soll der Tiefpunkt liegen. Auf den verbleibenden 20 cm ist ein Gegengefälle von 5 % vorgesehen, um das Randlech und insbesondere die Fuge zwischen Randlech und Beton zu schützen. Im Tiefpunkt werden in regelmäßigem Abstand Speier angeordnet. Das Bodenblech der Stahlwanne folgt ebenso der oberen Kontur des Aufbetons, so dass an den Speier auch die Drainageebene zwischen Stahl und Beton entwässern kann.

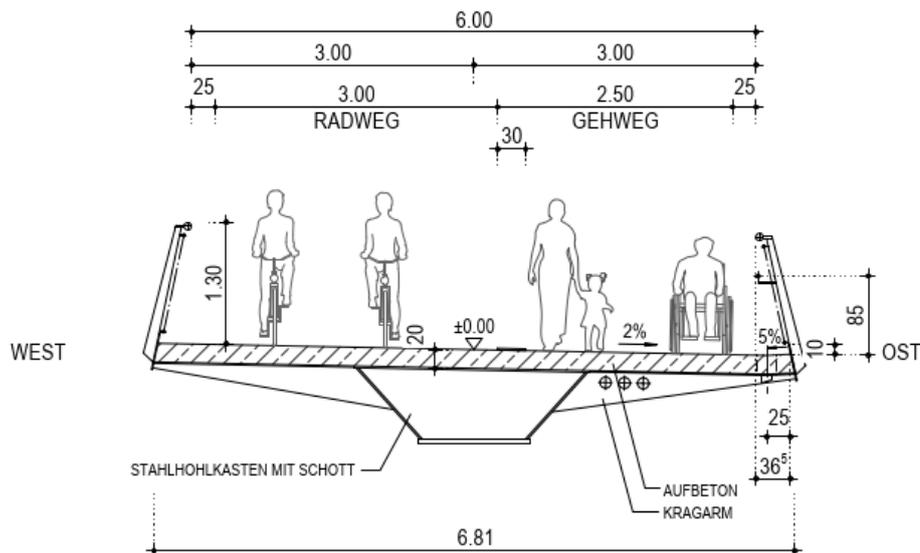


Abbildung 2: Regelquerschnitt des Brückenbauwerks

Die Brücke weist über große Strecken eine Längsneigung von 1,8 % bzw. 3,8 % auf, lediglich in der Kuppe über der festen Querung und den Wannen am Widerlager ist mit weniger Gefälle zu rechnen. Hier wird der Abstand der Speier entsprechend reduziert. Hinter beiden Widerlagern soll das Wasser in einer Rinne aufgenommen und ebenfalls in die Warnow eingeleitet werden.

Im Zusammenhang mit der Gründung der Brückenpfeiler, dem Widerlager und den technischen Brückeneinrichtungen erfolgen Rammarbeiten.

Die Baumaßnahme wird sich über einen Zeitraum von etwa zwei Jahren erstrecken. Nach derzeitiger Planung erfolgt der Baubeginn voraussichtlich 2023. Die detaillierte Darstellung der Planung erfolgt im Erläuterungsbericht der technischen Planung – Unterlage 1 [21].

4.2. Entwässerung der landseitigen Straßenanbindungen

Die Straßenanbindungen vor und nach dem Brückenbauwerk betragen insgesamt etwa 522 m und teilen sich auf die in die vorhandene Straße „Am Fährberg“ und den Neubau mit der Bezeichnung „Planstraße A“. Die Straßen wurden nach der RASSt 06, die Radverkehrsanlagen nach ERA trassiert.

Die Bereiche hinter dem Widerlager bis zur Planstraße A sowie die beiden Straßen Uferpromenade und Wellenweg werden als gemeinsame Geh-/Radwege ausgewiesen. Darüber hinaus ist dieser Bereich als Fahrradstraße mit Nutzung „Kfz/Motorräder frei“ definiert [21].

Die Entwässerung der Straße Fährberg erfolgt über eine Großpflasterrinne und Seitenabläufe in einen neu zu verlegenden Regenwassersammler DN 300. Es ist vorgesehen, den Kanal in der Straße zu verlegen.

Zur Ableitung des gesammelten Regenwassers in die Warnow wird im Bereich westlich des Brückenwiderlagers ein Auslauf angeordnet.

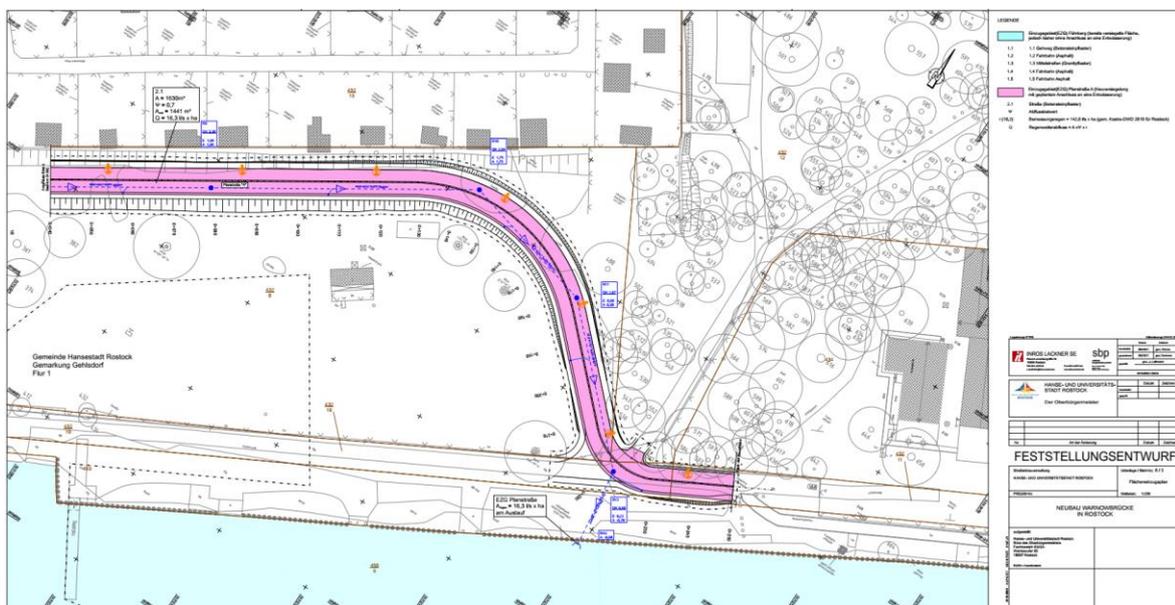


Abbildung 3: Entwässerungsplanung landseitige Anbindung Planstraße A [21]

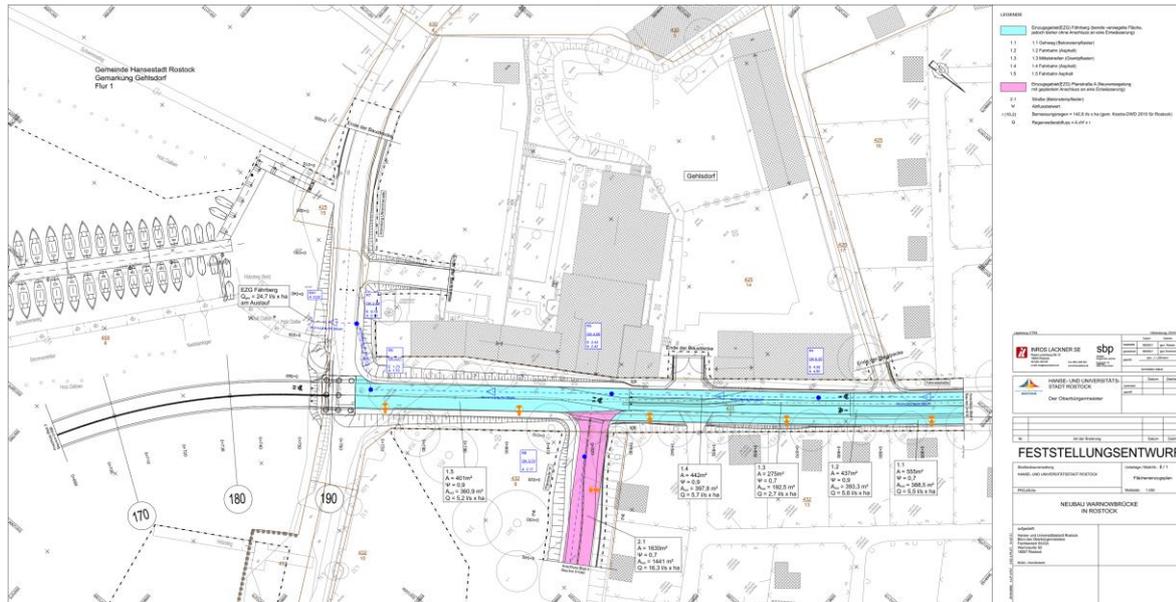


Abbildung 4: Entwässerungsplanung landseitige Anbindung am Fährberg [21]

Die Entwässerung der Planstraße A erfolgt über eine Seitenrinne und Seitenabläufe in einen neu zu verlegenden Regenwassersammler DN 300. Es ist vorgesehen, den Kanal in der Straße zu verlegen.

Zur Ableitung des gesammelten Regenwassers in die Warnow wird im Bereich östlich des Brückenwiderlagers ein Auslauf angeordnet.

Eine Behandlung und/ oder Retention des anfallenden Niederschlagswassers ist nach derzeitigem Stand der Planung nicht erforderlich. Im Zuge einer Vorabstimmung mit der zuständigen Behörde (StALU MM) wurde eine ungedrosselte Einleitung in die Unterwarnow als Gewässer I. Ordnung in Aussicht gestellt, wenn über einen hydraulischen Nachweis belegt wurde, dass es im Uferbereich nicht zu Auskolkungen kommen kann. Einen Einleitgenehmigung für die Regeneinläufe ist separat zu beantragen.

Weiterhin wurde eine Beurteilung der Niederschlagswasserqualität nach Merkblatt DWA-M 153 vorgenommen, mit dem Ergebnis, dass keine Maßnahmen zur Behandlung des Wassers erforderlich sind [21].

Die Ableitung des Regenwassers von der Uferpromenade und der Planstraße A erfolgt über das Bankett in das angrenzende Gelände. Zur Berechnung der auf den abflusswirksamen Flächen anfallenden Niederschlagsmenge wurden folgende Angaben zugrunde gelegt:

- Regenabflusspende 142,6 l/(s*ha) (nach KOSTRA-DWD 2010R für den Standort Rostock)
- Regendauer $D = 10$

- Regenhäufigkeit $n = 0,5$ (einmal in 2 Jahren)

Die Flächenermittlung der Oberflächenversiegelung erfolgte auf der Grundlage der Straßenplanung. Die abzuführende Wassermenge wurde für die Straße „Am Fährberg“ mit $Q = 24,7 \text{ l/s} \times \text{ha}$ und für die Planstraße A mit $Q = 16,3 \text{ l/s} \times \text{ha}$ ermittelt.

Im Bereich Stadthafen erfolgt die Entwässerung der Rampe über Straßenabläufe und Anschlussleitungen in den dort vorhandenen Regenwassersammler und dann weiterführend in die Unterwarnow.

4.3. Schwimmbaggerarbeiten

Im Gehlsdorfer Uferbereich ist die Wassertiefe nicht ausreichend, um eine wasserseitige Erschließung der Brückenbaustelle zu gewährleisten. Deshalb ist hier eine vorbereitende Baggerung notwendig. Die Baggerfläche hat eine Größe von 944 m^2 . Nach jetzigem Stand werden rund 840 t Baggergut aufgenommen und entsorgt. Zum Zeitpunkt der Erstellung des Fachbeitrages stand die Auswahl des Baggerverfahrens noch nicht abschließend fest. In der Planung werden folgende Vorgaben berücksichtigt:

- Die Bagger sind mit einem geschlossenen Greifer ausgestattet.
- Um die Baggerfläche wird eine Sedimentsperre (sog. „Silt-Screen“) aufgebaut und bis zur Resedimentierung vorgehalten. Dieser umfasst die gesamte Wassersäule bis zum Grund der Warnow.

Beide Maßnahmen dienen der Verhinderung von Sedimentverschleppung und Wassertrübung und sind als Vermeidungsmaßnahmen im LBP (s. Unterlage 19.1) für das Bauvorhaben festgeschrieben.

Das Baggergut soll nach jetzigem Planungsstand aufbereitet und anschließend entsorgt werden [29]. Dabei wird das Baggergut über eine Schlammpresse in einen festen und einen flüssigen Teil getrennt. Der feste Anteil wird anschließend deponiert. Der flüssige Teil wird der Warnow wieder zugeführt. Vor Einleitung erfolgt eine Aufbereitung und eine Laborbeurteilung auf Einhaltung der Grenzwerte aus der OGeV. Sollten die Grenzwerte nicht eingehalten werden, erfolgt die fachgerechte Entsorgung des Prozesswassers durch den Vorhabenträger. Vor der Einleitung ist eine separate Einleitgenehmigung beim zuständigen StALU MM zu beantragen. Als Standort der mobilen Entwässerungs- und Wasseraufbereitungsanlage ist der MAGEB-Kai Süd Warnemünde vorgesehen. Hier können die im Rahmen der Aufbereitung von dem Nassbaggergut erforderlichen mobilen Anlagen wie Siebkammerpressen, Wasserbehandlungscontainer, Aggregaten, Umschlagstechnik aufgestellt und genutzt werden.

Die folgenden Abbildung 5 enthält eine Übersicht zur Baggermaßnahme.

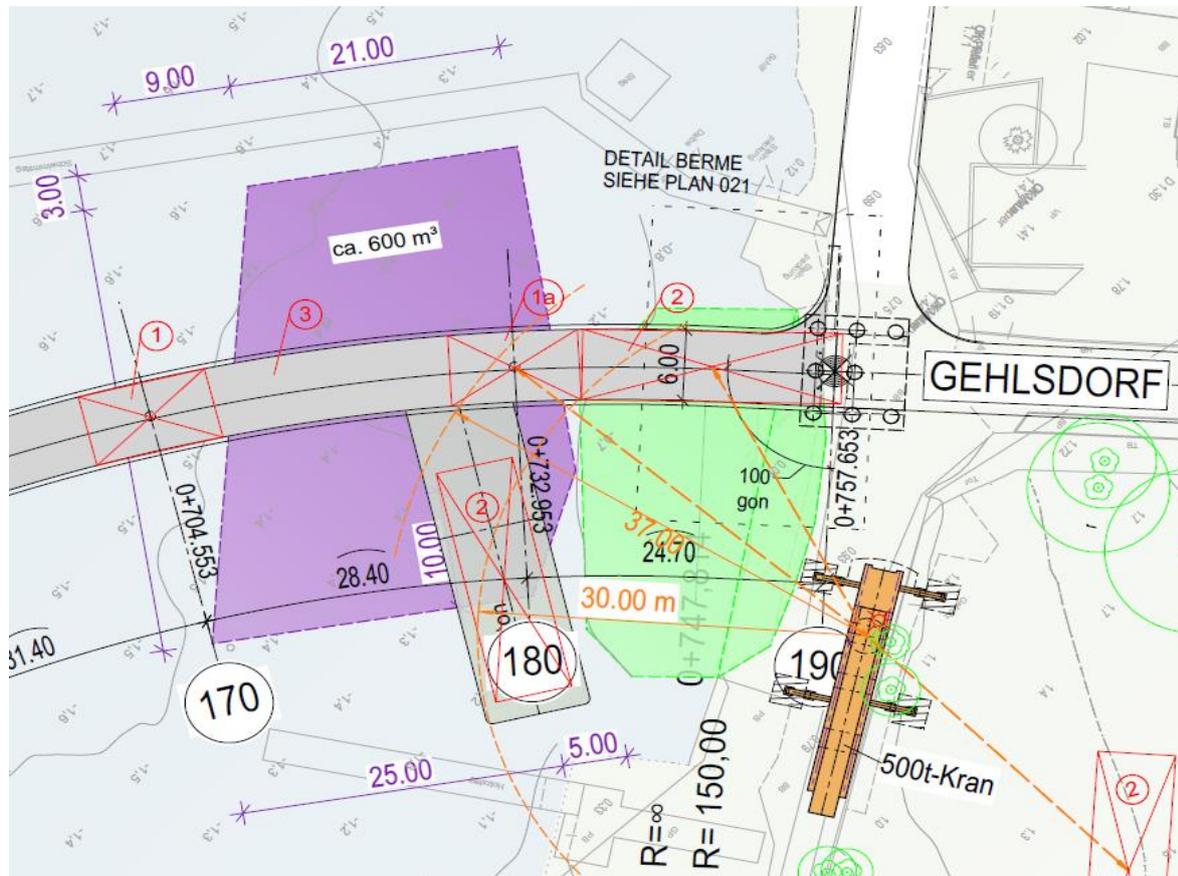


Abbildung 5: Nassbaggerfläche (lila Fläche) auf der Gehlsdorfer Uferseite [29]

4.4. Verlegung des Schwimmstegs

Im Zuge der landseitigen Anbindung der Brücke auf der Uferseite Gehlsdorf ist der unmittelbar westlich gelegene Schwimmsteg zu verlegen. Dazu wird der vorhandene Schwimmsteg ca. 20 m nach Westen verschoben und eine neue Landanbindung geschaffen. Die alte Landanbindung des Stegs wird zurückgebaut. In der Abbildung 6 wird die Maßnahme dargestellt.

Im Uferbereich ist aufgrund der geringen Wassertiefe ein fester Steg vorgesehen. Der feste Steg ist 3,0 m breit und erhält ca. alle 5,0 m einen Auflagerträger und eine Einzelrohrgründung (ca. $D = 46$ cm) aus Stahl. Im Bereich des Zuganges (Böschungsbereich) wird ein Stahlbetonriegel angeordnet. Der feste Steg ist ca. 34 m lang.

Im Anschluss an den festen Steg werden gekoppelte Betonschwimmstege mit Abmessungen LBH = 20 m x 3,0 m x 1,0 m angeordnet. Insgesamt sind es 11 Stück.

Die Schwimmstege werden an Führungsdalben (Einzelrohre aus Stahl ca. $D = 71 \text{ cm}$) gehalten und dazu mit entsprechenden Dalbenschlössern mit Rollen oder Gleitklötzen ausgerüstet.

Die Gründungsrohre und Dalben werden mit Sand verfüllt und am Kopf mit einem aufgeschweißten Stahldeckel verschlossen. Für den Einbau der Gründungsrohre des festen Steges und der Führungsdalben werden Rammarbeiten erforderlich.

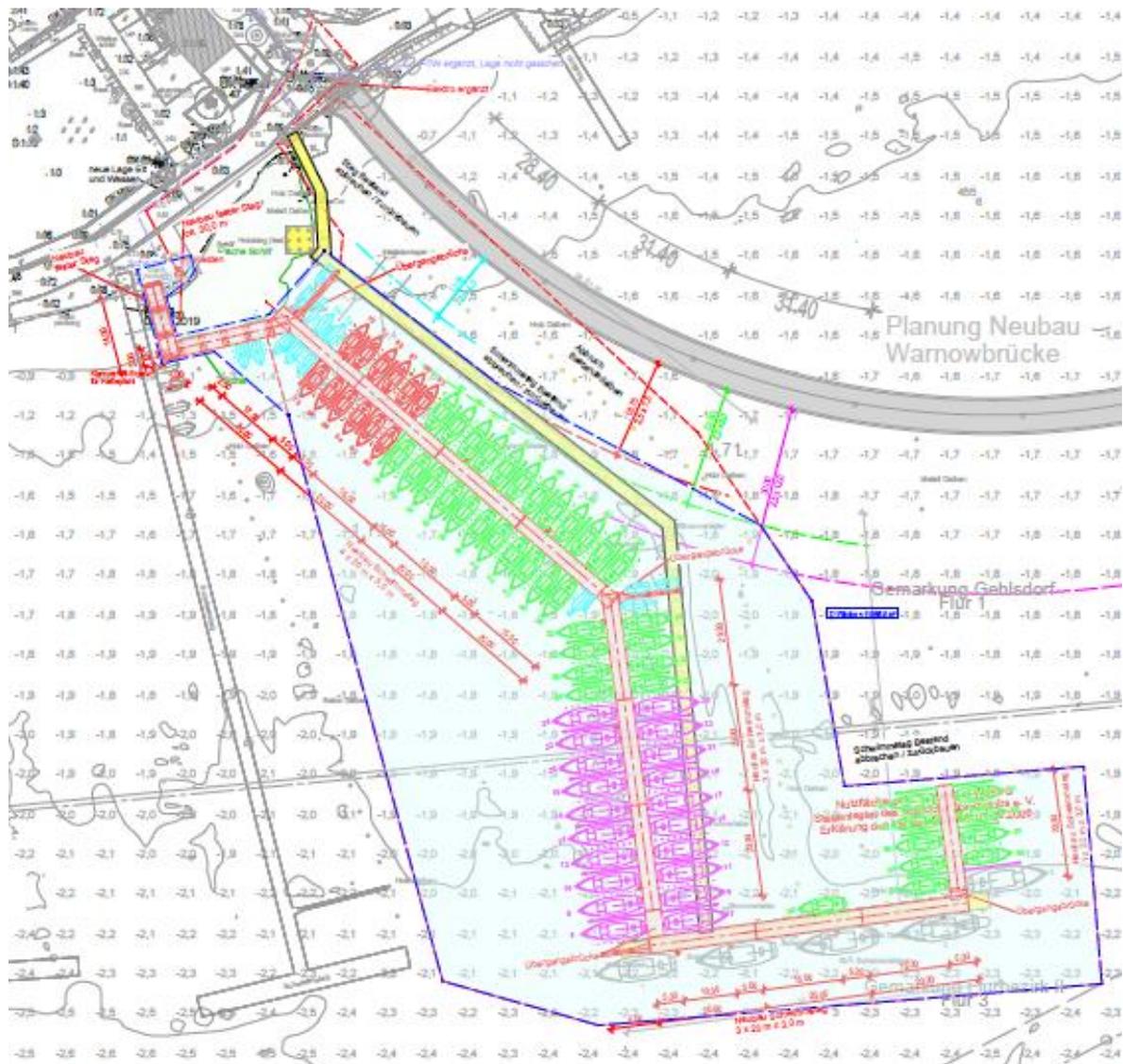


Abbildung 6: Darstellung der Stegverlegung [21]

5. Identifizierung der vom Vorhaben betroffenen Wasserkörper

5.1. Oberflächenwasserkörper

Das geplante Bauvorhaben liegt in der Flussgebietseinheit Warnow/Peene. Das Projektgebiet befindet sich im Rostocker Stadthafen im Bereich der Hädgehalbinsel und dem Gehlsdorfer Ufer auf Höhe der Straße „Fährberg“ und betrifft unmittelbar den Küstenwasserkörper (KWK) „Unterwarnow“ [WP_05]. Dieser ist damit direkt durch das Vorhaben betroffen. Die Abbildung 7 gibt einen Überblick über die Lage der Oberflächenwasserkörper.

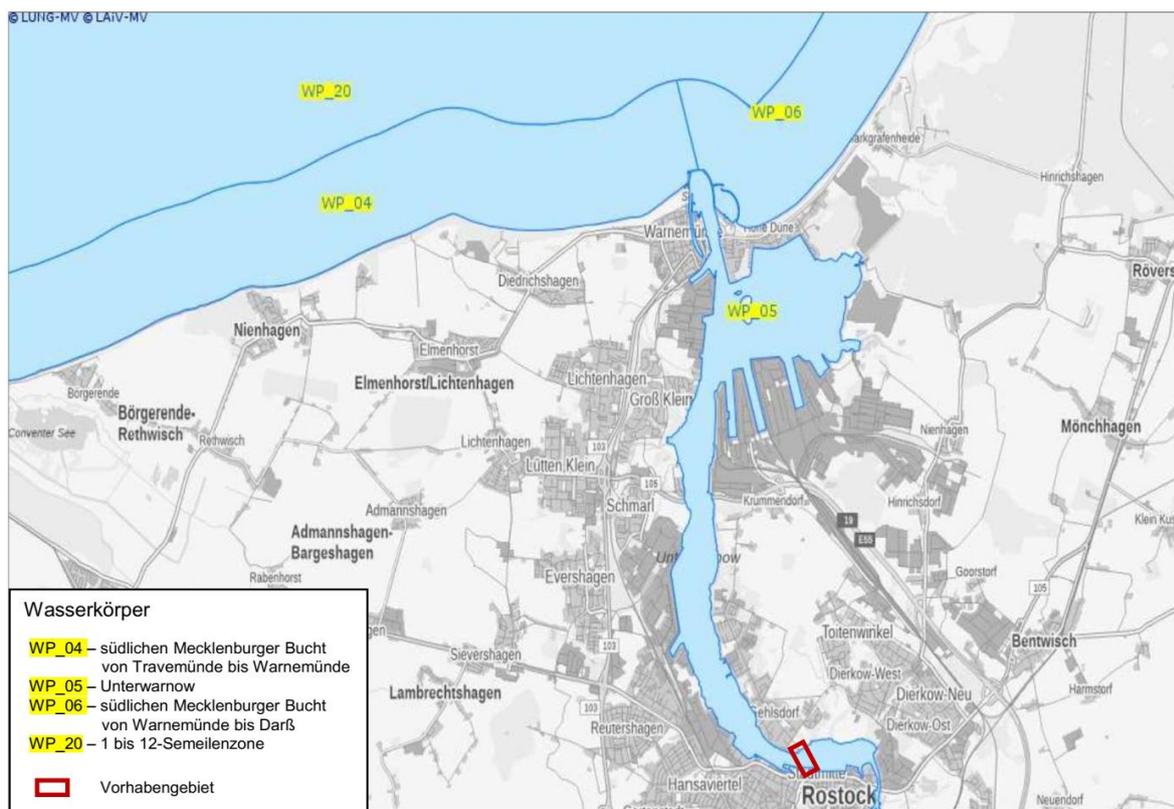


Abbildung 7: Oberflächengewässer im Bereich des Vorhabensgebiets [17]

Nördlich an die Unterwarnow grenzen die Küstengewässer der südlichen Mecklenburger Bucht von Travemünde bis Warnemünde bzw. Warnemünde bis Darß (WP_04 und WP_06) und an diese das Küstengewässer WP_20. Die Küstengewässer sind nicht direkt von dem Vorhaben betroffen und mit einer Gewässerfläche von 85,2 km² (WP_06), 261,3 km² (WP_04) und 4.769,9 km² (WP_20) sehr groß, sodass im Vergleich zur kleinen Vorhabensfläche und dem ausreichend großen räumlichen Abstand messbare Auswirkungen auf die Küstengewässer ausgeschlossen werden können. Die Projektwirkungen führen ebenfalls

nicht dazu, dass die maßgeblichen Umweltqualitätsnormen überschritten werden. Außerdem werden die Entwicklungsziele für die WK ebenfalls durch das Vorhaben nicht beeinträchtigt. Daher wird hier auf eine weitere Betrachtung der Küstengewässer WP_04, WP_06 und WP_20 verzichtet. Direkt vom Vorhaben betroffene Oberflächengewässer sind die in Tabelle 1 aufgeführten Gewässer.

Tabelle 1: Oberflächengewässer mit Betroffenheit vom Vorhaben

Gewässerkennzahl	Gewässername	LAWA-Typ	Kategorie	Betroffenheit
WP_05	Unterwarnow	B2	Küstengewässer	baubedingt, anlagebedingt, betriebsbedingt,

5.2. Grundwasserkörper

Das Vorhaben befindet sich im Einzugsgebiet des regionalen Grundwasserkörpers mit der Bezeichnung WP_WA_10. Abbildung 8 ermöglicht eine räumliche Einordnung.

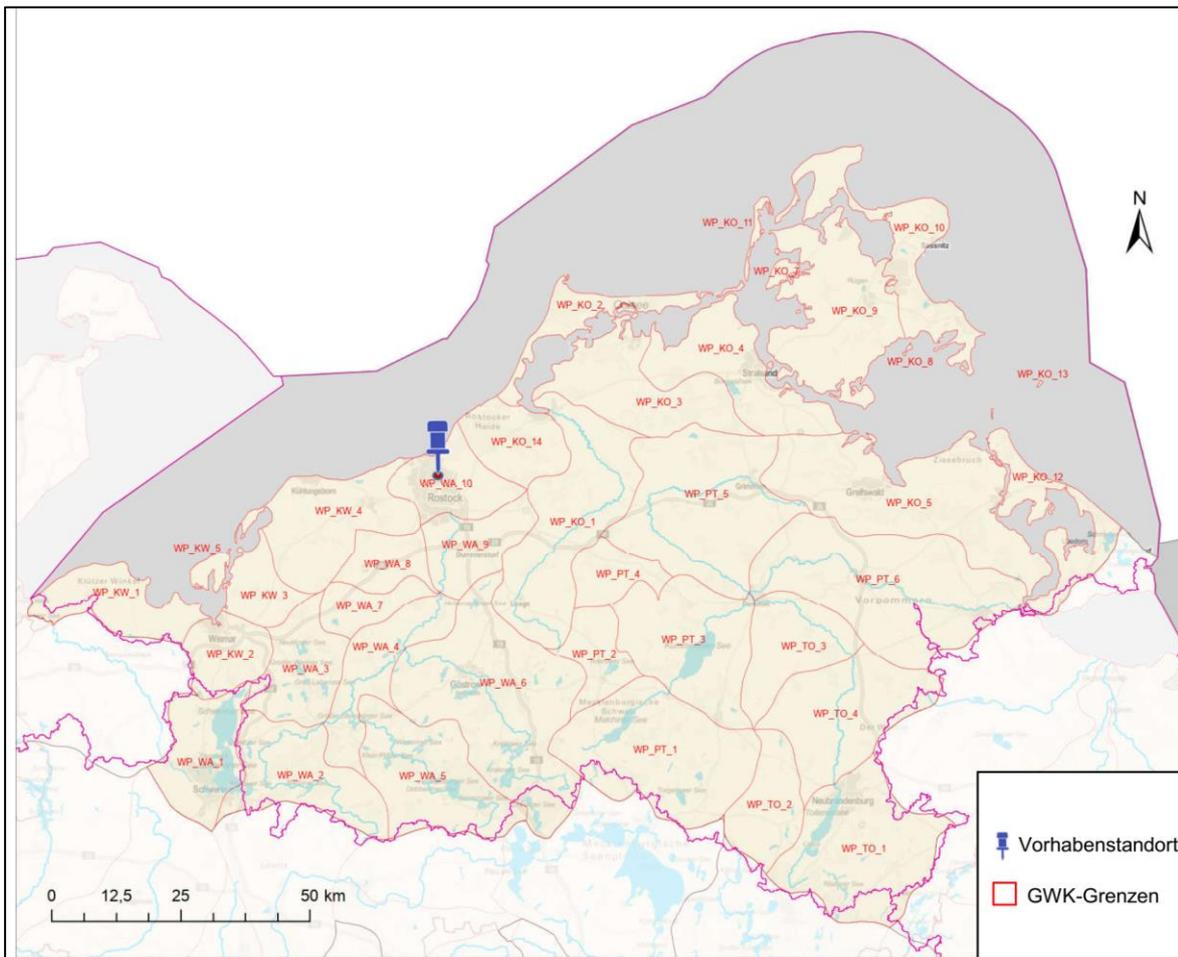


Abbildung 8: Grundwasserkörper in MV, [11]

Der Grundwasserkörper hat eine Flächengröße von 254 km². In den amtlichen Kartierungen wird für diesen Grundwasserkörper im Bereich des Vorhabens eine Tiefenlage der süßwasserführenden Schicht von 40 m angegeben.

Das nächste Wasserschutzgebiet (Warnow-Rostock, MV_WSG_1938_08) befindet sich südlich der Unterwarnow und ist durch das Vorhaben nicht betroffen [17].

Aufgrund der enormen Größe des Grundwasserkörpers (ca. 254 km²) im Vergleich zum Vorhabengebiet (ca. 0,004 km²) ist eine Verschlechterung des Grundwasserkörpers durch das Bauvorhaben schon aus dem Blickpunkt des Größenverhältnisses auszuschließen. Daneben sind aber auch die Projekteigenschaften faktisch nicht geeignet, einen negativen Einfluss auf die Schutz-, Erhaltungs- und Entwicklungsziele für den Grundwasserkörper auszuüben. Weder der mengenmäßige als auch der chemische Zustand des Grundwasserkörpers können durch das Vorhaben beeinflusst werden.

Ebenfalls hat das Vorhaben keinen negativen Einfluss auf die Entwicklungsziele für den Grundwasserleiter. Die Betrachtung des Grundwassers wird an dieser Stelle abgeschlossen.

6. Zustandsbeschreibung und Bewirtschaftungsziele der WK

6.1. Datenquellen

Für die Zustandsbeschreibung und die Darstellung der Bewirtschaftungsziele ist der aktuelle Bewirtschaftungsplan der FGE Warnow/Peene [13] maßgebend. In Abstimmung mit der Überwachungshörde wird diesem Fachbeitrag die Einstufung des Wasserkörpers aus dem neuen Bewirtschaftungsplan für den Zeitraum ab 2022 zu Grunde gelegt [24].

Zur Vervollständigung der Datengrundlage wurden daneben aktuelle Messwerte bei den zuständigen Überwachungsstellen (StALU MM und dem LUNG MV) abgefragt. Es wurden folgende Daten übergeben und in den Fachbeitrag übernommen:

- Messwerte zur Wasserchemie an der repräsentativen MP UW 4 (Mst-Nr.: 0131110407) [14].
- Aktuelle Bewertungsergebnisse zu den biologischen Qualitätskomponenten für den WK WP_05 [24]

Zusätzlich wurden öffentlich zugängliche Messdaten im Zusammenhang mit dem Vorhaben zur Anpassung der seewärtigen Zufahrt des Rostocker Überseehafen in die Bewertung mit einbezogen. Dies geschah insbesondere bei Datensätzen mit Aussagekraft für das Vorhabengebiet aus folgenden Unterlagen:

- Untersuchungsergebnisse zum Phyto- und Zooplankton [23]

Über das Institut für Ostseeforschung Warnemünde (IOW) wurden Daten aus dem Projekt „PhosWAM“ zur Verfügung gestellt. Der Datensatz enthält Messwerte zum Phosphorgehalten in der Unterwarnow [20].

Im Zuge der Vorplanung für das Brückenbauwerk wurden umfangreiche bodentechnische Untersuchungen durchgeführt [18]. In Abstimmung mit den planenden Stellen, wurden die Untersuchungen auch dafür genutzt, aktuelle Daten hinsichtlich der Schadstoffe der Anlagen 6 und 8 der OGewV zu erfassen. Diese fließen ebenfalls in den Fachbeitrag ein.

Zur Bewertung des Einflusses des neuen Brückenbauwerks auf die hydrodynamischen Verhältnisse in der Unterwarnow wurde ein Fachgutachten erstellt. Das Gutachten ist als Anlage 1 diesem Fachbeitrag beigefügt. Die Ergebnisse aus diesem Gutachten sind Teil der Bewertungsgrundlage hinsichtlich der unterstützenden Qualitätskomponente „Gewässer-morphologie“ in diesem Fachbeitrag.

6.2. Beschreibung des Oberflächenwasserkörper Unterwarnow (WP_05)

6.2.1. Typisierung

Die Unterwarnow zählt zu den mesohalinen inneren Küstengewässern (LAWA Typcode B2) und bildet mit dem Breitling das Ästuar der Warnow. Die südliche Grenze dieses WK bildet das Mühlendammwehr im Stadtgebiet Rostock. Nördlich ist der Seekanal auf Höhe des Ortsteils Warnemünde die Grenze zu den Wasserkörpern der Ostsee. Abbildung 9 ermöglicht eine räumliche Einordnung des Wasserkörpers.

Zur weiteren Konkretisierung der Typisierung sieht die Anlage 1 der OGewV unter Punkt 2.4 basierend auf dem Salzgehalt eine Unterteilung der Küstengewässer der Ostsee in zwei Unterkategorien vor. Demnach ist der WK als Typ B2a auszuweisen, wenn der Salzgehalt im Mittel zwischen 5-10 PSU liegt. Bei Werten von 10-18 PSU ist es den der Subtyp B2b.

Im Zusammenhang mit der Projekt PhosWaM wurde der Salzgehalt in der Unterwarnow kontinuierlich gemessen. Grundsätzlich konnte eine Schichtenvariation festgestellt werden, wobei höhere Salzgehalte immer am Grund und niedrigere an der Wasseroberfläche festgestellt wurden. Im Mittelwert aller Messungen über den Projektzeitlauf wurde ein mittlerer Salzgehalt von 8,8 PSU festgestellt [20]. Die Ergebnisse bestätigen die amtliche Festlegung für diesen WK als Subtyp B2a.

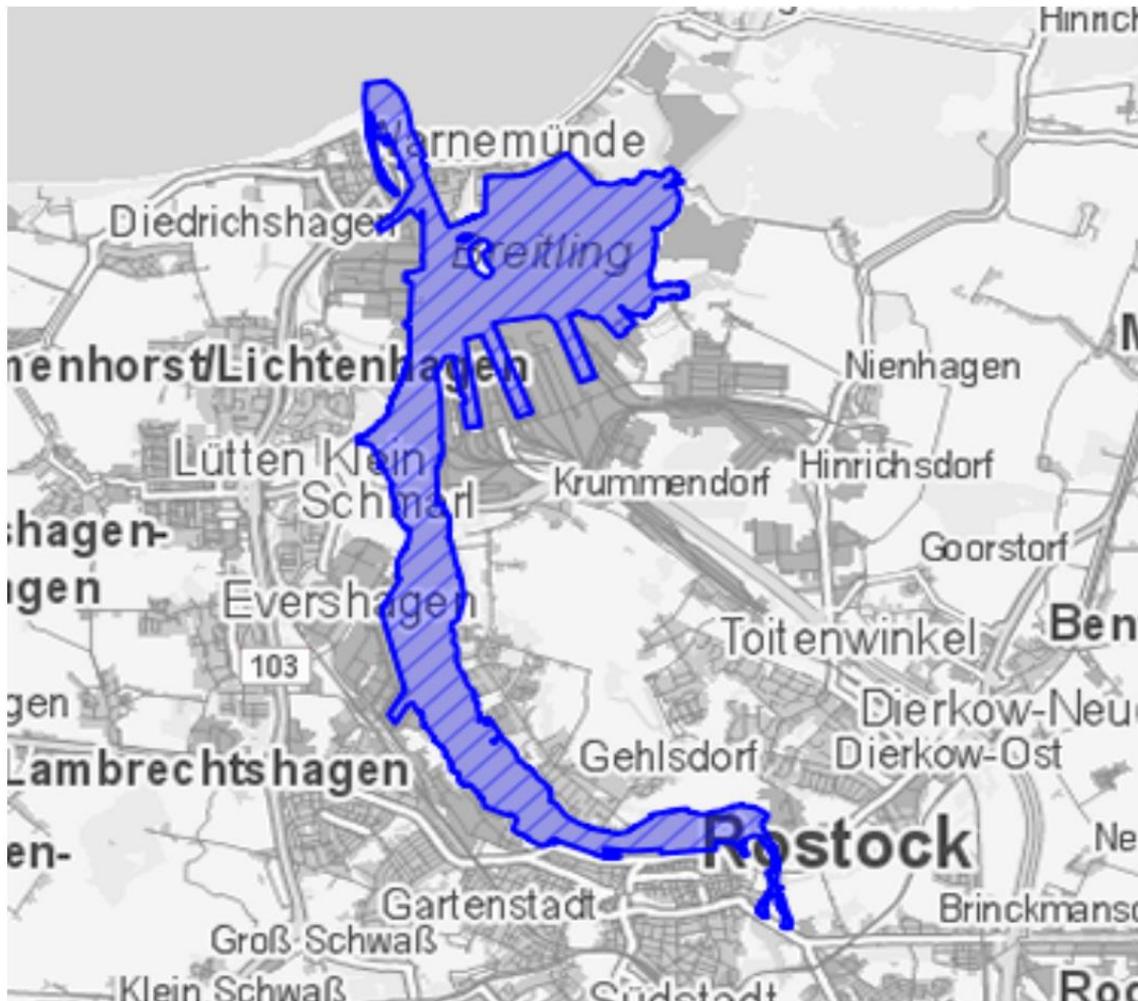


Abbildung 9: Räumliche Übersicht zum Wasserkörper „Unterwarnow“ [15]

Die Unterwarnow ist Bundeswasserstraße und dient in wesentlichen Abschnitten der Schifffahrt. Kurz vor der Mündung in die Ostsee bildet die Unterwarnow in östlicher Richtung eine etwa 3 km breite Bucht, den Breiðling. Hier liegen die Zufahrten zum Seehafen Rostock. Zur Anpassung der Schiffbarkeit wurden die Fahrrinnen mehrfach vertieft.

Nördlich des Mühlendamms ist das Einzugsgebiet überwiegend urbanisiert. Das Stadtgebiet von Rostock, das beidseitig der Unterwarnow von einem System teilweise verrohrter Gräben entwässert wird, umschließt einen Großteil der Uferbereiche.

Die Wassertiefen in der Unterwarnow liegen unter 2 m in den Flachwasserbereichen und bis 14,5 m in der vertieften Fahrrinne [20].

Die Gewässerbreite variiert stark: sie liegt zwischen einer Spannweite von 100 m bis ca. 1.000 m in der Unterwarnow und bis zu 3.600 m im Breiðling. Die Gesamtwasserfläche beträgt ca. 12,6 km² [12].

6.2.3. Bewertung nach dem aktuellen BWP

Das aktuelle ökologische Potenzial des Oberflächenwasserkörpers der Unterwarnow wird mit der Klasse „schlecht“ bewertet“.

Aktuelle Messdaten beim zuständigen Staatlichen Amt für Landwirtschaft und Umwelt Mittleres Mecklenburg und dem Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie belegen diese Einstufung. Diese Daten bilden die Grundlage für die Bewertung des Wasserkörpers in der neuen dritten Bewirtschaftungsperiode. Die zuständigen Überwachungsstellen kommen in Ihrer Auswertung der aktuellen Messergebnisse für das Jahr 2020 zu folgendem Ergebnis:

Biologische Qualitätskomponente		Unterstützende Qualitätskomponente	
Phytoplankton		Wasserhaushalt	
Großalgen/Angiospermen		Morphologie	
Makrozoobenthos		Stickstoff-Gesamt	
Fische		Phosphor-Gesamt	
Ökologisches Potential (gesamt)			

Wasserchemie
Chemischer Zustand

Legende:

	sehr gut		mäßig		schlecht
	gut		unbefriedigend		nicht verfügbar

Im Vergleich zum Bewirtschaftungsplan 2016 - 2021 hat sich die amtliche Bewertung für den WK WP-05 um eine Klasse verschlechtert. Grund dafür sind neue Messungen für die biologische QK Großalgen und Angiospermen, die eine Verschlechterung um eine Bewertungsklasse begründen.

Die Bewertung der biologischen Qualitätskomponente Großalgen/Angiospermen erfolgte aufgrund der vorgefundenen Tiefengrenzen wurzelnder Pflanzenbestände mit über 10 % Bedeckung (MariLim, 2019) und des deutlich reduzierten Arteninventars in Güteklasse 5 (schlecht) [24].

Als Grund für das schlechten ökologische Potenzial wird in der Studie der starke anthropogene Einfluss (Landwirtschaft, Häfen, Schifffahrt, Stadtgebiet, etc.) angegeben. Durch die

hohe Eutrophierung (davon abhängig: Algenwachstum, etc.) verschlechtern sich die Lichtverhältnisse am Boden, was limitierend auf das Makrophytenwachstum wirkt.

Die Unterwarnow ist als erheblich veränderter Wasserkörper eingestuft. Bei der Bewertung der QK „Morphologie“ wurden die Nutzungsfunktionen des Gewässers als übergeordnet betrachtet und in der Bewertung entsprechend berücksichtigt. Auf der Grundlage einer speziellen Bewertungsmatrix für künstliche und erheblich veränderte Wasserkörper wurde die Morphologie trotz der vorher beschriebenen Einschränkungen mit „gut“ bewertet.

Gemäß dem Hintergrundpapier zum Bewirtschaftungsplan 2015 [13] zur Festlegung weniger strenger Umweltziele wurde von der Möglichkeit des § 30 WHG Gebrauch gemacht. Nach gutachterlicher Einschätzung ist für den Wasserkörper der Unterwarnow das mäßige ökologische Potential als Entwicklungsziel festgelegt worden. Die Zielvorgaben, also die Erreichung der Zustandsklassen von mind. mäßig für die biologischen QK *Phytoplankton*, *Angiospermen (Makrophyten)* und *Makrozoobenthos*, sollen im Jahr 2027 erreicht werden. Der chemische Zustand der Unterwarnow ist als „nicht gut“ eingestuft. Grundlage für die Einstufung ist die Grenzwertüberschreitung für Quecksilber in Biota ebenso wie die Überschreitung UQN für TBT und PCB im Sediment. Die Verwendung von TBT-haltigem Antifoulingmitteln ist seit langem verboten, es findet sich aber immer noch in den Sedimentablagerungen.

6.2.4. Ergänzende aktuelle Messergebnisse

6.2.4.1. Beprobung im Zusammenhang mit der Erweiterung der Seekanals

Im Zusammenhang mit der Genehmigungsplanung für das Bauvorhaben „Seekanalerweiterung“ wurden in den Jahren 2015 und 2016 umfangreiche Messungen der biologischen Komponenten im Wasserkörper der Unterwarnow durchgeführt. Schwerpunkt der Beprobungen waren vorhabenbedingt der Breitling, der Seekanal und die vorgelagerten Küstengebiete. Für die QK Phytoplankton wurden aber auch Beprobungen in räumlicher Nähe zum Brückenvorhaben durchgeführt.

Diese Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Biologische Qualitätskomponente	
Phytoplankton	

Legende:

	sehr gut		mäßig		schlecht
	gut		unbefriedigend		nicht verfügbar

Die Bewertung der QK Phytoplankton erfolgte für den Messpunkt der Unterwarnow (dem Vorhabengebiet am nächsten) mit der Einstufung 4 (unbefriedigend). Ausschlaggebend war vor allem ein deutliches Unterschreiten des Referenzwertes für das Biovolumen gesamt. Die Einzelergebnisse sind in der folgenden Abbildung 11 dargestellt.

	Chlorophyll a [µg·l ⁻¹]	Biovolumen gesamt [mm ³ ·l ⁻¹]	Biovolumen Cyanobacteria [mm ³ ·l ⁻¹]	Biovolumen Chlorophyceae [mm ³ ·l ⁻¹]	PPI _{CW}
Typ B2a					
Referenzwert	1,60	0,480	0,140	0,009	
Unterwarnow (UW)	11,88	20,647	0,074	0,022	
EQR	0,135	0,023	1,902	0,413	
EQR _{norm.}	0,242	0,039	1,000	0,475	0,304

Abbildung 11: Auswertung Messung Phytoplankton für den MP „Unterwarnow“ [23]

6.2.4.2. Vorhabenbezogene Wasserproben im Vorhabengebiet

Für die Zustandsbeschreibung hinsichtlich der flussgebietspezifischen Schadstoffe und des chemischen Zustands wurden die vorhabenbezogenen Ergebnisse der Baugrundanalyse herangezogen. Aus der Abbildung 12 kann die Position der Proben- und Messstellen im Vorhabengebiet entnommen werden. Sie basiert auf den Festlegungen im Zusammenhang mit der Aufschlussplanung für die Baugrundanalyse [28].

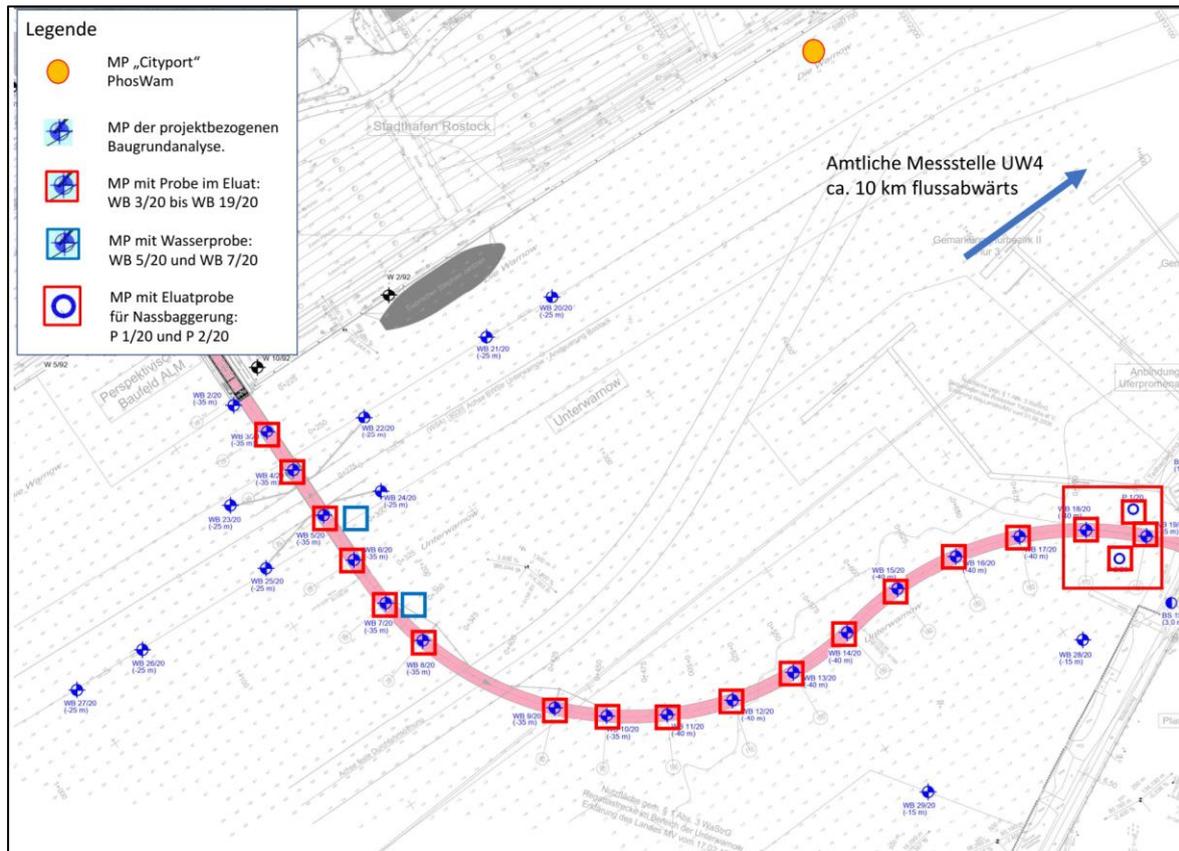


Abbildung 12: Messstellenübersicht der Wasser- und Sedimentproben im Vorhabengebiet [28]

Die Proben wurden im Januar 2021 von der Firma Vormann & Partner Bohrgesellschaft mbH & Co.KG entnommen und durch das Industrie- und Umweltlaboratorium Vorpommern GmbH nach den Vorgaben der OGewV hinsichtlich der Schadstoffbelastung analysiert. Aus den Aufschlüssen der Bohrproben WB 3/20 bis WB 19/20 und den zusätzlichen Bohrungen P 1/20 und P 2/20 im Bereich der Baggerarbeiten wurden Eluatproben extrahiert, um die Belastung wasserlöslicher Schadstoffe im Sediment zu erfassen. Zusätzlich wurden an den Aufschlusspunkten WB 5/20 und WB 7/20 Wasserproben aus dem Wasserkörper entnommen. Die Verteilung der Probestellen folgt der Gradienten des zukünftigen Bauwerkes. Somit bilden sie einen repräsentativen Querschnitt des Ist-Zustands im Vorhabengebiet ab.

Flussgebietspezifische Schadstoffe

Im Vorfeld erfolgte eine Abstimmung mit der zuständigen Überwachungsbehörde zum Umfang der darzustellenden Datenpunkte im Hinblick auf eine praktikable Messwertauswertung [25]. Im Ergebnis erfolgte eine Eingrenzung der Stoffliste nach Anlage 6 OGewV auf die Schadstoffe, die in der folgenden Tabelle 2 dargestellt sind. Diese Schadstoffe wurden dann in der Auswertung untersucht.

Tabelle 2: Messwerte für die Flussgebietspezifischen Schadstoffe [18]

Parameter	Grenzwert (OGewV)		Messwert	
	Wasser	Sediment	Wasser	Sediment
	[µg/l]	[mg/kg]	[µg/l]	[mg/kg]
Metalle				
Arsen		40		30
Chrom		640		38
Kupfer		160		76
Zink		800		570
Polycyclischer aromatischer Kohlenwasserstoff (PAK)				
Phenanthren	0,5		<0,01	
Polychlorierte Biphenyle (PCB)				
PCB-Nr. 28		0,02		<0,0005
PCB-Nr. 52		0,02		0,0032
PCB-Nr. 101		0,02		0,0053
PCB-Nr. 138		0,02		0,013
PCB-Nr. 153		0,02		0,012
PCB-Nr. 180		0,02		0,0067

Die dargestellten Messwerte stehen jeweils für den Maximalwert je Schadstoff aller Einzelproben. Die Proben wurden je Bohrpunkt vollständig analysiert und so zusammengefasst. Im Ergebnis ist festzustellen, dass die Grenzwerte der Anlage 6 OGewV im Vorhabengebiet nicht überschritten werden.

Physikalisch-chemische Qualitätskomponente

Die Einstufung der allgemeinen physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten folgt den Vorgaben gemäß § 5 Abs. 4 OGewV auf Anlage 3 Nr. 3.2 i.V.m. Anlage 7 OGewV. Für ein Küstengewässer, wie die Unterwarnow, existiert ein numerischer Beurteilungswert nur für Salinität, Gesamt-Stickstoff und Gesamt-Phosphor.

Die Unterwarnow ist unter anderem aufgrund der übermäßigen Nährstoffeinträge durch die einmündenden Fließgewässer und der Einträge in den Hafenbereichen und die Hansestadt Rostock stark eutroph.

Im Zusammenhang mit der Baugrundanalyse wurden an zwei Messstellen im Vorhabengebiet Wasserproben genommen und hinsichtlich der Nährstoffgehalte analysiert (WB 5/20 und WB 7/ 20, siehe Abbildung 12). Unterstützend wurden Daten aus der Verbundprojekt PhosWaM hinzugezogen. Unter Leitung des Instituts für Ostseeforschung (IOW) wurden über einen längeren Zeitraum Wasserproben aus der Unterwarnow entnommen und auf die

Nährstofffrachten analysiert [20]. Einer der Messpunkte liegt in unmittelbarer Vorhaben-nähe (MP „Cityport“, siehe Abbildung12). Die dort erfassten Daten bieten eine gute Vergleichsmöglichkeit.

Tabelle 3 fasst die Auswertung der Messergebnisse hinsichtlich dieser beiden Messkomponenten Gesamt-P und Gesamt-N zusammen und stellt sie in Zusammenhang mit den amtlichen Messwerten an der Messstelle UW 4.

Tabelle 3: Messwerte für Gesamt-Phosphor und Gesamt-Stickstoff [14][18][20]

	Einheit	Grenzwert (*)	Mittelwert PhosWaM	Max. Projektmessung (**)	Mittelwert UW 4 (***)
Gesamt P	mg/l	≤ 0,018	0,0903	0,22	0,0477
Gesamt N	mg/l	≤ 0,250		4,00	1,3125

(*) Grenzwert gemäß Anlage 7 Nummer 2.4 OGewV für das gute ökologische Potential Subtyp B2a

(**) Maximalwert basierend auf zwei separaten Wasserproben (Probendatum 05.03.2021)

(***) Messreihe der Jahre 2014 bis 2018

Die Messwerte zeigen, dass die Grenzwerte der Nährstoffe für das gute ökologische Potential, wie sie in der Anlage 7 zur OGewV für die Übergangs- und Küstengewässer in Mecklenburg-Vorpommern festgelegt sind, in der Nähe des Vorhabenstandortes generell deutlich überschritten werden. Die sehr hohen Nährstoffkonzentrationen bei der aktuellen Messung im Vergleich zum Mittelwert an der amtlichen Messstelle UW 4 und den Messungen von PhosWAM lassen sich mit den saisonal stark schwankenden Konzentrationen erklären, wobei die Konzentrationen zum Zeitpunkt der Messung im Frühjahr nach den Niederschlägen gewöhnlich am höchsten sind.

Chemischer Zustand

Wie auch in Bezug auf die flussgebietspezifischen Schadstoffe wurde in Abstimmung mit der Überwachungsbehörde eine Eingrenzung der Stoffliste aus der Anlage 8 OGewV vorgenommen. Daraufhin wurden zwei Wasserproben aus dem Vorhabengebiet (WB 5/20 und WB 7/20) auf diese Schadstoffe untersucht und den amtlichen Messwerten der Messstelle UW 4 gegenübergestellt. Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle 4 zusammengefasst.

Tabelle 4: Messwerte zum chemischen Zustand [14][18]

	Grenzwert (Küstengewässer)	Messwert Wasser	Messwert Wasser	Amtliche Messung
	ZHK_UQN	WB 5/20	WB 7/20	UW 4
Parameter	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]
Metalle				
Blei	14	<1	<1	0,019
Cadmium	0,45	<0,3	<0,3	0,022
Nickel	34	<1	1	3,914
Quecksilber	0,07	<0,05	<0,05	0,0015
Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) nach EPA				
Anthracen	0,1	<0,01	<0,01	0,5
Benzo(a)pyren	0,027	<0,01	<0,01	0,085
Benzo(b)fluoranthren	0,017	<0,01	<0,01	2,5
Benzo(ghi)perylen	0,00082	<0,008	0,008	0,2
Benzo(k)fluoranthren	0,017	<0,01	<0,01	2,5
Fluoranthren	0,12	<0,01	<0,01	1
Indeno(123,cd)pyren	Nicht anwendbar	-	-	-
Naphthalin	130	<0,01	<0,01	0,05
Organochlorpestizide (OCP)				
Summe OCP	0,005	n.b.	n.b	
DDT ges	Nicht anwendbar	<0,01	<0,01	-
4.4-DDT ges	Nicht anwendbar	<0,01	<0,01	1,5
Organische Zinnverbindungen (OZV)				
Tributylzinn (Kation)	0,0015	<0,017	<0,016	0,1
Industriechemikalien				
Hexachlorbenzol	0,5	<0,01	<0,01	7,5
Pestizide				
Heptachlor	0,0003	<0,01	<0,01	--

Die Messwerte liegen größtenteils unter den labortechnischen Bestimmungsgrenzen. Für die Schadstoffe Heptachlor, Tributylzinn und Benzo(ghi)perylen liegen die gesetzlichen Grenzwerte noch unter den Bestimmungsgrenzen. Eine abschließende Bewertung kann daher nicht vorgenommen werden. Hier kann aber die amtliche Messung am Messpunkt UW 4 herangezogen werden, um zumindest eine verhältnismäßige Einordnung vornehmen zu können. Es zeigt sich, dass die aktuellen Messungen im Vorhabengebiet bei den Stoffen Benzo(ghi)perylen und Tributylzinn deutlich unter den amtlichen Messungen liegen. Für Heptachlor liegen hingegen keine amtlichen Messungen vor.

6.2.5. Abschließende Bewertung

Aufgrund der vielfältigen Nutzungen, morphologischen Überprägungen, der Einträge aus den Hafengebieten sowie der Stofffrachten, die über die Warnow und andere Zuflüsse eingetragen werden, bestätigen Ergebnisse der aktuellen Messungen und die Auswertung der weiteren Datenquellen die aktuelle Einstufung des Küstenwasserkörpers durch die Überwachungsbehörde in die Klasse des schlechten ökologischen Potentials.

In der Zusammenfassung ergibt sich die folgende Bewertung:

Biologische Qualitätskomponente		Unterstützende Qualitätskomponente		Chemischer Zustand	
Phytoplankton		Morphologie		gesamt	
Makrophyten/Angiospermen		Stickstoff-Gesamt		u.a. Benzo(ghi)perylen, Tributylzinn (Kation), Heptachlor	
Makrozoobenthos		Phosphor-Gesamt			
Ökologisches Potential					

Legende:

	sehr gut		mäßig		schlecht
	gut		unbefriedigend		nicht verfügbar

7. Beschreibung der Wirkungen des Vorhabens auf die betroffenen Wasserkörper

Dieses Kapitel betrachtet die verschiedenen Wirkfaktoren des Vorhabens in Bezug auf den betroffenen Wasserkörper. Es werden die potentiellen Wirkfaktoren dargestellt, wobei zwischen bau-, anlage- und betriebsbedingten Wirkfaktoren unterschieden wird.

Tabelle 5: Wirkfaktoren des Vorhabens mit potenziellen Auswirkungen auf die QK

Wirkfaktor (WF)	Mögliche Wirkungen	Potenzielle Auswirkung	Pot. betroffene QK
baubedingt			
Baugeschehen	<ul style="list-style-type: none"> Lärm-, Staub- und Abgas-Emissionen sowie Vibrationen während der Bauzeit, Schadstoffeintrag durch Betriebsmittel, Schadstoffverlagerung durch Sedimentmobilisierung Sedimenteintrag, 	<ul style="list-style-type: none"> Verminderte Habitatfunktionen, Veränderte Gewässerchemie 	<ul style="list-style-type: none"> Biologische QK, Chemisch-physikalische QK chemischer Zustand

Wirkfaktor (WF)	Mögliche Wirkungen	Potenzielle Auswirkung	Pot. betroffene QK
anlagebedingt			
Brückenbauwerk	<ul style="list-style-type: none"> • Verschattung • Veränderung der Ufermorphologie • Verlust von Lebensraum durch die Brückenpfeiler • Veränderung der Strömungsverhältnisse im WK 	<ul style="list-style-type: none"> • Verminderte Habitatfunktionen, 	<ul style="list-style-type: none"> • Biologische QK • Gewässermorphologie • Chemisch-physikalische QK
Landseitige Anbindungen	<ul style="list-style-type: none"> • Stoffeintrag durch Regentwässerung • Veränderung der Ufermorphologie 	<ul style="list-style-type: none"> • Verminderte Habitatfunktionen, • Veränderte Gewässerchemie 	<ul style="list-style-type: none"> • Biologische QK • Gewässermorphologie • Chemisch-physikalische QK
betriebsbedingt			
Brückenbauwerk	<ul style="list-style-type: none"> • Schallemissionen durch Betrieb der Klappbrücke • Stoffeinträge durch Wartungsarbeiten an der Brücke 	<ul style="list-style-type: none"> • Verminderte Habitatfunktionen, • Veränderte Gewässerchemie 	<ul style="list-style-type: none"> • Biologische QK • Gewässerchemie

7.1. Baubedingte Wirkfaktoren

Durch die Schwimmbaggerarbeiten kommt es baubedingt zu einem vorübergehenden Habitatverlust im direkten Eingriffsbereich der Sohlvertiefung durch Sedimententnahme. Dies betrifft eine Fläche von ca. 944 m².

Im Zusammenhang mit den Bagger- und Brückenfundamentarbeiten kann es zur Suspension von Nähr- und Schadstoffen kommen, die derzeit noch im Sediment gebunden sind. Diese Arbeiten können auch zu höheren Sedimentfrachten mit anschließender Trübung und Verringerung der Sichttiefen führen.

Bei den Brückenbauarbeiten besteht die Gefahr, dass es durch Lärm- und Vibrationen zu Verminderungen der Habitatfunktionen im Umfeld des Bauvorhabens kommen kann.

Durch Havarien können zusätzlich Betriebsmittel der Baumaschinen in das Gewässer gelangen und zu einer negativen Veränderung des Chemischen Zustandes führen.

7.2. Anlagebedingte Wirkfaktoren

Die Schattenwirkung des Brückenbauwerkes kann eine Veränderung der Habitatbedingungen hervorrufen.

Im Bereich der Brückenpfeiler, dem Brückenwiderlager und den technischen Einrichtungen der Brücke geht Gewässerboden als Habitat verloren.

Darüber hinaus können die Brückenpfeiler in das Strömungsregime des Fließgewässers eingreifen und Veränderungen z.B. in der Fließgeschwindigkeit, im Schichtensystem oder der Sedimentverlagerung auslösen.

Über die Regenentwässerung der brückenanbindenden Wege können zusätzlich Nähr- und Schadstoffeinträge verbunden sein, die sich wiederum negativ auf die Wasserchemie auswirken können.

7.3. Betriebsbedingte Wirkfaktoren

Durch den Betrieb der Klappbrücke können zusätzliche Schallemissionen zu einer Beeinträchtigung der Habitatfunktionen des WK führen.

Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten bedingen ein erhöhtes Risiko von Schadstoffeinträgen in den Wasserkörper.

8. Prognose und Bewertung der Wirkungen des Vorhabens auf die betroffenen Wasserkörper

Im Folgenden wird für den Wasserkörper geprüft, ob die Auswirkungen des Vorhabens insgesamt zu einer Verschlechterung der Bewertung einer biologischen Qualitätskomponente um eine Qualitätsstufe im Wasserkörper führen können. Eine zusätzliche Verschärfung ergibt sich dann, wenn der Wasserkörper bereits in die Klasse 5 eingestuft ist. Dann ist jede weitere messbare Verschlechterung relevant für die Bewertung des Wasserkörpers und damit unzulässig.

8.1. Oberflächenwasserkörper Unterwarnow WP_05

Die nachfolgende Tabelle 6 stellt den Zusammenhang zwischen den projektbedingten Wirkungen auf die einzelnen Qualitätskomponenten dar. Wirkfaktoren, welche in keinem Wirkzusammenhang mit dem genannten Wasserkörper stehen, wurden zwecks Übersichtlichkeit nicht betrachtet.

Tabelle 6: Potenzieller Wirkzusammenhang der Baumaßnahme bezogen auf die QK des WK WP_05

Einzelmaßnahmen (Wirkfaktor)	Ökologisches Potential					Chemischer Zustand
	Gewässerflora (Phytoplankton, Angiospermen/ Großalgen)	Gewässerfauna (Makro-zoobenthos,)	Unterstützende QK			
			Morphologie	Flussgebietspez. Schadstoffe	Allg. phys.-chem. QK	
baubedingt						
Fundamentarbeiten	(-)	(-)				
Schwimmbaggerung	-	-		-	-	-
Nähr- und Schadstofffreisetzung	(-)	(-)		-	-	-
anlagebedingt						
Schattenwurf	-					
Veränderung der Gewässerhydraulik	-	-	-		(-)	(-)
Entwässerung	(-)	(-)	-	-	-	-
betriebsbedingt						
Betrieb der Klappbrücke		-				
Wartungsarbeiten der Brücke				(-)	(-)	(-)

Legende: (- = negativ, + = positiv, ± = neutral, () – geringer Einfluss, temporär oder nachrangig)

8.1.1. Hydromorphologische QK

Durch die Brücke, insbesondere durch die Brückenpfeiler, kann es zu einem Eingriff in den hydrodynamischen und morphologischen Zustand des WK kommen. In Abhängigkeit von der Fließgeschwindigkeit und den morphologischen Gegebenheiten erzeugen die Brückenpfeiler einen Wirbeleffekt, der sekundäre Strömungen und daraus folgende Bodenerosion um den Pfeiler verursacht (siehe Abbildung 13). Außerdem kann es im Sinne einer Stauwirkung im Bereich des Brückenbauwerkes zu lokalen Wasserstands- und Strömungsgeschwindigkeitsänderungen kommen. Durch Hochwasserzustände werden diese Effekte verstärkt.

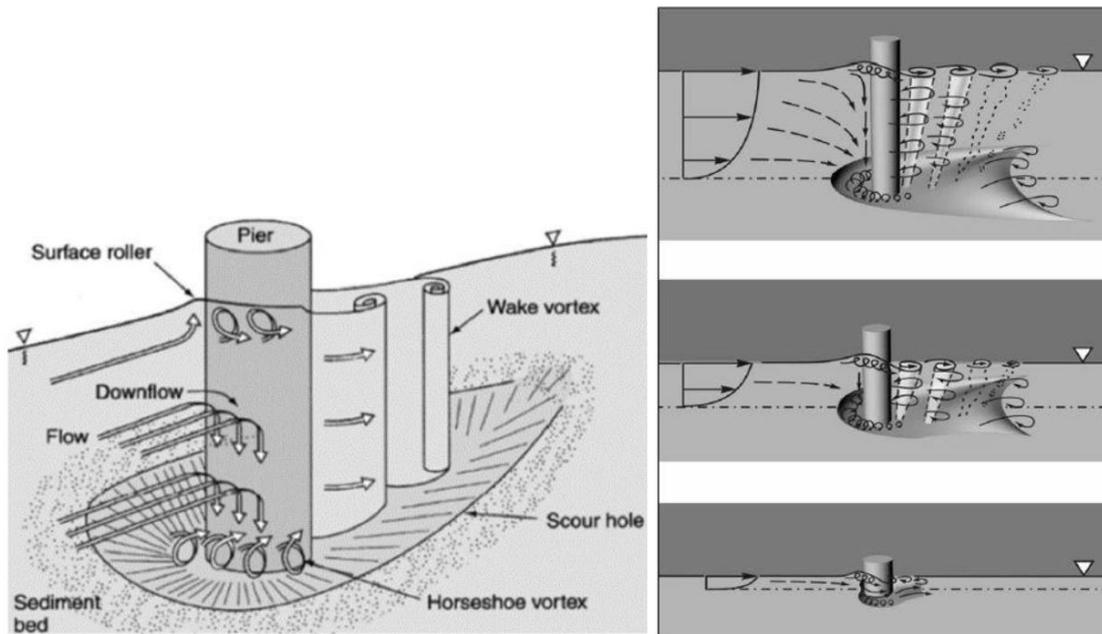


Abbildung 13: hydrodynamische Effekte eines umströmten Pfeilers

Um diese Effekte für das hier zu bewertende Brückenbauwerk zu prüfen, wurde ein Gutachten zu den hydraulischen Auswirkungen in Auftrag gegeben. Dieses Gutachten ist dem Fachbeitrag als Anlage 1 beigefügt.

Das Gutachten kommt zu dem Ergebnis, dass das Vorhaben in Bezug auf den gesamten Wasserkörper keine negativen Auswirkungen auf die hydraulischen und hydromorphologischen Verhältnisse hat. Die Pfeiler nehmen weniger als 8% des Querschnitts ein, was den Wasserstand in der Größenordnung nicht wahrnehmbar beeinflusst. Die geschwungene Linienführung der Brücke trägt dazu bei, die Auswirkung der Einengung zu entzerren. Außerdem ist die Fließgeschwindigkeit der Unterwarnow auch bei Hochwasserereignissen zu gering, um messbare Effekte an den Brückenpfeilern auszulösen.

Auf die morphologischen Bedingungen hat das Brückenbauwerk daher keinen negativen Einfluss.

8.1.2. Flussgebietsspezifischen Schadstoffe

Die im Zuge der Vorplanung erfassten Messwerte aus dem Sediment im Vorhabengebiet für die flussgebietsspezifischen Schadstoffe liegen alle unterhalb der Grenzwerte laut Anlage 6 der OGewV.

Als Vermeidungsmaßnahmen sind im landschaftspflegerischen Begleitplan für den Gewässerschutz folgende Regelungen zusätzlich festgelegt worden (siehe Vermeidungsmaßnahme 13 V [22]):

- Reinigungsmittel, Anstrichstoffe, Strahlmittelabfälle sowie Schleif- und Filterstäube dürfen nicht in Gewässer oder auf unbefestigten Boden gelangen.
- „Es werden keine schwermetallhaltigen Anstrichstoffe verwendet. Ausgenommen sind zinkhaltige Überzüge, welche zusätzlich mit mehreren Zwischen- und Deckbeschichtungen zu versehen sind, sowie eisenhaltige Beschichtungsstoffe. Bleihaltige Farben (Bleigehalt > 0.01 %) sind generell unzulässig

Der vorhabenbedingte Eintrag von Schwermetallen durch unsachgemäßen Umgang mit dem Brückenanstrich oder der Anstrichkorrosion wird mit dieser Regelung vermieden.

Insgesamt führt das Bauvorhaben nicht zu einer Überschreitung der Grenzwerte für die flussgebietspezifischen Schadstoffe gemäß Anlage 6 OGewV.

8.1.3. Allgemeine physikalisch-chemische QK

Durch das Vorhaben erfolgt kein zusätzlicher Eintrag von Nährstoffen. Die Entwässerung der anbindenden Straße am Fährberg erfolgt in vergleichbarer Größenordnung wie bisher. Die Brücke ist nur für den Fuß- und Fahrradverkehr freigegeben. Auf die Salinität des Wasserkörpers hat das Bauvorhaben keinen Einfluss.

Insbesondere durch die Nassbaggerung kann es zur Mobilisierung von Nährstoffen aus den Flusssedimenten kommen. Dabei sind die zeitliche Dauer und Intensität (= mobilisiertes Sedimentvolumen) entscheidende Größen für das Ausmaß der Beeinträchtigungen. Werden geringere Sedimentmengen mobilisiert, ist mit einer entsprechend stärkeren Verdünnung der in die Wassersäule resuspendierten Nährstoffe zu rechnen.

Beim Baggervorgang ist davon auszugehen, dass durch das Bewegen des Baggerkopfes Porenwasser freigesetzt und Sedimente aufgewirbelt werden. So können gelöste Nährstoffe bzw. Schwebstoffe in die Wassersäule gelangen. In der folgenden Tabelle 7 sind die Eluatmesswerte der Bohrproben im Bereich der Nassbaggerfläche zusammengefasst.

Tabelle 7: Auswertung der Eluatproben im Bereich der Nassbaggerung hinsichtlich der Nährstoffkonzentration [18]

	Probe P 1	Probe P 2
	[mg/l]	[mg/l]
Gesamt-N	7,7	22
Gesamt P	0,65	0,39

Wie Ergebnisse zu Untersuchungen im Zusammenhang mit Unterhaltungsmaßnahmen an der Unterweser zeigen [9], kann bei dem Baggervorgang mit nur sehr geringen Auswirkungen auf den Nährstoffhaushalt des WK gerechnet werden, wenn entsprechende technische Vorkehrungen getroffen werden. Dann werden nur geringe Mengen suspensionsfähigen

Materials aufgewirbelt bzw. in der Wassersäule eingemischt. Die Reduzierung wird in dem Bericht mit bis zu 90% angegeben. Als geeignete Maßnahmen werden die Verwendung eines geschlossenen Greifers und die Installation einer Erosionsbarriere z.B. in Form eines Silt-Screens benannt. Diese Maßnahmen werden für das Vorhaben für die Nassbaggerung als Vermeidungsmaßnahme 14 V im LBP vorgeben. Auch ist durch die hohen Turbulenzen und intensiven Vermischungsprozesse in Verbindung mit dem sehr günstigen Größenverhältnis von Baggerfläche zur gesamten Wasserkörperfläche eine starke Verdünnung gegeben.

Für den abschließenden Nachweis der Unbedenklichkeit des Vorhabens kann folgender rechnerischer Nachweis dienen:

1. Die Untersuchung der Sedimente ergab eine gemittelte Konzentration bei N_{ges} von 5.000 mg/kg TS und bei P_{ges} von 1.055 mg/kg TS. Zusätzlich ergab die Laboranalyse für die Substratprobe einen gemittelten Trockenrückstand von rund 33 %.
2. Laut Planung sollen rund 840 t Baggergut entnommen werden. Beim vorbezeichneten Trockenrückstand (33% = 277.200 kg TS) enthielte das Baggergut 1.386 kg N_{ges} und 292 kg P_{ges} . Diese Mengen würden mit dem Baggergut aus dem Nährstoffsystem des WK entfernt.
3. Die Eluatproben weisen eine Nährstoffkonzentration wie in Tabelle 7 dargestellt, auf. Aufgrund des TS-Gehaltes von 33% sind im Baggergut 563 m³ Wasser enthalten. Im Wasser sind also rund 8,36 kg N_{ges} und 0,14 kg P_{ges} gelöst.
4. Es wird angenommen dass 10% der Nährstoffmengen aufgrund der Baggerarbeiten in das Gewässer suspendieren könnten. Diese Menge kann durch die ergriffenen technischen Maßnahmen um 90% verringert werden (siehe oben).
5. Demzufolge würden durch die Baggerarbeiten 0,0836 kg N und 0,0014 kg P in die Wassersäule über der Baggerfläche gelangen.
6. Im nächsten Schritt wird nun untersucht, wie sich die Konzentration der Nährstoffe in der Wassersäule im Umkreis von 100 m um die Baggerfläche entfernt, verändert. Dazu wird zunächst das Wasservolumen auf diese Entfernung berechnet. Es wird ein idealisiertes Modell entworfen, wie es in Abbildung 14 zu sehen ist. Die Baggerarbeiten finden in der Tiefenzone zwischen -1,50 m und -1,30 m statt. Die Baggerfläche hat eine Größe von ca. 1.140 m². Das Wasservolumen über der Baggerfläche beträgt somit im idealen Modell ca. 1.653 m³. In 100 m Abstand beträgt das Wasservolumen dann ca. 15.917 m³.

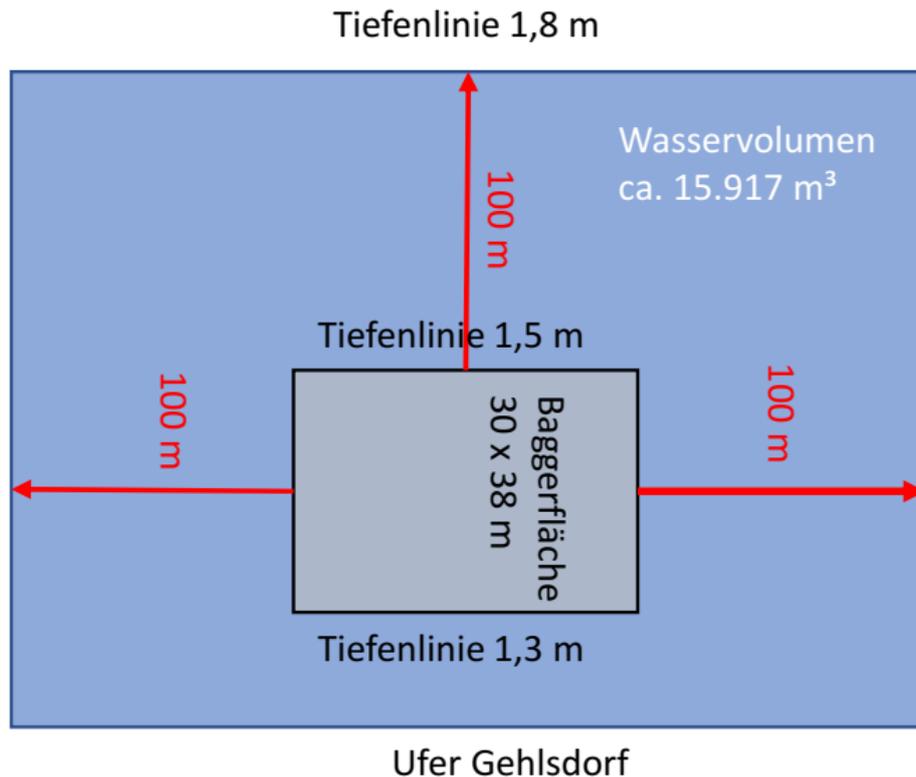


Abbildung 14: Berechnungsmodell Verdünnungsrechnung

7. In diesem Wasservolumen ergäbe sich eine Konzentrationserhöhung von $0,0052 \text{ mg/l } N_{\text{ges}}$ und $0,000088 \text{ mg/l } P_{\text{ges}}$. In 300 m Entfernung sind die suspendierten Nährstoffmengen messtechnisch nicht mehr nachweisbar. Unberücksichtigt bleiben bei dieser groben Berechnung die Strömungseffekte des Gewässers, welche die Vermischung noch weiter fördern würden.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass das sehr positive Mengenverhältnis aus großer Entnahmemenge über das Baggergut und geringer Resuspension bei den Arbeiten im Sinne des Gewässerschutzes grundsätzlich positiv zu bewerten ist. Konzentrationserhöhungen der Nährstoffe sind schon im geringen Abstand zum Vorhabenbereich aufgrund der kleinen Resuspensionsmenge im Vergleich zum sehr großen Wasservolumen des WK messtechnisch nicht mehr nachweisbar.

Die Brückenpfeiler sowie die Stützen und Dalben für den Schwimmsteg werden als Hohlrohre in den Boden gerammt, ohne das vorher Sediment bewegt werden muss. Technologiebedingt ist somit die Gefahr relevanter Mobilisierung von Nährstoffen aus dem Sediment ausgeschlossen.

Eine messbare Verschlechterung der allgemeinen physikalisch-chemischen QK durch das Vorhaben ist aus den genannten Gründen ausgeschlossen. Die Entnahme und Entsorgung des Baggergutes wirkt sich positiv auf die Nährstoffbilanz des WK aus.

8.1.4. Biologische QK

8.1.4.1. Phytoplankton

Die Auswirkungen des Vorhabens verändern den Lebensraum für das Phytoplankton nicht, so dass sich daraus keine Verschiebungen der Artzusammensetzung und Abundanz ergeben. Wie im vorangegangenen Kapitel rechnerisch nachgewiesen, sind die temporären Auswirkungen durch eine potentielle Erhöhung der Nährstofffrachten nur auf einen kleinen lokalen Bereich beschränkt. Auf den Zustand des WK insgesamt hat das Vorhaben hinsichtlich der Nährstofffrachten im WK keine Auswirkungen. Die festgelegten technischen Maßnahmen zur Verhinderung baubedingter Gewässertrübungen in Verbindung mit der Kleinräumigkeit des Vorhabens bezogen auf die Größe des Wasserkörpers führen dazu, dass eine messbare Beeinflussung der QK Phytoplankton durch das Vorhaben ausgeschlossen werden kann.

8.1.4.2. Angiospermen und Großalgen

Die biologischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Eingriffsplanung für das Vorhaben, zeigen das vollständige Fehlen von Angiospermen und Großalgen im Vorhabengebiet [27]. Die während der Beprobung gemachten Aufnahmen zeigen den Vorhabensbereich vegetationsfrei. Lediglich an einer Stelle in Ufernähe zur Gehlsdorfer Seite wurde eine einzelne Samenpflanze festgestellt, entnommen und im Labor als *Myriophyllum spicatum* (Ähriges Tausendblatt) bestimmt. Insgesamt wurde ein sehr strukturarmes Schlickhabitat festgestellt. Bilderauszüge aus den Videosequenzen (Abbildung 15) belegen diese Einschätzung.

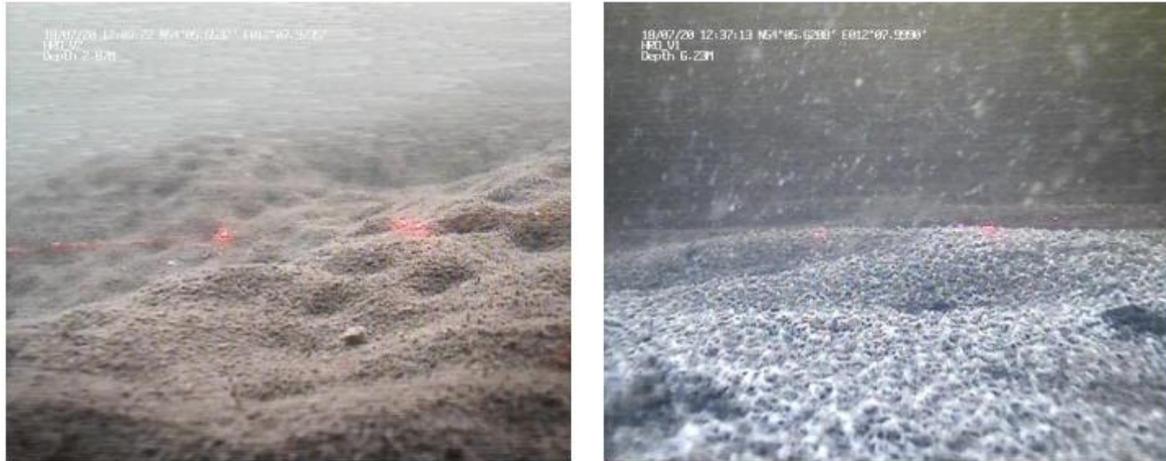


Abbildung 15: Auszüge aus den Videosequenzen zur Biotopkartierung

Eine Einstufung nach dem Verfahren PHYBIBCO war aufgrund des vollständigen Fehlens von Individuen nicht möglich.

Die Fundamentarbeiten zur Errichtung der Brückenpfeiler und die Baggerarbeiten werden somit in einem makrophytenfreien Bereich des Wasserkörpers durchgeführt. Eine baubedingte Verschlechterung des jetzigen Zustandes z.B. durch Entnahme oder Überbauung kann daher ausgeschlossen werden.

Die technischen Maßnahmen zur Vermeidung von Trübungsfahnen bei den Wasserbauarbeiten verhindern eine Sedimentverschleppung in das Umfeld der Baumaßnahme.

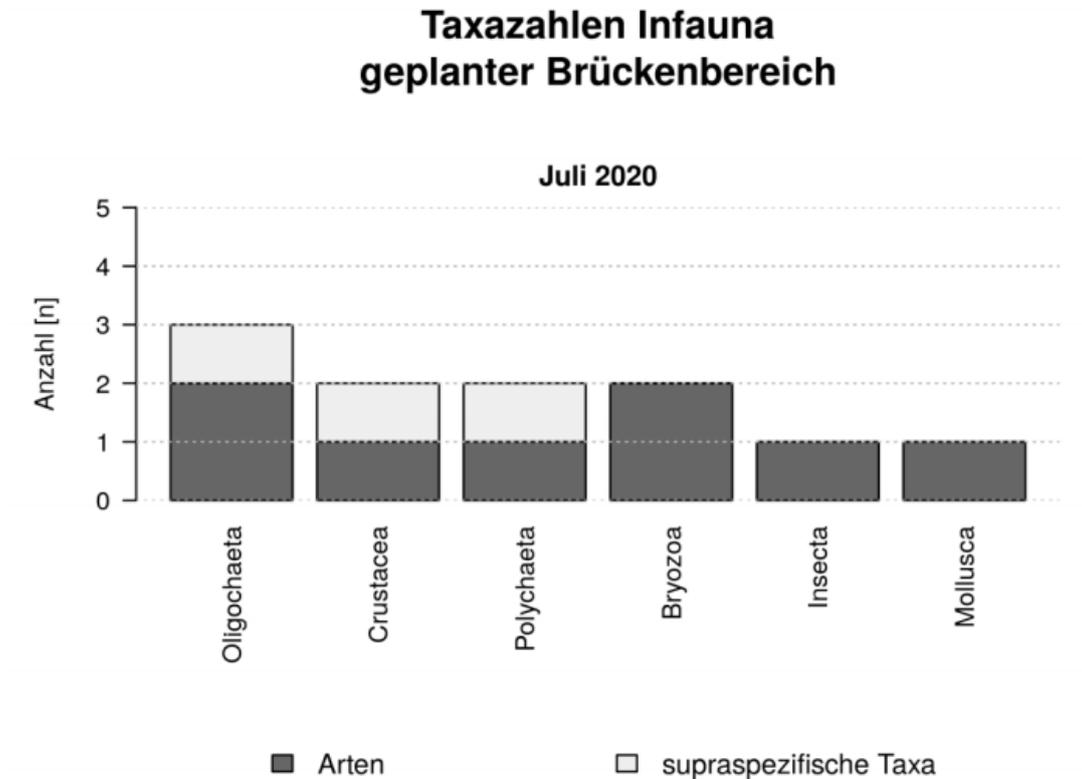
Negative Auswirkungen durch die Freisetzung zusätzlicher Nährstoffe, die derzeit noch im Gewässerboden gebunden sind, können mit Hinweis auf den rechnerischen Nachweis im vorangegangenen Kapitel 8.1.3. ebenfalls ausgeschlossen werden.

Das Vorhaben ist daher nicht geeignet, den Zustand der biologischen QK Angiospermen und Großalgen weiter zu verschlechtern. Diese Analyse erfolgt auch unter der besonderen Maßgabe, dass die QK derzeit in die schlechte Zustandsklasse eingeordnet ist.

8.1.4.3. Makrozoobenthos

Im Zusammenhang mit der vorhabenbezogenen Biotopkartierung für die landschaftspflegerische Begleitplanung wurden auch das Makrozoobenthos erfasst und ausgewertet [27]. Alle Untersuchungen wurden am 18.07.2020 von Bord eines Arbeitsbootes bzw. von Land aus (Tauchuntersuchungen) durchgeführt. Insgesamt wurden im Untersuchungsgebiet an 12 Stationen Benthosproben entnommen sowie sechs Videotransekte realisiert. Abbildung 17 gibt einen Überblick über den Untersuchungsumfang.

Bei der Beprobung im Vorhabengebiet wurden insgesamt acht Arten und drei supraspezifische Taxa erfasst. Diese verteilten sich auf sechs taxonomische Großgruppen, welche in Abbildung 16 dargestellt sind.



1.

Abbildung 16: Auswertung Messung Phytoplankton für den MP „Unterwarnow“ [23]

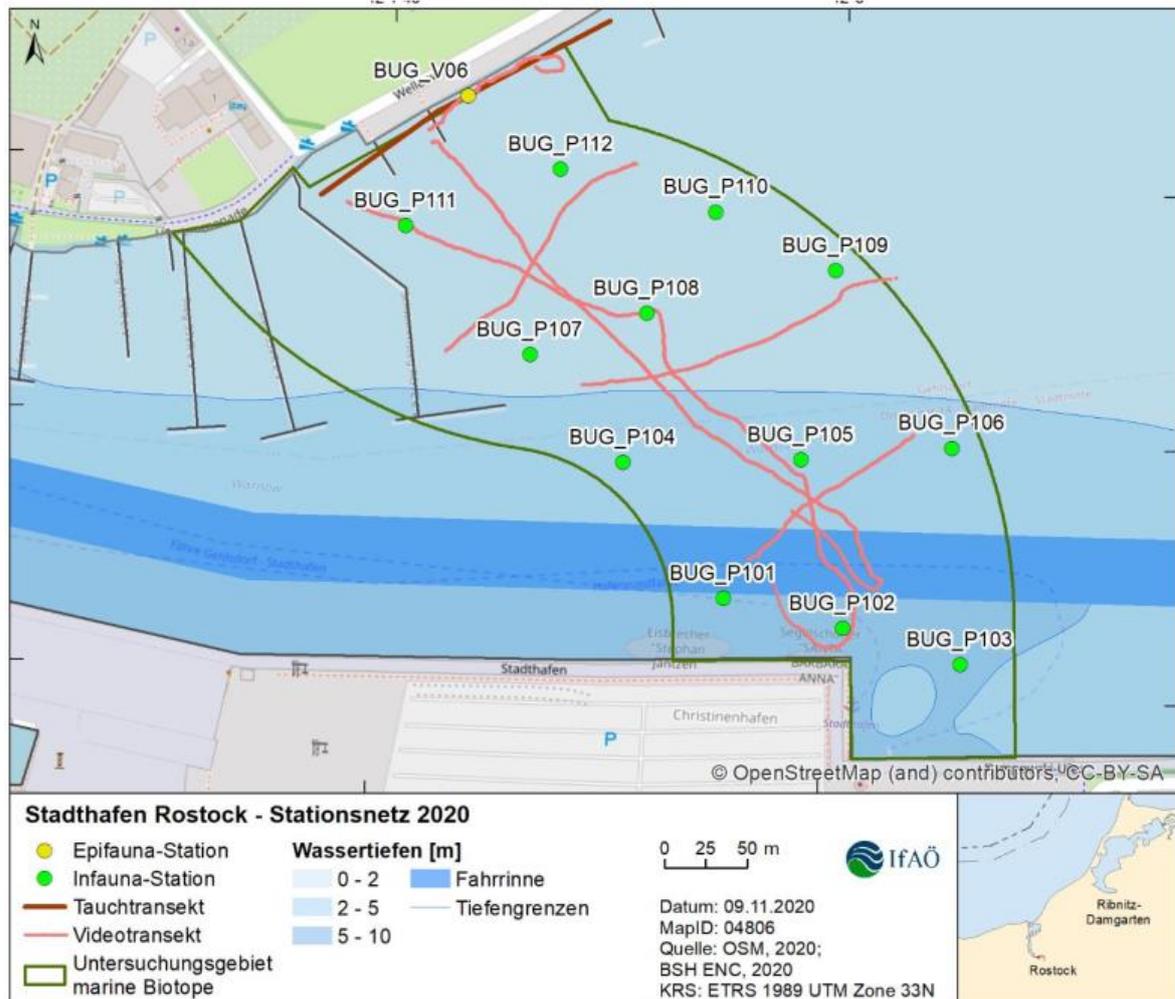


Abbildung 17: Auswertung Messung Phytoplankton für den MP „Unterwarnow“ [23]

Von den 12 nachgewiesenen Taxa wurde die Krusten-Seerinde *Einhornia crustulenta* an vier der untersuchten Stationen nachgewiesen. Alle übrigen Taxa wurden an jeweils nur einer Station dokumentiert und traten somit selten auf. Bei dem Polychaeten-Taxon *Marenzelleria* sp. handelt es sich um eine Neozoe.

Die mittlere Gesamtabundanz betrug im Untersuchungsraum rund 15 Ind./m² und bewegte sich an den Stationen zwischen 0 Ind./m² (unbesiedelt) und 111 Ind./m² (BUG_P102).

Für die Übertragbarkeit der Untersuchung auf den Fachbeitrag wurden die Ergebnisse in das Bewertungsverfahren nach MarBIT übertragen.

Von den im Weichboden erfassten Taxa stehen drei auf der Referenzartenliste. Im Rahmen der Untersuchungen wurden weder sensitive noch obligatorisch sensitive Taxa nachgewiesen.

	Index	Klasse	Ökologischer Zustand
Biodiversität (TSI)	0,11	5	schlecht
Abundanzverteilung	0,00	5	schlecht
Sensitive Taxa	0,00	5	schlecht
Tolerante Taxa	0,00	5	schlecht
EQR MW	0,03	5	schlecht
EQR Median	0,00	5	schlecht

Abbildung 18: MarBIT-Teilindizes sowie der berechnete Gesamt-EQR für das Habitat Weichboden in der Unterwarnow im Juli 2020

Alle vier Teilindizes des Berechnungsverfahrens wurden mit schlecht bewertet ($< 0,2$). Damit ergab sich ein schlechter EQR (0,03) für den Wasserkörper im Vorhabenbereich. Die Berechnung des EQR mittels Median ergab ebenfalls einen schlechten EQR.

Wie die biologischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Eingriffsplanung zeigen, erfolgen die Bauarbeiten in einem sehr artenarmen Gewässerbereich. Die Bewertung nach dem Verfahren MarBIT ergab eine Einstufung in die Klasse 5. Auf den Aufstellflächen der Brückenpfeiler, dem Brückenwiderlager im Stadthafen, den technischen Brückeneinrichtungen sowie den Fundamenten und Dalben der neuen Steganlage geht Lebensraum für benthische Wirbellosenfauna verloren. Aufgrund der Kleinräumigkeit in Bezug auf die Gesamtgröße des WK und der nachgewiesenen Artenarmut im Vorhabengebiet ist dieser Eingriff aber als sehr gering zu bewerten.

Dies gilt zunächst auch für die Fläche der Nassbaggerung. Die Wiederbesiedlung erfolgt hier aber zusätzlich durch aktive Immigration vagiler Arten und über den passiven Transport von Organismen (z.B. pelagische Larven). Erstbesiedler sind im allgemeinen Tiere, die vor dem Eingriff dominant in dem betreffenden Gebiet auftraten. Das Makrozoobenthosmonitoring zur Vertiefung der Fahrrinne im Überseehafen auf 14,5 m zeigte, dass die von Nassbaggerarbeiten betroffenen Monitoring-Stationen erfolgreich wiederbesiedelt wurden. Die damalige Vertiefung hat zu keiner nachteiligen Veränderung der Artenzusammensetzung und Abundanz des Makrozoobenthos geführt [10].

Eine vorhabenbedingte Verschlechterung des aktuellen Zustands der Qualitätskomponente Makrozoobenthos über eine Klassengrenze nach unten ist demnach ausgeschlossen.

8.1.5. Chemischer Zustand

Durch das Brückenbauwerk kann es anlagen- und betriebsbedingt nicht zu einem zusätzlichen Eintrag von Schadstoffen gemäß der Liste im Anhang 8 OGeV kommen. Da die Brücke und die anbindenden Straßen auf der Gehlsdorfer Uferseite nur für den Fuß- und

Radverkehr freigegeben ist, ist auch der Eintrag straßenverkehrsspezifischer Schadstoffe ausgeschlossen.

Die Entnahme von 840 t schadstoffbelasteten Sedimenten im Bereich der Baggerfläche führt dort zu einer Verringerung des Schadstoffinventars. Mögliche Resuspensionen von Schadstoffen während der Baggerarbeiten und der Arbeiten an den Brückenfundamenten werden aufgrund des Einsatzes besonderer Technik, wie der Verwendung einer Schlickschürze, ausgeschlossen. Die Verringerung der sohnahen Schadstoffmengen in den Gewässersedimenten wird als positiv bewertet.

In der Tabelle 8 werden die Mengen aufgeführt. In Summe werden rund 33 kg Schadstoffe mit dem Baggergut aus dem WK entfernt.

Tabelle 8: Schadstoffkonzentration in den Sedimentproben an der Baggerstelle und die abgeführte Schadstoffmenge [14][18]

	Mittelwert Konzentration der Proben	Schadstoffmenge absolut (840 t Baggergut)
Parameter	[mg/l]	[kg]
Metalle		
Blei	101,5	28,1358
Cadmium	0,73	0,202356
Nickel	12,65	3,50658
Quecksilber	1,5	0,4158
Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) nach EPA		
Anthracen	0,145	0,040194
Benzo(a)pyren	0,585	0,162162
Benzo(b)fluoranthren	0,415	0,115038
Benzo(ghi)perylen	0,37	0,102564
Benzo(k)fluoranthren	0,175	0,04851
Fluoranthren	0,99	0,274428
Indeno(123,cd)pyren	0,22	0,060984
Naphthalin	0,03	0,008316
Organische Zinnverbindungen (OZV)		
Tributylzinn (Kation)	0,114	0,0316008
Industriechemikalien		
Hexachlorbenzol	0,002	0,0005544
Pestizide		
Heptachlor	0,0005	0,0001386

8.1.6. Entwicklungsmaßnahmen (Verbesserungsgebot)

Die Unterwarnow ist der einzige Küstenwasserkörper der Flussgebietseinheit Warnow/Peene für den weniger strenge Bewirtschaftungsziele ausgewiesen wurden. Als Begründung wurde angegeben, dass das Erreichen des guten ökologischen Potenzials bis

2027 aus technischer und wissenschaftlicher Sicht nicht möglich bzw. unverhältnismäßig aufwendig ist. Die Eutrophierung der Unterwarnow als wesentlicher Faktor der schlechten Potenzialbewertung, lässt sich nur auf lange Sicht ändern. Als Ziele sind hier das mäßige ökologische Potenzial und der gute chemische Zustand mit Fristverlängerung bis 2027 definiert worden.

In der neuen Bewirtschaftungsplanung bis 2027 sind für die Unterwarnow folgende Maßnahmen genannt [15]:

- M01: Senkung der Nährstoffbelastung der Unterwarnow einschließlich der Umsetzung der Maßnahmen in den Zuflüssen,
- M05: Maßnahme gegen Belastung mit prioritären oder flussgebietspezifischen Schadstoffen: Triclosan,
- M06: Maßnahme gegen Belastung mit prioritären oder flussgebietspezifischen Schadstoffen: Diflufenican

Die Ausführungen in Kapitel 8.1.3. und 8.1.5. zeigen, dass mit dem Vorhaben kein messbarer Anstieg der Nähr- und Schadstofffrachten im Wasserkörper zu erwarten ist. Die zur Verbesserung des Gewässerzustandes geplanten Entwicklungsmaßnahmen (M101, M05 und M6) werden durch das Vorhaben nicht negativ beeinflusst oder behindert.

9. Zusammenfassung

In diesem Fachbeitrag wurden alle Informationen zusammengefasst, die eine Bewertung ermöglichen, ob das Bauvorhaben mit den Bewirtschaftungszielen gemäß §§ 27 bis 31 und § 47 WHG vereinbar ist. Die Prüfung orientiert sich dabei an den Inhalten der aktuellen Bewirtschaftungspläne und Maßnahmenprogramme für die betroffenen Wasserkörper.

Zu bewerten war zum einen, ob eine Verschlechterung der Qualitätskomponenten des ökologischen Potenzials und des chemischen Zustandes der betroffenen Oberflächenwasserkörper „Unterwarnow“ WP-05 durch das Vorhaben zu erwarten ist (Verschlechterungsverbot). Zum anderen war zu prüfen, ob die Baumaßnahme den Bewirtschaftungszielen der betroffenen Wasserkörper entgegensteht (Verbesserungsgebot).

Es wurden alle WRRL-relevanten bau-, anlage- und betriebsbedingten Wirkfaktoren untersucht. Im Ergebnis ist festzustellen, dass keine hinreichende Wahrscheinlichkeit vorliegt, die darauf hinweisen würde, dass es durch das geplante Vorhaben zu einer Verschlechterung des jetzigen ökologischen Potentials oder des chemischen Zustands des Oberflächenwasserkörpers in seiner Gesamtheit kommen wird. Dies wurde unter der besonderen Prämisse der Einstufung in die schlechte Bewertungsklasse geprüft.

Durch den Neubau der Warnowbrücke sind insbesondere aufgrund der Kleinräumigkeit des Vorhabens sowie der starken Vorbelastung des betroffenen Gewässerabschnittes keine messbaren Auswirkungen auf die biologischen Qualitätskomponenten der Unterwarnow zu erwarten.

Aufgrund der Sedimententnahme durch die Baggerarbeiten werden Nähr- und Schadstoffe aus dem Gewässersystem entnommen. Dies ist positiv zu bewerten.

Keine der geplanten Vorhabenbestandteile steht den im aktuellen BWP-Maßnahmenprogramm definierten Verbesserungsmaßnahmen der Oberflächenwasserkörper entgegen. Insofern wird durch das Vorhaben das Verbesserungsgebot der WRRL nicht negativ beeinflusst.

Eine Ausnahmeprüfung nach § 31 Absatz 1 oder 2 WHG ist aufgrund der vorgenannten Aussagen nicht nötig.

10. Quellenverzeichnis

10.1. Gesetze, Verordnungen und juristische Quellen

- [1] **Wasserrahmenrichtlinie (WRRL).** *Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik, zuletzt geändert am 20. November 2001.*
- [2] **Wasserhaushaltsgesetz (WHG).** *Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts, vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), zuletzt geändert am 04.12.2018.*
- [3] **Oberflächengewässerverordnung (OGewV).** *Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer, vom 20. Juni 2016 (BGBl. I S. 1373)*
- [4] **Grundwasserverordnung (GrwV).** *Verordnung zum Schutz des Grundwassers, vom 09 November 2010 (BGBl. I S. 1513), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 04. Mai 2017 (BGBl. I S. 1044) geändert worden ist.*

10.2. Literatur

- [5] **Landesarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA).** Handlungsempfehlung Verschlechterungsverbot, Beschlossen auf der 152. LAWA-Vollversammlung. Karlsruhe : s.n., 16./17. März 2017.
- [6] **Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord Rheinland Pfalz.** Leitfaden zur Erstellung des Fachbeitrages Wasserrahmenrichtlinie, 26.November 2018
- [7] **Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA).** Handbuch zur Bewertung und planerischen Bearbeitung von erheblich veränderten (HMWB) und künstlichen Wasserkörpern (AWB) – Version 3.0, Stand März 2015.
- [8] **Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA).** Arbeitspapier II, Hintergrund- und Orientierungswerte für physikalisch-chemische Qualitätskomponenten zur unterstützenden Bewertung von Wasserkörpern entsprechend der EG-WRRL, 09.01.2015
- [9] **Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG).** Sedimentmanagementkonzept Tideems. Gutachten im Auftrag des WSA Emden. BfG-Bericht 1944. Koblenz 2017
- [10] **TÜV Nord Umweltschutz GmbH & Co.KG.** Anpassung der seewärtigen Zufahrt des Seehafen Rostock. Fachbeitrag nach Wasserrahmenrichtlinie. Im Auftrag des Wasserstraßen- und Schifffahrtsamtes Stralsund (WSA). 2019

10.3. Datenquellen

- [11] **Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie MV.** Monitoringprogramm zur Überwachung der Oberflächengewässer und des Grundwassers in Mecklenburg-Vorpommern im Zeitraum 2016-2021 (Fortschreibung der Monitoringprogramme 2010-2015) – Hrsg.: Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern & Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern, Juni 2016
- [12] **Geoportal der Bundesanstalt für Gewässerkunde** <https://geoportal.bafg.de/mapapps2/resources/apps/WKSB/index.html?lang=de>. Januar 2021.
- [13] **Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern.** *Bewirtschaftungsplan nach Art. 13 der Richtlinie 2000/60/EG für die Flussgebietseinheit Warnow/Peene.* Aktualisierung des Bewirtschaftungsplans der FGE Warnow/Peene zum 22.12.2015.
- [14] **Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie MV** *E-Mail mit aktuellen Messergebnissen für die WK WP_05, 10.09.2020.*
- [15] **Fachinformationssystem Wasser (FIS Wasser).** <https://fis-wasser-mv.de/kvwmap/index.php> Herausgeber Landesamt für Umwelt, Natur und Geologie Mecklenburg-Vorpommern. Stand 2021.
- [16] **Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie MV.** *Das Landesmessnetz zur Güteüberwachung des Grundwassers in Mecklenburg-Vorpommern – Untersuchungsergebnisse 2007-2013 und Bewertung des chemischen Zustandes, 2015.*
- [17] **Kartenportal Umwelt Mecklenburg-Vorpommern.** <http://www.umweltkarten.mv-regierung.de/atlas/script/index.php>. Stand 2021.
- [18] **Industrie- und Umweltlaboratorium Vorpommern GmbH.** *Prüfberichte Nr. 21-0457-001 bis Nr. 21-0457-016. Probeneingang am 28.01.2021.*
- [19] **Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern.** http://www.wrml-mv.de//doku/bekanntm2BZ/WarnowPeene/BP_Karten/, besucht am 25.01.2021.
- [20] **Institut für Ostseeforschung Warnemünde (IOW).** *E-Mail mit Messergebnissen aus dem Verbundprojekt PhosWaM. 04.05.2021.*
- [21] **INROS-LACKNER SE.** *Erläuterungsbericht im Entwurf zum Neubau Warnowbrücke Rostock vom 5.07.2021*
- [22] **INROS-LACKNER SE.** *Landschaftspflegerischer Begleitplan zum Vorhaben Neubau Warnowbrücke Rostock vom 23.04.2021.*

-
- [23] **Aqua Ecology GmbH & Co.KG.** Anpassung der seewärtigen Zufahrt des Seehafen Rostock. Untersuchungen des Phyto- und Zooplanktons sowie der physikalisch-chemischen Messgrößen zur Ermittlung der Gewässergüte. Im Auftrag des Wasserstraßen- und Schifffahrtsamtes Stralsund (WSA). 2017.
- [24] **MariLim Gesellschaft für Gewässeruntersuchung mbH.** WRRL-Makrophytenmonitoring in den Küstengewässern MecklenburgVorpommerns. Im Auftrag des Landesamtes für Umwelt Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern (LUNG MV). 2019
- [25] **Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt Mittleres Mecklenburg.** E-Mail zur Abstimmung der Paramterliste hinsichtlich der Beprobung der UQN nach Anlage 6 und Anlage 8 OGewV. 24.09.2020
- [26] **ROSTOCK PORT GmbH.** Hafenplan. 2018
- [27] **IfAÖ Institut für Angewandte Ökosystemforschung GmbH.** Projekt Warnowbrücke Rostock. Kartierung der maritimen Biotoptypen. Juni 2021
- [28] **INROS LACKNER SE.** Projekt Warnowbrücke Rostock. Zwischenbericht zur Altlastenkartierung/Schadstoffuntersuchungen. August 2020
- [29] **INROS LACKNER SE.** Projekt Warnowbrücke Rostock. Entsorgungskonzept Schwimmtiefenbaggerung. Juli 2021



*Abbildung: Warnow während der BUGA 2025: Visualisierung aus der Bewerbung
Foto: Runze & Casper Werbeagentur GmbH, Berlin*

Neubau Warnowbrücke in Rostock

Hydraulische Auswirkungen

Auftragnehmer:
INROS LACKNER SE

Steinerstraße 15, Haus B
81369 München

Datum:
19.04.2021

Dokument Kontrollblatt

Projektnummer 2019-0500

Dokumentdaten

Dokument: 2021-04-19_Hydraulische_Auswirkungen_Brückenneubau_UntereWarnow.docx
Erstell-Datum: 19.04.2021
Revisions-Nr.: 01

Bearbeitung und Dokumentprüfung

Bearbeitet und geprüft



i.A. Dr.-Ing. Susanne Vogel

Bearbeitet



i.A. Dr.-Ing. Paolo Dapoz

Inhaltsverzeichnis

1	Zielstellung und Lage	5
2	Grundlagen	6
3	Analyse der Grundlagen	7
4	Hydraulische Modellierung	11
4.1	1D-Modelle	11
4.2	2D-Modelle	11
4.3	3D-Modelle	12
5	Ergebnisse und Auswirkungen	13
5.1	Ergebnisse des bereits vorliegenden Strömungsgutachtens	13
5.2	Auswirkungen der Strömung	13
5.3	Vermischung der Wasserschichten hinter den Pfeilern	14
5.4	Plausibilisierung durch idealisiertes 3d-HN Modell	18
5.5	Vermischung bei Binnenhochwasser	21
6	Zusammenfassung und Fazit	22

Begriffserklärung

- **Ästuar:** Gewässer, das sowohl von marinen Einflüssen (Meerwasser, Seegang, Tide, windbedingten Extremwasserständen), als auch binnenseitigen Einflüssen (Süßwasserzufluss) geprägt ist [4].
- **Barokline Prozesse:** Vertikale Strömungen, die durch horizontale Dichteunterschiede von Temperatur und Salzgehalte erzeugt werden [4].
- **Barotrope Prozesse:** Transport des Meereswassers über die Wassertiefe Richtung Fluss, der durch die Erhöhung des Wasserspiegels ins Meer verursacht wird. Der Wasserstand im Meer wird wesentlich durch die großräumige Wind- und Luftdruckverteilung über der gesamten Ostsee beeinflusst [4].
- **Konvektion:** vertikale Strömung eines Fluides, die durch den Dichtunterschied zwischen vertikalen Schichten verursacht wird.
- **Mesohaline:** Mesohalines Wasser hat einen niedrigen bis mittleren Salzgehalt und findet sich normalerweise in Flussmündungen, wo sich Süßwasser aus dem Fluss mit Salzwasser aus dem Meer vermischt.

1 Zielstellung und Lage

In Rostock ist ein Geh- und Radweg am Stadthafen (Stadtteil Stadtmitte) über die Unterwarnow in Richtung des Stadtteils Gehlsdorf geplant, um die Verbindung zwischen den beiden Ufern zu ermöglichen. Die Brücke befindet sich etwas stromaufwärts des Rostocker Stadthafens und überquert die bereits ausgebaggerte Schiffsroute. Deshalb ist zu prüfen, ob und wie stark Strömungs- und Hintergrundströmungsänderungen sowie mögliche Erosions- und Ablagerungsprozesse die lokale Hydrodynamik beeinflussen können.

Ziel dieses Berichts ist es, durch die Analyse der verfügbaren Daten und hydrodynamischen Studien des Untersuchungsgebietes, die Notwendigkeit eines hydraulischen Modells zu bewerten. Dies wäre notwendig, falls der Brückenbau die Funktionalität des Stadthafens gefährdet und somit auch die Schiffbarkeit der Regattastrecke oder eine Verschlechterung der Wasserqualität infolge erhöhter Vermischungen hinter den Brückenpfeilern eintritt.

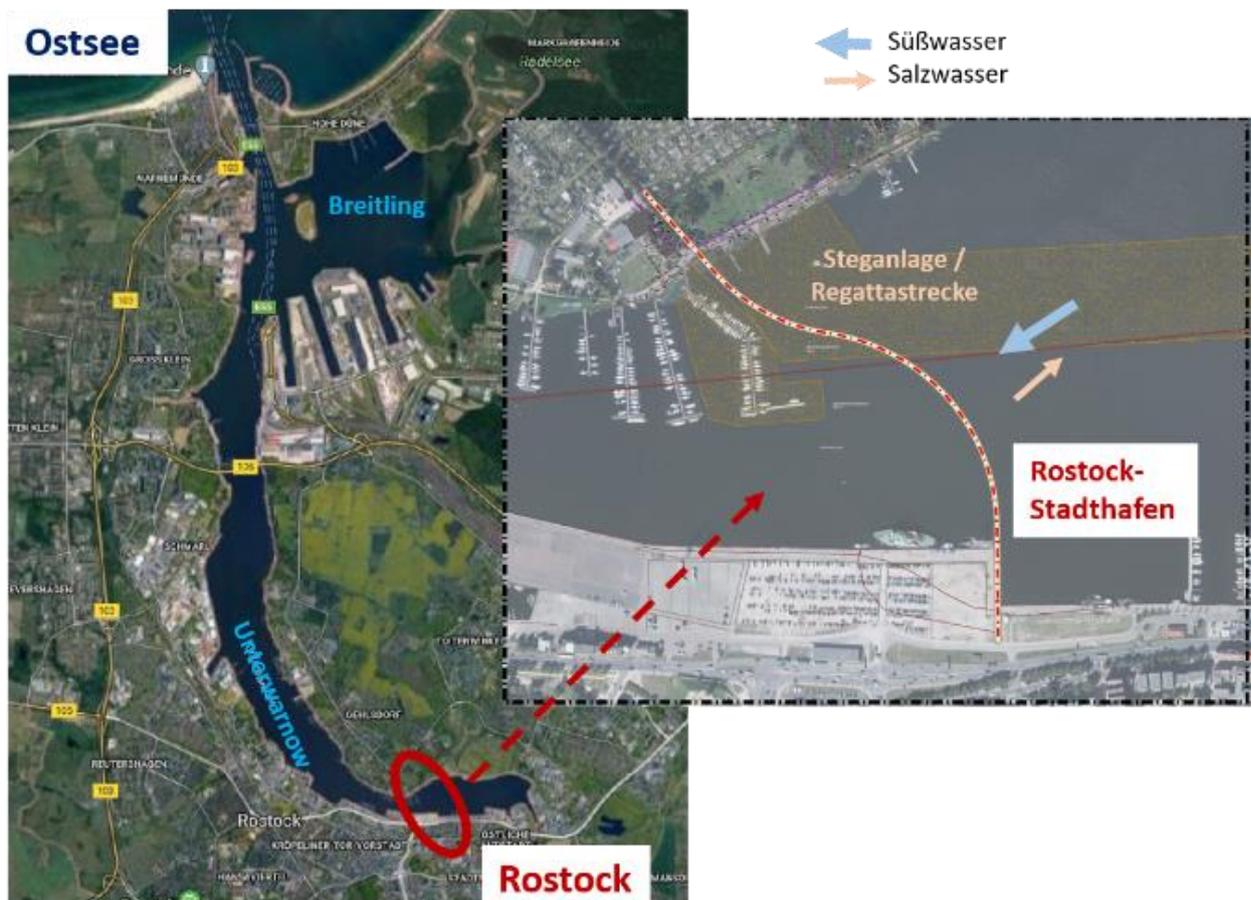


Abbildung 1: Lage des neuen Geh- und Radwegs rot eingekreist.

2 Grundlagen

- [1] BAW Bundesanstalt für Wasserbau (2003): die Mathematische Modellierung als unverzichtbare Beratungsgrundlage. Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Wasserbau Nr.86. Karlsruhe, Hamburg, Illmenau.
- [2] Federal Highway Administration (FHWA). (2019). Overview of Practices for Adopting 2D Hydraulic Modeling.
- [3] Sturmflut „Zeetje“: Land unter in Rostock. (01.2019). Ostsee-Zeitung. Link: <https://www.ostsee-zeitung.de/Mecklenburg/Rostock/Sturmflut-2019-in-Rostock>.
- [4] BAW Bundesanstalt für Wasserbau (2019).: Anpassung der seewärtigen Zufahrt zum Seehafen Rostock, Hydrodynamik. Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes. Karlsruhe; Hamburg.
- [5] Yu, X. Y. (2008). 1D and 2D Hydraulic Simulations for Bridge Scour Prediction: A Comparative Study. Fourth International Conference on Scour and Erosion.
- [6] K. Zilch et al (2013). Wasserbau, Siedlungswasserwirtschaft, Abfalltechnik. Springer Verlag.
- [7] Peter Menzel (2009). Turbulente Mischungsvorgänge im Nachlauf einer dichtegeschichteten Zylinderströmung. Menzel Verlag
- [8] Jens Unger (2006). Strömungscharakteristika um kreiszylindrische Brückenpfeiler. Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich.

3 Analyse der Grundlagen

Bereits im Jahr 2019 wurde ein Strömungsgutachten der Unterwarnow und der Ostsee wegen der Anpassung der Sohle der seewärtigen Zufahrt zum Seehafen Rostock von der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) erstellt. Die hydrodynamische Analyse wurde durch ein 3D-Modell umgesetzt, das auf dem Verfahren von UnTRIM¹ basiert. Dessen Auflösung ist sowohl räumlich als auch zeitlich hoch genug, um die hydraulischen Prozesse der Unterwarnow zu beschreiben.

Obwohl die Ausbaggerung nur bis zum Seehafen-Rostock (Breitling) vorgenommen wurde, erstreckt sich die Untersuchung vom Seekanal bis Rostock-Mühlendamm, weshalb hier diese Ergebnisse verwendet werden können (siehe Abbildung 2).

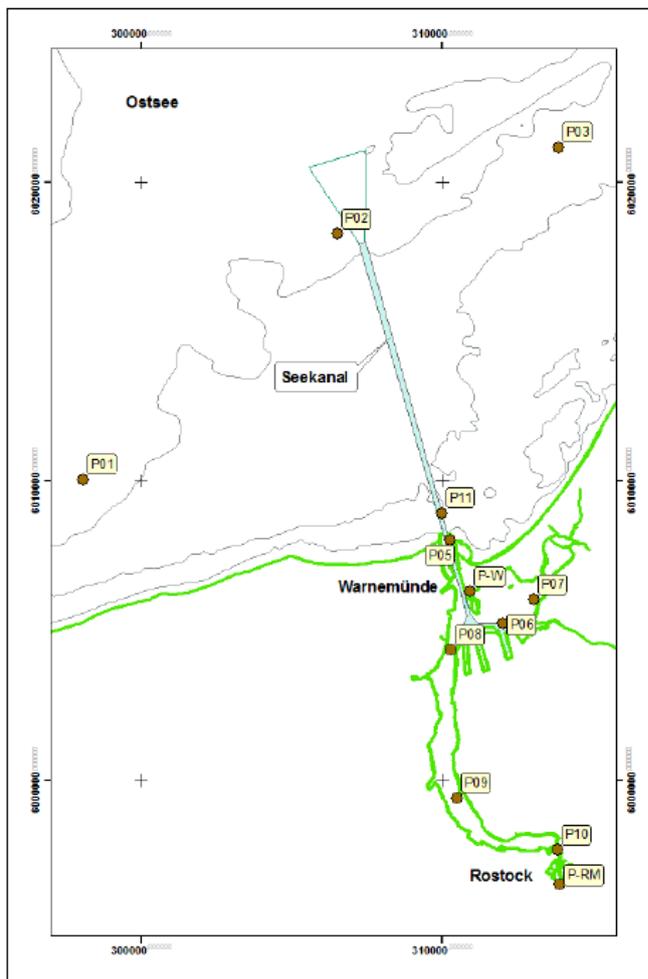


Abbildung 2: Positionen der Messstationen [4].

Der als Gewässer I. Ordnung eingestufte, untersuchte Gewässerabschnitt der Unterwarnow ist ein Ästuar (vgl. Abbildung 3), welcher sowohl von marinen als auch binnenseitigen Einflüssen geprägt ist.

¹ Das Verfahren UnTRIM, das an der Universität Trient entwickelt wurde, dient der Lösung der dreidimensionalen Flachwassergleichungen auf einem in der Ebene horizontal unstrukturierten Gitter mit einer Auflösung von 3 m bis 515 m. Die Vertikale wird in Schichten von 0,5 m Dicke (Oberfläche bis 8 m Tiefe) bzw. 1,0 m (unterhalb 8 m Tiefe) dargestellt. Die zeitliche Auflösung, der sogenannte Modellzeitschritt, beträgt 30 Sekunden [4].

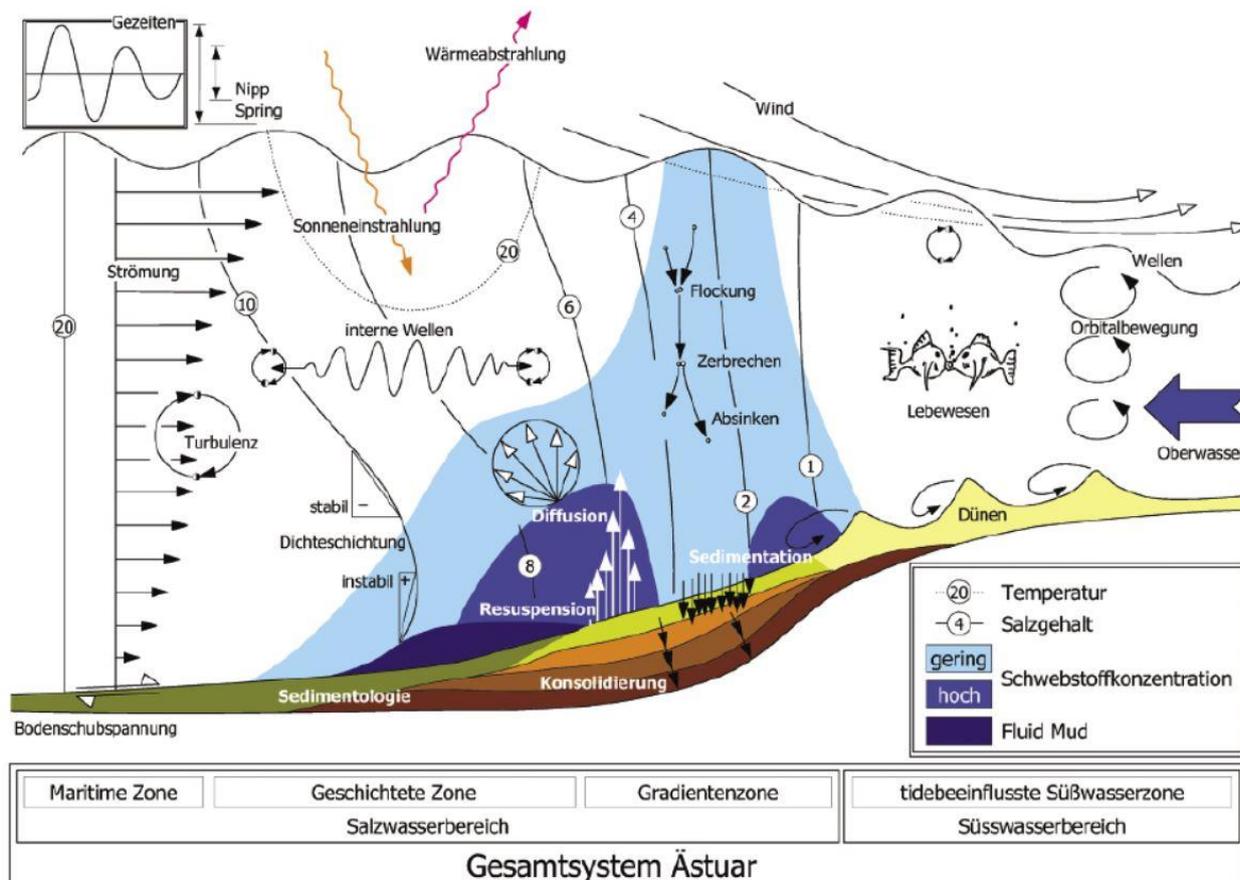


Abbildung 3: Einflussgrößen und Teilprozesse im Gesamtsystem Ästuar [1]

Die Warnow ist in diesem Abschnitt eine Bundeswasserstraße und wird wasserverkehrlich insbesondere durch Wassersportler genutzt.

Die kennzeichnenden Eigenschaften der Unterwarnow sind geringe Wassertiefen, deren Wasserstände hauptsächlich von den meteorologischen Einflüssen der Ostsee geprägt sind. Daher sind durch meteorologische Extremereignisse Schwankungen des Wasserstandes erkennbar, die jedoch selten Stände von über 2 m und unter -1,5 m erreichen [4]. Die Dynamik der mesohalinen Unterwarnow wird von zwei Prozessen geregelt: Barotrope und Barokline Prozesse beeinflussen die horizontalen und vertikalen sekundären Strömungen wegen der Vermischungen aufgrund von Salzgehalt und Temperatur. Die Konvektion wird im Herbst wegen der Abkühlung des Gewässers an der Oberfläche verstärkt und erstreckt sich bis in den Winter [4].

Der geplante Geh- und Radweg ist 450 m lang und 6 m breit. Die Höhe der Brücke soll so ausgebildet werden, dass die bisherige wasserverkehrliche Nutzung in den zwei abgebildeten Fahrinnen bestehen bleibt (Abbildung 5).

Die Brücke ist mit 17 Pfeilern geplant: hauptsächlich kreisförmig mit einem Durchmesser von 2 m und vereinzelt mit strömungsgünstiger Form bzw. als Pfeilerreihe. In Abbildung 4 ist ein Arbeitsstand dargestellt. Die Pfeiler nehmen weniger als 8% des Querschnitts ein, was den Wasserstand in der Größenordnung nicht wahrnehmbar beeinflusst. Die geschwungene Linienführung der Brücke trägt dazu bei, die Auswirkung der Einengung zu entzerren.

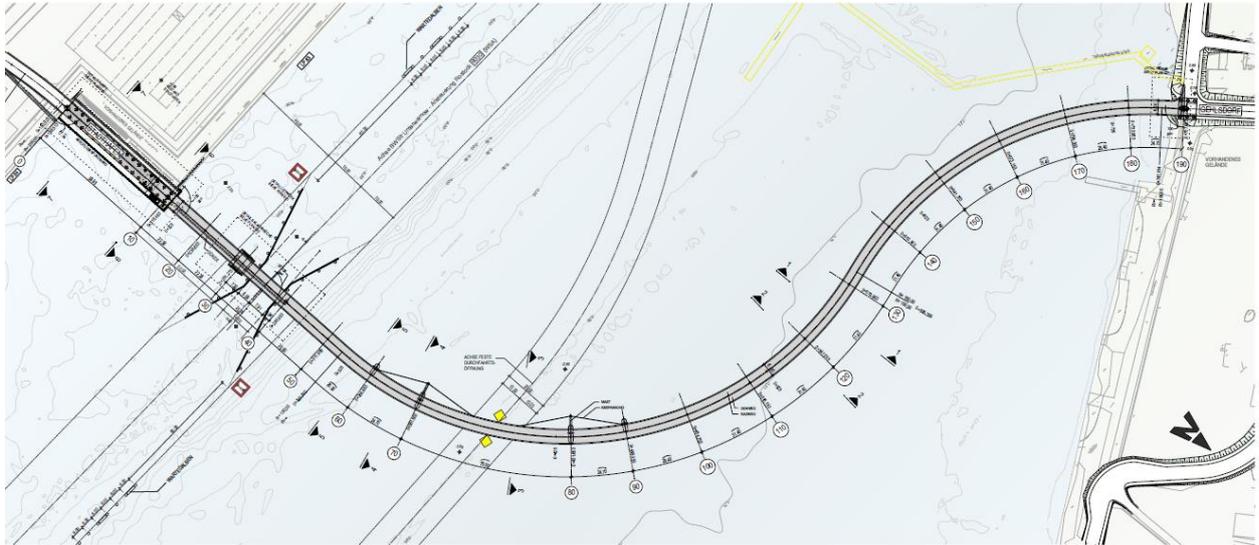


Abbildung 4: Bauwerksskizze - Lageplan (Stand 27.11.2020)

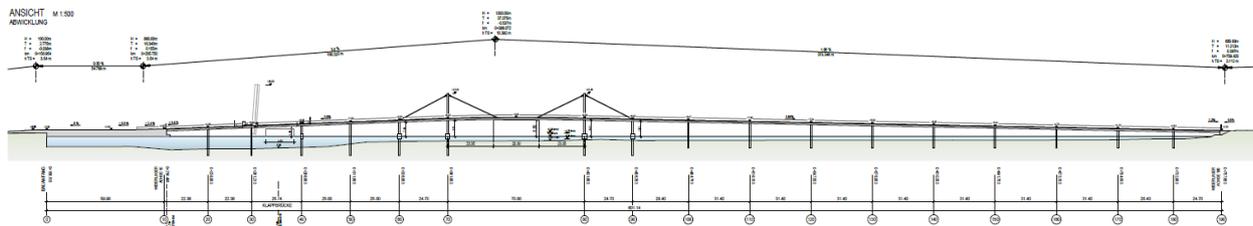


Abbildung 5: Bauwerksskizze - Ansicht (Stand 27.11.2020)

Brückenpfeiler sind Strukturen unter Wasser, die hydrodynamische und morphologische Effekte verursachen. Durch Hochwasserzustände werden diese Effekte verstärkt. Die Pfeiler erzeugen in der Strömung einen Wirbeleffekt, der sekundäre Strömungen und daraus folgende Bodenerosion um den Pfeiler verursacht (siehe Abbildung 6). Des Weiteren kann eine Verengung des Querprofils zu lokalen Wasserstands- und Strömungsgeschwindigkeitsänderungen führen.

Für den betrachteten Fall an der Unterwarnow befinden sich die Pfeiler im Mündungsbereich des Fließgewässers. Das ursprüngliche Flussbett hat sich an dieser Stelle bereits um ein Vielfaches aufgeweitet. Weiterhin ist an dieser Stelle kein klassischer Fließvorgang wie in einem Fließgewässer vorhanden, da der Rückstau der Ostsee eine wesentliche Rolle im Fließgeschehen spielt.

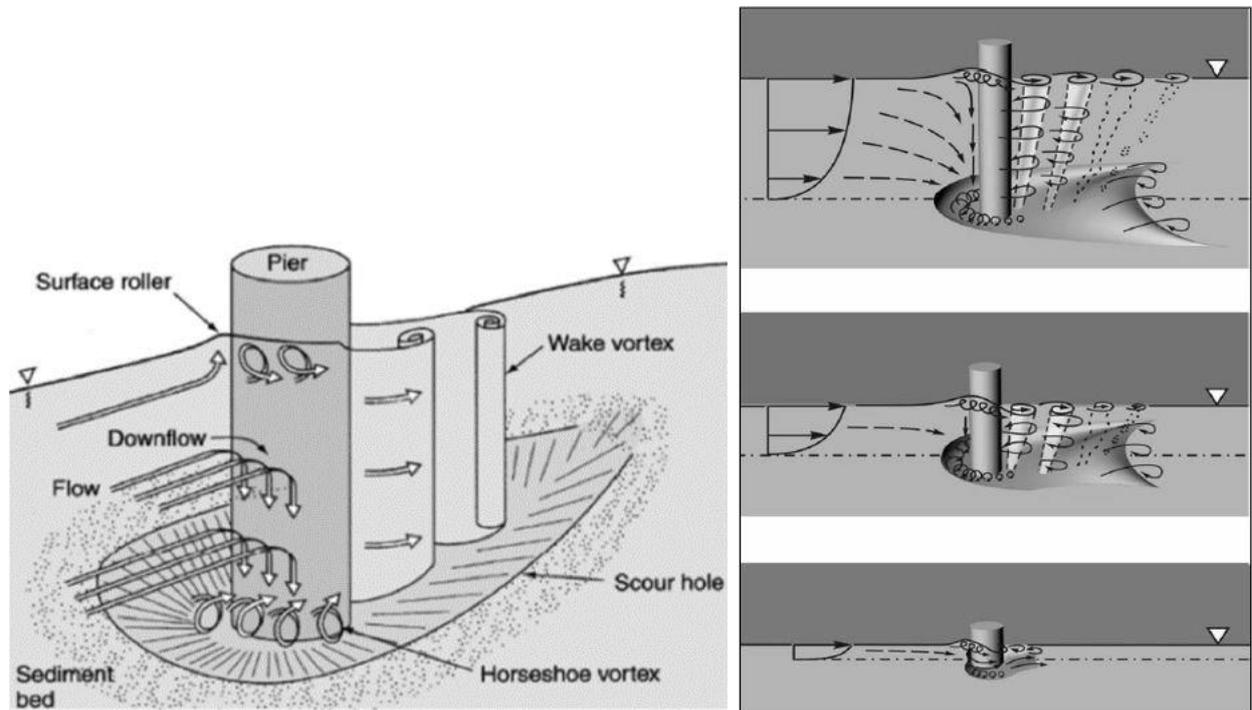


Abbildung 6: Hydrodynamische Effekte eines umströmten Pfeilers.

Unter Berücksichtigung horizontaler und vertikaler Strömungen, sowie Erosions- und Ablagerungsprozessen im Bereich von Brücken kann die Hydrologie und die Morphologie des Flusses qualitativ und quantitativ durch hydraulische Modelle analysiert werden.

In der Literatur finden sich zahlreiche Untersuchungen zu den Fließprozessen an Brückenpfeilern im Flussbett. Alle Betrachtungen basieren allerdings auf Anströmgeschwindigkeiten ab ca. 0,5 m/s (vgl. z.B. [8]) und können im vorliegenden Fall nicht herangezogen werden.

4 Hydraulische Modellierung

Hydraulische Modelle können ein-, zwei- oder dreidimensional erstellt werden.

4.1 1D-Modelle

1D-Modelle bestehen aus einer Reihe von Querschnitten, die die Topografie des Flusses und des Vorlandes beschreiben. Die Variablen (Geschwindigkeit, Tiefe usw.) ändern sich vorwiegend in einer definierten Richtung x , entlang des Kanals.

Bei 1D-Modellen müssen viele Annahmen getroffen werden, die dazu führen, dass die Ergebnisse unter- oder überschätzt werden.

Die Strömungsrichtung (Geschwindigkeitsvektoren), eine der grundlegenden Eingabedaten zur Definition des Anströmwinkels und zur Abschätzung der Erosionsdimensionen, wird durch 1D-Modelle nicht berechnet.

Da die Auswirkungen von Strömungsstörungen aufgrund hydraulischer Hindernisse nicht in 1D-Modellen berücksichtigt werden und auch die Entwicklung der Strömungsgeschwindigkeit und Strömungsrichtung in der Fläche nicht berechnet werden, ist das 1D-Modell nicht geeignet, komplexe Strömungen wie im vorliegenden Fall zu simulieren [5].

4.2 2D-Modelle

Bei 2D-Modellen wird die vertikale Geschwindigkeits-Komponente tiefengemittelt. Das bedeutet, dass das Modell die Geschwindigkeit, sowie anderen Variablen, in der horizontalen Ebene berechnet, die die tiefengemittelte Strömung an diesem Koordinatenpunkt (x, y) darstellt.

Mithilfe eines 2D-Modells kann man die Wasserstände und die Entwicklung der tiefengemittelten Strömungsgeschwindigkeiten (Größe und Richtung) um die Brückenpfeiler analysieren (Beispiel siehe Abbildung 7). Es ist somit möglich, Bereiche mit hoher Geschwindigkeit oder Querströmungen zu identifizieren, die sich auf die Schiffbarkeit auswirken, sowie die Kolkentiefe abzuschätzen.

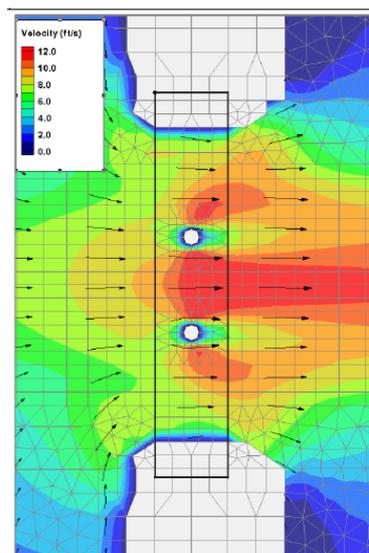


Abbildung 7: Beispiel von Geschwindigkeitskonturen unter einer Brücke [2]. Die maximale Fließgeschwindigkeit in der Abbildung erreicht bis zu 12,0 ft/s (3,6 m/s).

Aus diesem Grund sind 2D-Modellierungen besser für Berechnungen von Strömungsverteilungen an Brücken geeignet als 1D-Modellierungen [2].

Bei 2D-Modellen ist zu beachten, dass die Geschwindigkeitsverteilung in vertikaler Richtung vernachlässigt wird und somit die Analyse von Wirbeleffekten auf die x-y Ebene beschränkt ist.

Grundlagendaten, um ein 2D Modell zu erstellen, sind ein Digitales Geländemodell, hydrologischen Randbedingungen stromaufwärts und stromabwärts, Landnutzungsinformationen, die Geometrie der hydraulischen Bauwerke, Luftbilder, sowie CAD und GIS Daten.

4.3 3D-Modelle

Bei der 3D Modellierung wird mit einer variablen Geschwindigkeits-Komponente gerechnet. Sie bietet die realistische Simulation des Strömungsfelds unter Turbulenzbedingungen an Brückenpfeilern und Widerlagern.

Wenn die hydraulischen Bedingungen signifikante vertikale Beschleunigungen oder vertikale Geschwindigkeitskomponenten umfassen, die für die Analyse von Bedeutung sind, sollte ein 3D-Modell in Betracht gezogen werden [2].

Auch für die Untersuchung der Stabilität der Brückenpfeiler aufgrund der lokalen Erosions- und Ablagerungsprozesse des Sediments wäre ein 3D-Modells erforderlich.

Tabelle 1: Grundlagendaten des BAW Strömungsgutachten 2019 [4]

Grundlagendaten			
	Datenquelle	Zeitreihen	Auflösung [m]
Bathymetrische Datensätze			
Bathymetrie der Ostsee	Institut für Ostseeforschung Warnemünde	2001	
DGM Ostsee	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie	2014	
Echolotungen (Peilungen)	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie	2009-2010	
Echolotungen (Peilungen)	WSA Stralsund	2011-2017	
abgeleiteten Modellen	Gesamte (wasserbedeckte) Modellgebiet		5x5
	Trasse des Seekanals und dessen unmittelbaren Nahbereich		1x1
Topographische Geländemodelle			
Digitales Geländemodell	Bundesamt für Kartografie und Geodäsie (BKG)	2012	10x10
DGM M-V		2016	1x1
Angaben zu Höhe und Verlauf der aktuellen und in der näheren Zukunft geplanten Hochwasserschutzlinie	Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt Mittleres Mecklenburg	2016	
abgeleitete Modell	Überflutungsgefährdeten Flächen		5x5
Hydrologische Datensätze			
Pegel Warnemünde und Rostock-Mühlendamm	Datenbank der Wasserstraßen und Schifffahrtsverwaltung des Bundes WISKI	seit 1989	
Abflussganglinie am Pegel Rostock-Geinitzbrücke	(LUNG-MV)	01.01.2016	
		01.01.2017	

Grundlagendaten			
	Datenquelle	Zeitreihen	Auflösung [m]
Abfluss des Prahmgrabens - Radelsee		2016	

5 Ergebnisse und Auswirkungen

5.1 Ergebnisse des bereits vorliegenden Strömungsgutachtens

Wie bereits anfangs erwähnt, wurden die Ergebnisse des Strömungsgutachtens der BAW von 2019 [4] in diesem Bericht als Grundlage verwendet.

Im vorliegenden Fall erreichen die horizontalen Strömungsgeschwindigkeiten im Bereich der geplanten Brücke nur selten Werte von mehr als 0,1 m/s [4] und somit ist es unwahrscheinlich, dass starke Vertikalströmungen entstehen, die die wasserverkehrliche Funktionalität beeinträchtigen. Außerdem weist die beobachtete Konvektion im Vergleich zu horizontalen Strömungen nur geringe Größenänderungen auf [4].

Die Werte der tiefengemittelten Strömungsgeschwindigkeiten aus dem 3D-Modell sind in Abbildung 8 dargestellt.

Der Maximalwert der tiefengemittelten Strömungsgeschwindigkeit auf Höhe der Brücke (Rostock-Stadthafen) ist in der Abbildung 8 gekennzeichnet. Er liegt ungefähr bei 0,1 m/s.

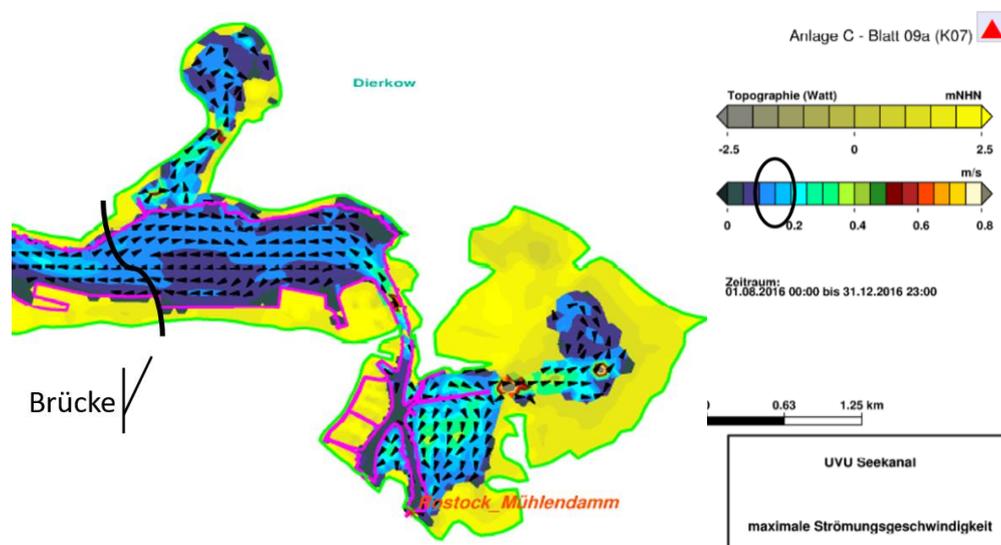


Abbildung 8: Maximalwert der tiefengemittelten Strömungsgeschwindigkeit Anlage C – [4].

5.2 Auswirkungen der Strömung

Da die Strömungsgeschwindigkeiten im Untersuchungsgebiet nur selten Werte von mehr als 0,1 m/s erreichen, sind die natürlichen Sedimenttransportraten nur in geringen Größenordnungen zu erwarten [4].

Unter normalen klimatischen Bedingungen ist wegen der bodennahen und tiefgemittelt vorwiegend niedrigen Strömungsgeschwindigkeiten in der Unterwarnow mit eher geringen resultierenden, hydrodynamischen Auswirkungen der neuen Brücke zu rechnen.

Bei der Betrachtung wird die tendenzielle Zunahme der Häufigkeit von Hochwasserereignissen mit berücksichtigt. Seit dem Jahr 2006 hat der Wasserstand in Warnemünde 5-mal einen Pegel von mehr als 1,60 m erreicht (siehe Abbildung 9). Dabei wächst die Wirkung des Barokline Druckgradienten quadratisch mit der Wassertiefe an, was hauptsächlich die Dynamik der tiefen Rinnen beeinflussen kann [1].

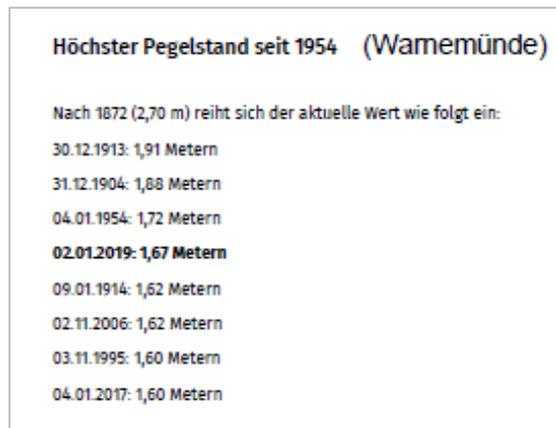


Abbildung 9: Sturmflut „Zeetje“: Land unter in Rostock – Ostsee-Zeitung, Jan. 2019 [3].

5.3 Vermischung der Wasserschichten hinter den Pfeilern

Die chemische und biologische Qualität des Wassers im Ästuar würde sich verschlechtern, wenn sich Wasserschichten mit unterschiedlichem Salzgehalt vermischen. Im Bereich oberhalb des Stadthafens verlaufen die Isolinien des Salzgehaltes annähernd horizontal (vgl. Abbildung 10).

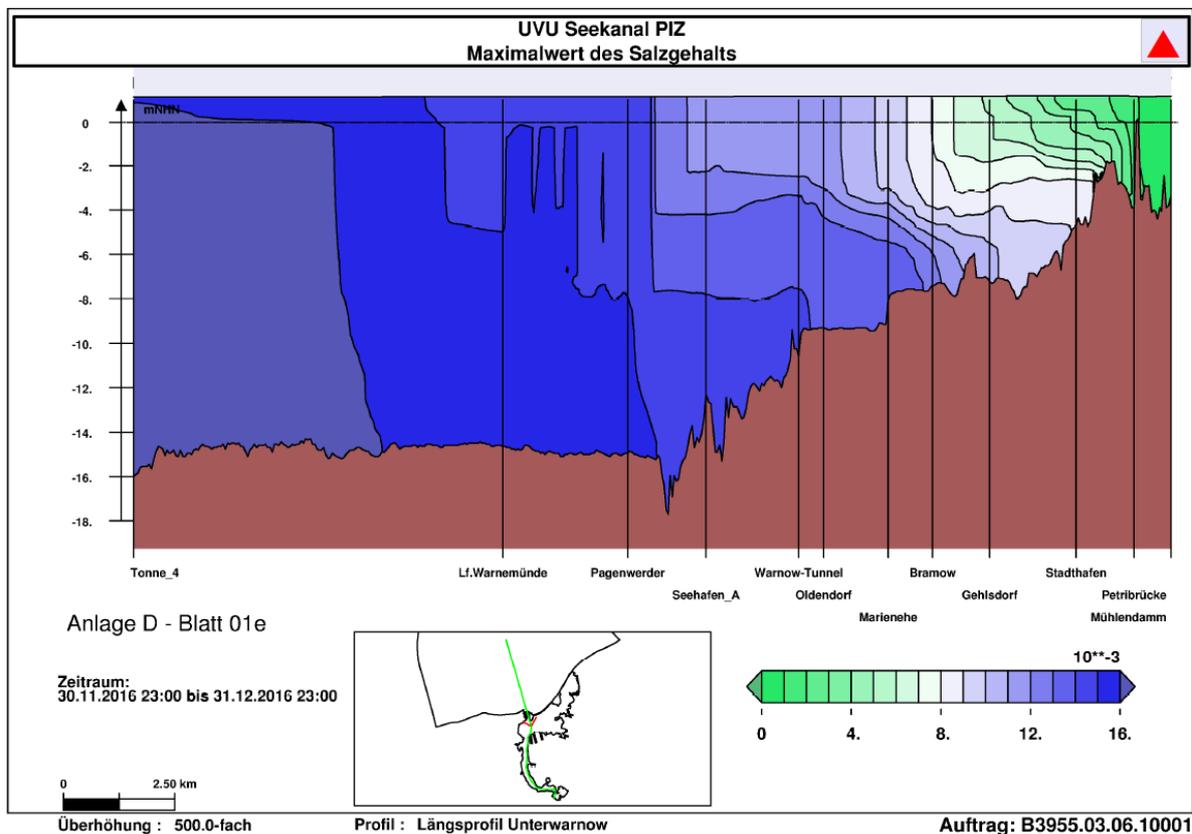


Abbildung 10: Maximalwert des Salzgehaltes Anlage C – [4]

Eine durch die Pfeiler verursachte Vermischung wäre gegeben, wenn die z-Komponente der Strömung einen Massentransport zwischen den unterschiedlichen Wasserschichten induzieren würde. Als erste Abschätzung der Verwirbelung in z-Richtung am Brückenpfeiler wird die Fließgeschwindigkeit der Stromlinie betrachtet, die in der Symmetrieachse des Pfeilers anschlägt (vgl. Abbildung 11).

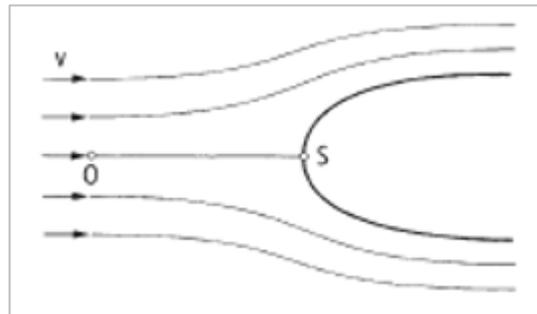


Abbildung 11: Umströmung eines Körpers (aus [6]).

„Am Verzweigungspunkt S weisen die Stromlinien eine vertikale Tangente auf, da die Flüssigkeit nach beiden Seiten abgelenkt wird. Im Punkt S muss daher die Geschwindigkeit gleich null sein, da der Körper nicht durchströmt wird.“ Zitat: [6]. Der Ansatz der Energiegleichung an dieser Stelle ergibt:

$$z_0 + \frac{p_0}{\delta * g} + \frac{v^2}{2 * g} = z_s + \frac{p_s}{\delta * g} + 0$$

Wegen $z_0 = z_s$ wird mit $\Delta p = p_s - p_0$ schließlich

$$\Delta p = \delta * \frac{v^2}{g}$$

Im betrachteten Fall mit einer Anströmgeschwindigkeit von 0,1 m/s ergibt sich

$$\Delta p = 1000 * \frac{0,1^2}{9,81} = 5,0 \text{ Pa} = 0,5 \text{ mm WS}$$

Dieser minimale Aufstau am Brückenpfeiler ist ein Indikator für die Strömung in z-Richtung.

Wissenschaftliche Erkenntnisse können aus [7] abgeleitet werden; darin wurden „Turbulente Mischungsvorgänge im Nachlauf einer dichtegeschichteten Zylinderströmung“ an der Fakultät Maschinenbau und Schiffstechnik der Universität Rostock umfangreich erforscht:

Für runde Gründungspfeiler für offshore Windkraftanlagen mit Durchmesser 8 m wurden Laboruntersuchungen durchgeführt, mit dem Zweck, die Vermischung infolge der vorhandenen offshore Strömung um den Pfeiler zu quantifizieren.

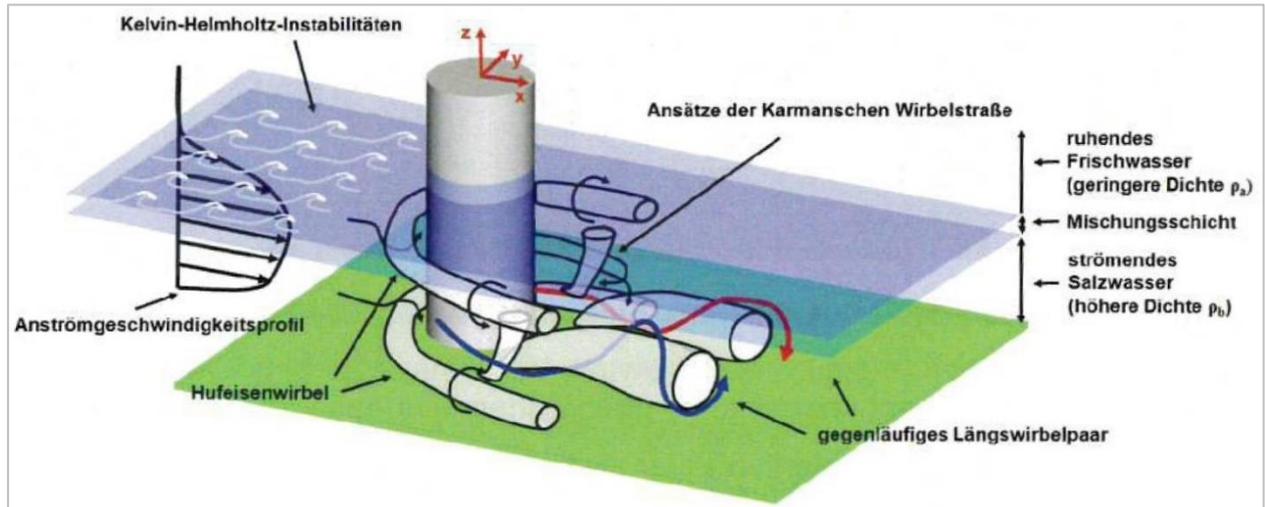


Abbildung 12: Prinzipskizze der zu erwartenden Strömungen (aus [7]).

Die 8 m großen Gründungselemente sind um den Faktor 4 größer als die Brückenpfeiler der an der Unteren Warnow geplanten Maßnahme, die angesetzte Geschwindigkeit von 0,5 m/s ist um einen Faktor 5 größer als die angenommene tiefengemittelte Geschwindigkeit im Untersuchungsgebiet der Unteren Warnow. Hinzu kommt, dass die Laboruntersuchungen mit nur zwei unterschiedlichen Schichten konzipiert waren: obere Schicht stehend mit Süßwasser auf $\frac{3}{4}$ der Höhe und untere Schicht aus Salzwasser mit einer Geschwindigkeit beschickt. Die aufgelisteten Unterschiede zwischen den Untersuchungen von Menz [7] und die betrachtete Maßnahme an der Unteren Warnow zeigen, dass die Laboruntersuchungen ein „worst-case“ Szenario darstellen.

Die Schlussfolgerungen der Forschungsarbeit von Menzel [7] werden nachfolgend wiedergegeben:

1. Eine Entmischung der zwei Schichten konnte infolge der sehr geringen Diffusionsgeschwindigkeit nach 24 Stunden Laborversuch nicht festgestellt werden.
2. Die Annahme isothermer Schichtung im Labor bestimmt tendenziell zu große Mischungseffekte.
3. Die Untersuchung zeigen ein dominantes, gegenläufiges Wirbelpaar im nahen Zylinder-nachlauf, welches aber unter diesen Versuchsbedingungen keinen großvolumigen Austausch zwischen Frisch- und Salzwasser bewirkt, da die Strömungsvorgänge innerhalb der Salzwasserschicht ablaufen.

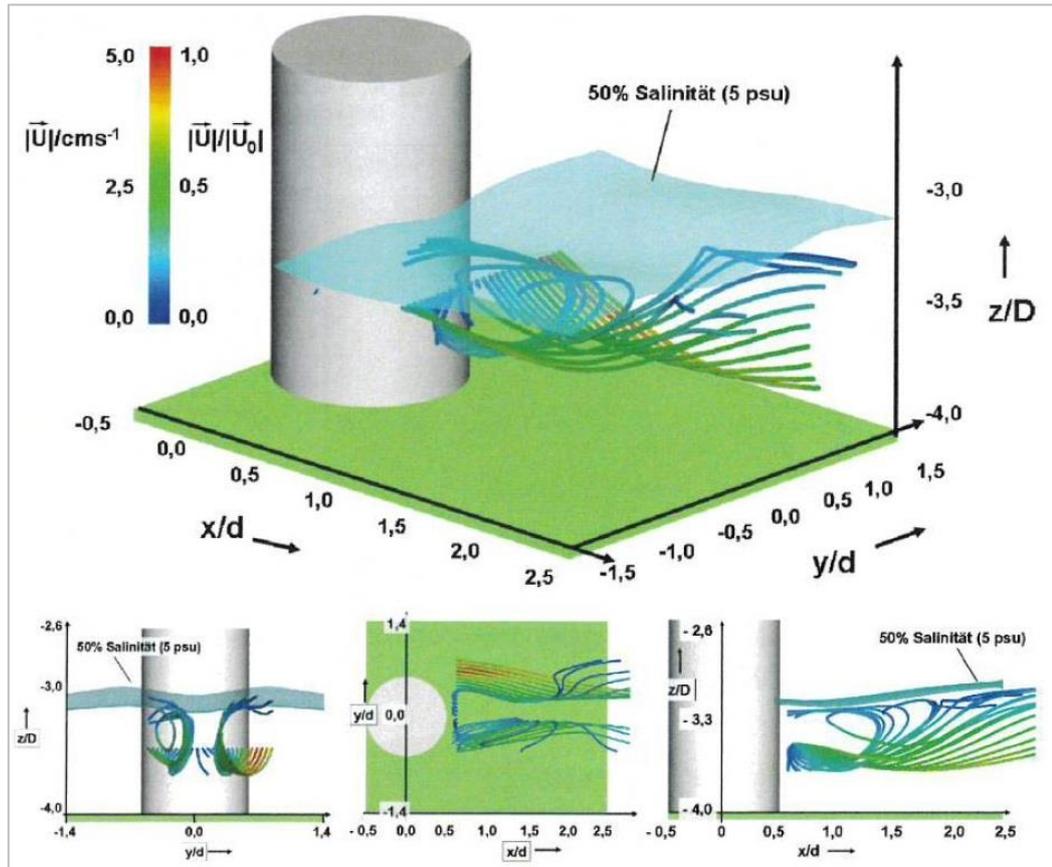


Abbildung 13: Dreidimensionale Strömungsstruktur im Zylindernachlauf (aus [7]).

4. Im Fernfeld des Zylinders ($x/d \geq 20$; d = Durchmesser des Zylinders) ist kein Einfluss der Störung auf die vertikale Position der Mischungsschicht nachweisbar.
5. Die vertikale Ausdehnung der Mischungsschicht im Falle mit und ohne Zylinder über die Lauflänge bleibt nahezu konstant. Die absolut betrachtete geringe vertikale Ausdehnung stellt sich im Größenbereich von 4 mm ein.

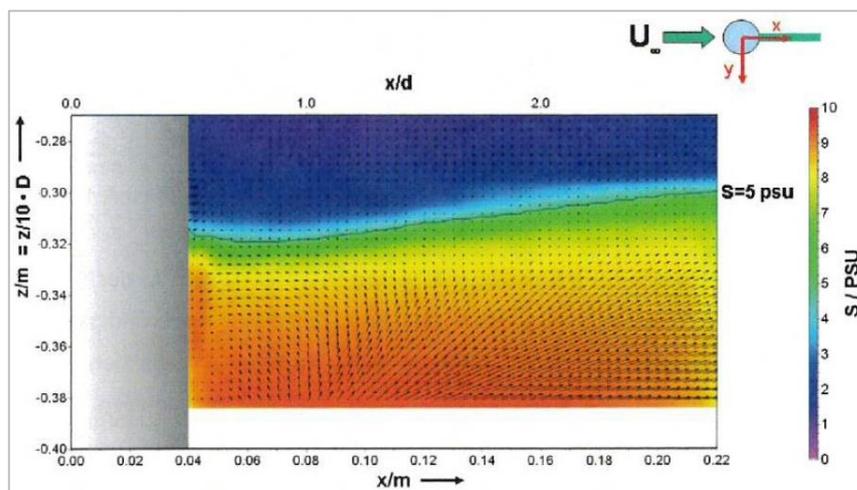


Abbildung 14: Zeitlich gemittelttes Geschwindigkeitsvektorfeld hinter dem Zylinder sowie die Verteilung der Salinität bei $y/d=0$ hinter dem Zylinder (aus [7]).

6. Die ermittelte Mischungsgröße besagt, dass der Salzwasser-Volumenstrom, auf den Zylinderquerschnitt bezogen, um maximal 1,3% Frischwasser angereichert wird.

Menzel [7] leitet aus seiner Forschungsarbeit folgendes ab: „Demnach kann die zusätzlich durch ein einzelnes zylindrisches Fundament einer Offshore-Windenergieanlage hervorgerufene Mischung festgestellt und im Vergleich zur natürlichen auftretenden Mischung als gering quantifiziert werden“.

Die zuvor aufgeführten Abweichungen in den Randbedingungen der geplanten Brückenpfeiler gegenüber denen der Laboruntersuchungen (in erster Linie die Fließgeschwindigkeit sowie die Abmessungen des Pfeilers) legen eine noch niedrigere Einstufung der Auswirkungen infolge der Störung nahe.

5.4 Plausibilisierung durch idealisiertes 3d-HN Modell

Zur Plausibilisierung der im vorigen Abschnitt abgeleiteten Erkenntnisse aus Menz [7] wurde von INROS LACKNER ein stark vereinfachtes 3d-Schnittmodell um einen Pfeiler aufgestellt. Die Abmessungen des Modells weisen eine Breite von 6,0 m, eine Höhe von 1,0 m und eine Länge von 14,0 m auf. Die angesetzten Kantenlängen der Zellen belaufen sich auf ca. 21 cm. In der z-Richtung wurden eine Diskretisierung von 10 Schichten gewählt. Die verwendete Berechnungssoftware heißt Telemac-3d und ist in Form einer open source verwendbar, welche seit über 10 Jahren auch an deutschen Hochschulen für Forschungsarbeiten eingesetzt wird ([TELEMAC-3D - 3D Hydrodynamics \(opentelemac.org\)](http://opentelemac.org)).

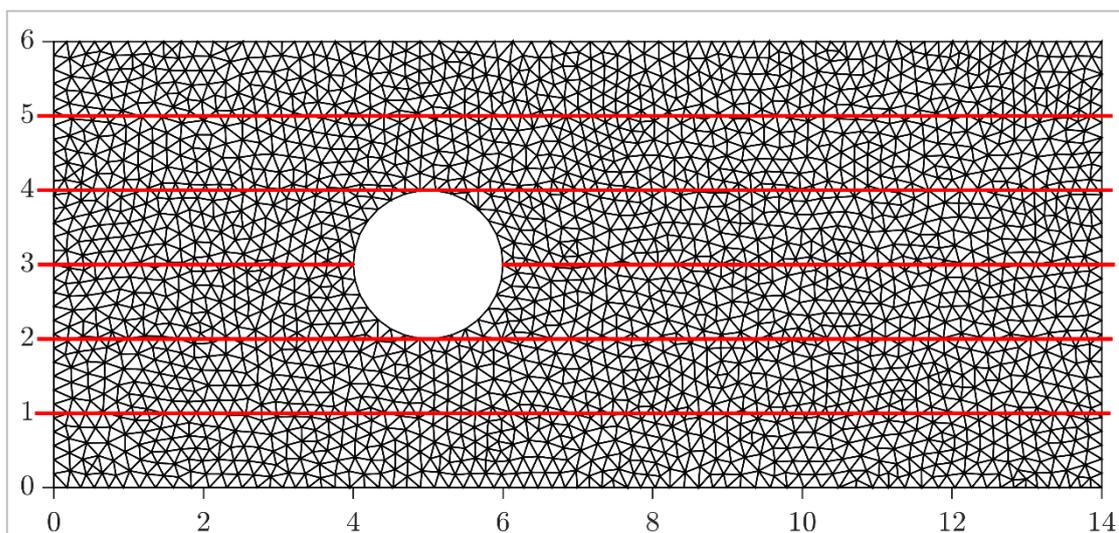


Abbildung 15: Darstellung des Berechnungsgitters mit den wesentlichen geometrischen Größen

Als wesentliche Randbedingung wurde ein konstanter Zufluss im Oberwasser von $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$ angesetzt der auf der vollständigen Zuströmfläche des Modells eine konstante Zuflussgeschwindigkeit in Höhe der mittleren Fließgeschwindigkeit aus Abbildung 8 von $0,1 \text{ m/s}$ widerspiegelt. Die Unterwasserrandbedingung wurde als „Auslauf“ mit einer konstanten Fließtiefe von $1,0 \text{ m}$ definiert. Die seitlichen und die Unterkante des Modells wurden als glatte Oberflächen definiert, um der Bezeichnung eines Schnittmodelles gerecht zu werden. Der Brückenpfeiler wurde mit glatter Oberfläche (k_s -Wert= $0,1 \text{ mm}$) definiert.

Die Berechnung wurde mit dem $k-\varepsilon$ Turbulenzmodell durchgeführt.

Als Ergebnis zeigt sich wie erwartet, dass die Umströmung der runden Pfeiler im Wesentlichen in der x-y- Ebene stattfindet. In z-Richtung erfolgt am Pfeilerrand eine minimale, nach oben ge-

richtete Strömung von ca. 2 mm/s verteilt auf voller Höhe des Modelles. Hinter dem Pfeiler entsteht eine nach unten gerichtete Strömung die geometrisch etwas kleinräumiger, aber dafür intensiver (7 mm/s) ausfällt (vgl. Abbildung 16).

Eine Betrachtung der x-z Ebene in Pfeilerachse zeigt Werte vor dem Pfeiler nahezu bei null (0,2 mm/s) und hinter dem Pfeiler bei ca. 13 mm/s. Der Vermischungsbereich hinter dem Pfeiler ist konzentrierter und kleinräumiger als am Pfeilerrand.

Die Strömungskomponente in der z-Richtung klingt bereits nach wenigen Metern ab; der Abstand ist in erster Linie vergleichbar mit dem Pfeilerdurchmesser.

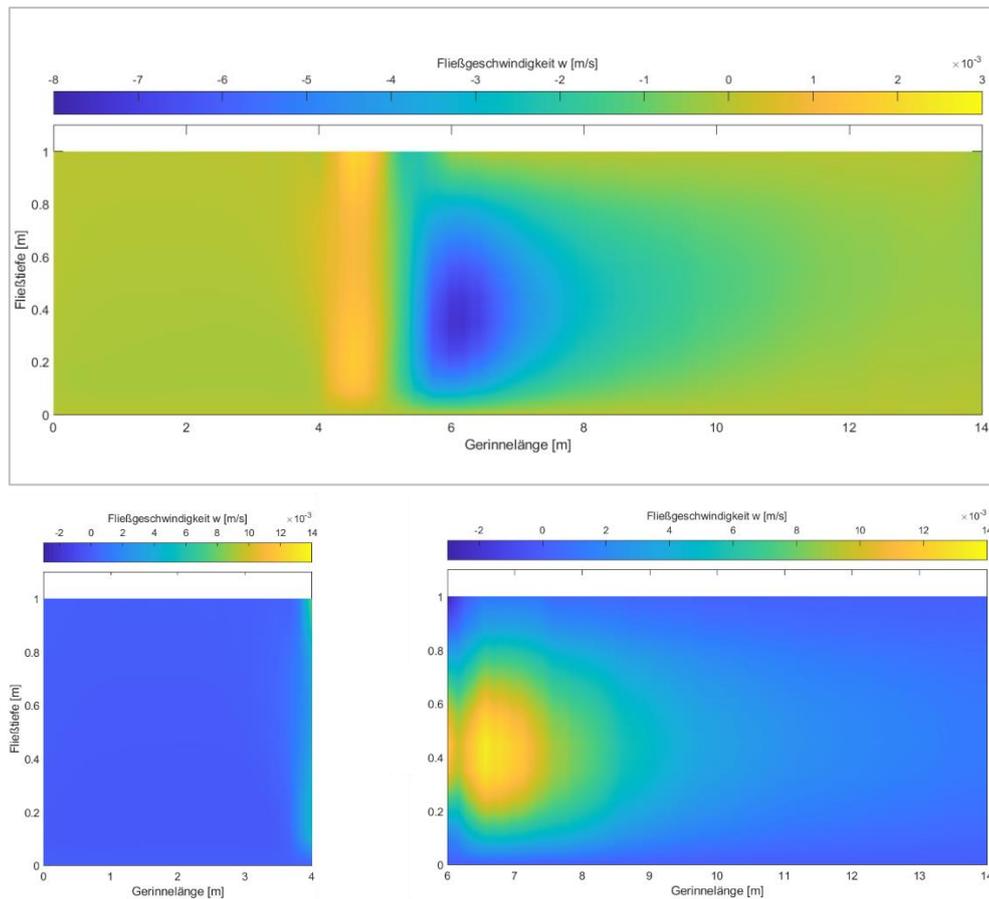


Abbildung 16: Geschwindigkeitsverteilung der z-Komponente entlang des Pfeilerrandes y=2,0 m (oben) und in Pfeilermittle (unten). Achtung: unterschiedliche Farbskala!

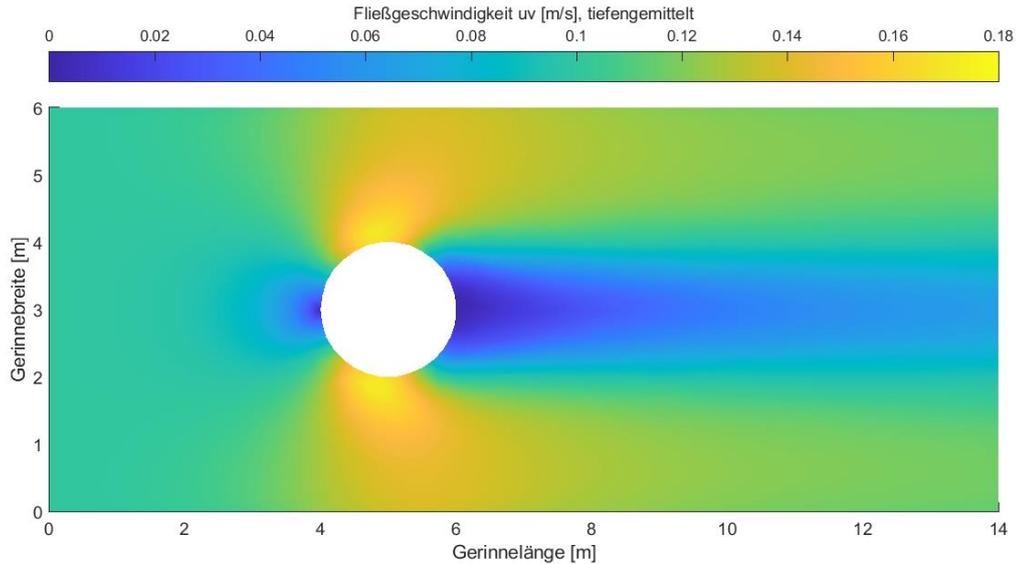


Abbildung 17: Tiefengemittelte Geschwindigkeitsverteilung der x-y-Komponenten.

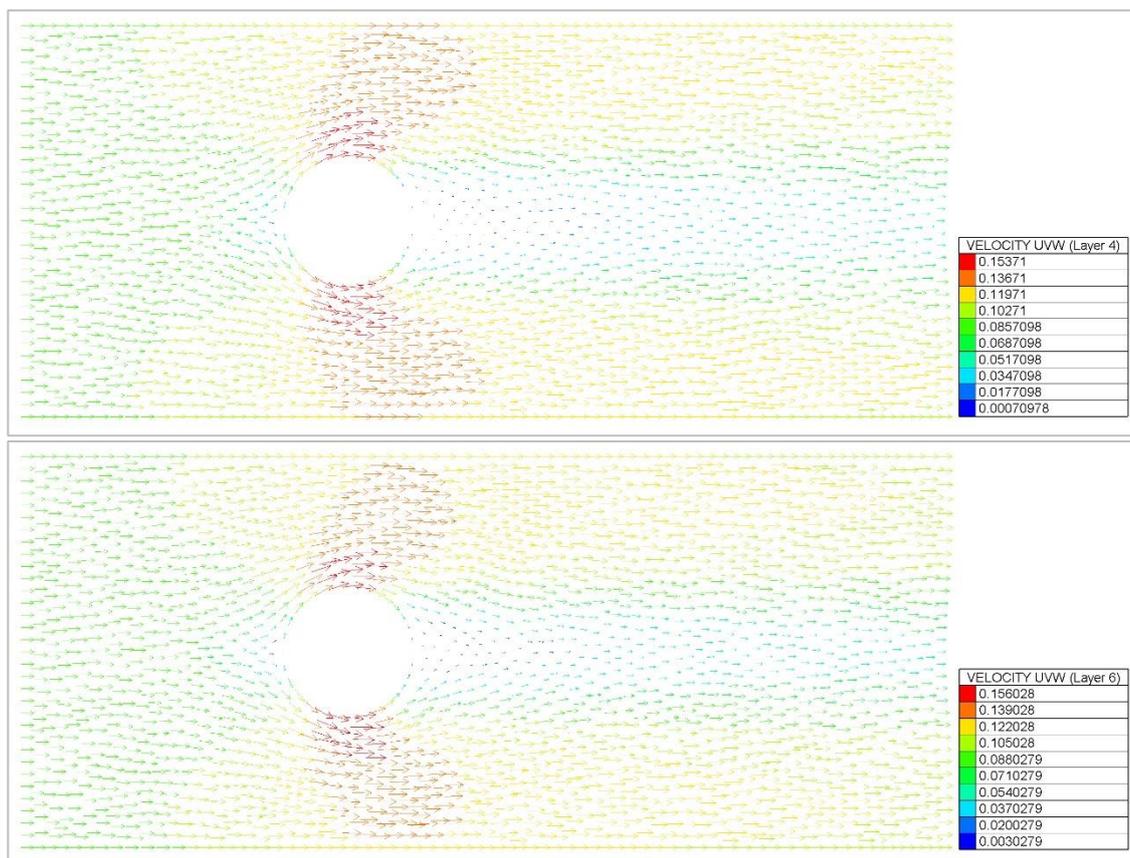


Abbildung 18: Geschwindigkeitsverteilung [m/s] in der x-y Ebene für $z=0,33$ m (oben) und $0,55$ m (unten).

Als zweite Erkenntnis kann anhand des Geschwindigkeitsfeldes in den x-y Ebene (vgl. Abbildung 18) gezeigt werden, dass der Pfeiler als Abschottungskörper wirkt, hinter dem sich ein strömungsberuhigter Bereich ausbildet, der sich über mehrere Meter erstreckt. Die Strömungsberuhigte Zone erstreckt sich über nahezu alle Ebenen. Es ist kein gegenläufiges Längswirbel-paar erkennbar, wie in Abbildung 12 dargestellt.

Es wird an dieser Stelle nochmals darauf hingewiesen, dass die in diesem Abschnitt dargestellten Erkenntnissen auf einem stark vereinfachten Modell beruhen. Die Ergebnisse dienen nur zur Plausibilisierung der Literaturrecherche sowie der Einschätzung der Strömung.

5.5 Vermischung bei Binnenhochwasser

Die Wirkung der Brücke auf die Schichtung der Unterwarnow ist wichtig für die Zeiten, in denen eine Phosphor-Freisetzung stattfindet. Diese Freisetzung erfolgt hauptsächlich in den warmen Sommermonaten. Typischerweise treten Binnenhochwasser an der Warnow sehr selten in dieser Zeit auf, sodass ein Zusammentreffen der zwei Ereignisse als unwahrscheinlich einzustufen ist (wie von StALU MM-44 am 25.03.2021² kommuniziert).

Die Feststellungen unter Abschnitt 5.3 in Verbindung mit den Erkenntnissen von Menzel [7] können für die Bewertung auch für den Hochwasserfall herangezogen werden, da im Mündungsbereich der Warnow die Geschwindigkeiten bei Hochwasser geringfügig höher als die ausgewiesenen tiefengemittelten Geschwindigkeiten der BAW ausfallen werden.

Die Aussage aus Menzel [7] lautet nämlich: „Demnach kann die zusätzlich durch ein einzelnes zylindrisches Fundament einer Offshore-Windenergieanlage hervorgerufene Mischung festgestellt und im Vergleich zur natürlichen auftretenden Mischung als gering quantifiziert werden“.

²Zitat aus Stellungnahme: „Ein HQ100 kann es aus fachlicher Sicht für die Unterwarnow nicht geben. Im Küstengewässer können keine Durchflüsse ermittelt und damit auch keine Hochwasserstatistik durchgeführt werden. Daher können keine entsprechenden Daten zur Verfügung gestellt werden. In PhosWaM ist in einem Teilprojekt des IOW versucht worden für die UW einen Durchfluß zu ermitteln. Die Ergebnisse können dort abgefragt werden. Ob sie in diesem Fall hilfreich sind, kann ich nicht sagen. Die Wirkung der Brücke auf die Schichtung der UW ist wichtig für die Zeiten in denen eine P-Freisetzung erfolgt. Auch dies eine Ergebnis im PhosWaM Projekt. Da spielt das HQ100, selbst wenn er vorhanden wäre, keine Rolle, da die Freisetzung im Sommer erfolgt. Die Frage ist, ob die Brücke als Störfaktor dazu in der Lage ist phosphorangereichertes Tiefenwasser an die Oberfläche zu bringen. Für mich ist die Fläche/Form der Brückenpfeiler und die Verwirbelung/Vermischung an ihnen maßgebend. ...“

6 Zusammenfassung und Fazit

Aus den gesichteten Unterlagen geht hervor, dass die Brücke mit den geplanten Brückenpfeilern großräumig keine relevanten Auswirkungen auf das Strömungsverhalten der Warnow hat.

Die Strömungsgeschwindigkeiten im Untersuchungsgebiet erreichen nur selten Werte von mehr als 0,1 m/s, so dass hohe Sedimenttransportraten kaum zu erwarten sind. Im Binnenhochwasserfall liegen keine Fließgeschwindigkeiten vor. Infolge des sehr breiten Gewässerquerschnitts im Untersuchungsbereich und infolge der minimalen Einengung des Fließquerschnittes (kleiner 8% vgl. Abschnitt 3) kann davon ausgegangen werden, dass die Geschwindigkeiten bei Hochwasser geringfügig höher ausfallen als die angenommene tiefengemittelte Geschwindigkeit von 0,1 m/s. Für diesen Fall sind die im Abschnitt 5.3 dargestellten Schlussfolgerungen übertragbar.

Eine hydraulische 2d-Modellierung wäre für die großräumige Strömungsbetrachtung gut geeignet, ist aber bei den geringen ermittelten Strömungsgeschwindigkeiten nicht erforderlich.

Kleinräumig können die Pfeiler die Strömung beeinflussen und Sedimentumlagerungen sowie gegenläufige Wirbelpaare hervorrufen. Die Vorgänge im Wasserkörper mit den daraus resultierenden Sedimentumlagerungen sowie Wasserschichtenvermischungen sind in Abbildung 13 dargestellt, diese werden jedoch gering ausfallen (beispielhaft ca. 1 m bei einer Geschwindigkeit von 0,5 m/s – vgl. Abbildung 13).

Abgemildert werden evtl. Sedimentumlagerungen durch die täglich mehrmals wechselnde Strömungsrichtung. Die Sedimentumlagerungen können als gering eingestuft werden. Das tatsächliche Ausmaß wäre erfahrungsgemäß auch mit einem 3d-Modell oder einem physikalischen Modell schwer nachweisbar infolge der niedrigen Fließgeschwindigkeiten.

Die eventuellen kleinräumigen Sedimentumlagerungen an den Pfeilern können auch an Stellen mit niedrigen Wassertiefen den Sportschiffverkehr nicht beeinflussen. Eine Ausrichtung von asymmetrischen Pfeilern oder von Pfeilerreihen in Hauptströmungsrichtung ist dennoch empfehlenswert, um die Verwirbelungseffekte so gering wie möglich zu halten.

Die Durchmischung der unterschiedlichen Wasserschichten fällt infolge der ermittelten Geschwindigkeiten in z-Richtung (maximal 13 mm/s) sehr gering aus (vgl. Abschnitt 5.3 und 5.4). Der infolge der runden Pfeiler induzierte Vermischungsprozess zwischen den Wasserschichten ist in einer Entfernung vom Pfeiler von ca. 2 m nahezu komplett abgeklungen. Eine genaue Quantifizierung durch ein 3-D-Modell wird nicht als zielführend eingeschätzt, da die sehr geringe Strömung in z-Richtung kaum vom Modell erfassbar ist. Die induzierten Fehler, durch die per Definition vereinfacht anzusetzenden Randbedingungen wie z.B. das Geschwindigkeitsprofil im OW des Pfeilers, würden die Quantifizierung der Durchmischung verfälschen.