INGENIEURGESELLSCHAFT
FÜR STADTHYDROLOGIE MBH

A 7 Ersatzbauwerk Rader Hochbrücke einschließlich 6-streifiger Erweiterung zwischen der AS Rendsburg/ Büdelsdorf und dem AK Rendsburg

Unterlage 19.5.1 - Anlage I

Ermittlung des zusätzlichen verkehrsbedingten Salzeintrages in die Gewässer

Auftraggeber	TGP - Trüper Gondesen Partner mbB An der Untertrave 17, 23552 Lübeck
Auftragnehmer	Ingenieurgesellschaft für Stadthydrologie mbH Stiftstraße 12, 30159 Hannover
Berichtsdatum	März 2019
aktualisiert	Januar 2020

A 7 Ersatzbauwerk Rader Hochbrücke einschließlich 6-streifiger Erweiterung zwischen der AS Rendsburg/ Büdelsdorf und dem AK Rendsburg

Ermittlung des zusätzlichen verkehrsbedingten Salzeintrages in die Gewässer

Aufgestellt: Hannover, den 31.01.2020

ifs Ingenieurgesellschaft für
Stadthydrologie mbH
Hannover

Dr.-Ing Dieter Grotehusmann .....

Projektbearbeitung

Dipl.-Ing. Maja Kurth .....

Überarbeitung

Julia Michaelis, M.Sc. .....

Inhalt

1 Veranlassung 1

2 Beschreibung des Bauvorhabens 1

3 Betroffene Wasserkörper 2
3.1 Oberflächenwasserkörper 2
3.2 Grundwasserkörper 8

4 Einleitung von durch den Winterdienst belastete Straßenabflüsse in Oberflächengewässer und ins Grundwasser 10
4.1 Abschätzung der resultierenden Chloridkonzentration im OWK 10
4.1.1 Nok_0 - Nord-Ostsee-Kanal 11
4.2 Abschätzung der resultierenden Cyanidkonzentration im OWK 14
4.2.1 Nok_0 - Nord-Ostsee-Kanal 14
4.3 Bewertung des Tausalzeintrags in den OWK 15
4.4 Abschätzung der resultierenden Chloridkonzentration im GWK 15
4.4.1 El03 NOK - östl. Hügelland West 16
4.4.2 El04 NOK - Geest 17
4.4.3 N4 - Rendsburger Mulde Nord 17
4.4.4 Bewertung des Tausalzeintrags in die GWK 18

5 Zusammenfassung 18

6 Literatur und Quellen 19

Anlagen

Anlage 1 Berechnung resultierende Chloridkonzentration OWK

Anlage 2 Berechnung resultierende Chloridkonzentration GWK

Anlage 3 Berechnung resultierende Cyanidkonzentration OWK

1 Veranlassung

Die DEGES plant im Auftrage des Landes Schleswig-Holstein den 6-streifigen Ausbau der A 7 zwischen der AS Rendsburg/ Büdelsdorf und dem Autobahnkreuz (AK) Rendsburg einschließlich des Ersatzbaus der Rader Hochbrücke. Für diese geplante Baumaßnahme wird derzeit ein Wasserrechtlicher Fachbeitrag erstellt.

Im Rahmen der Prüfung hinsichtlich der potenziellen betriebsbedingten Auswirkungen durch das Bauvorhaben auf die Wasserkörper ist auch eine Prüfung der potenziellen Auswirkung durch die Einleitung und Versickerung von Straßenabflüssen hinsichtlich der Parameter Chlorid und Cyanid durchzuführen.

Die Ergebnisse zur potenziellen Salzfrachterhöhung in den Wasserkörpern werden hiermit vorgelegt.

2 Beschreibung des Bauvorhabens

Auszug aus der Entwässerungsplanung (Schüßler-Plan, 2018a)

Das Bauvorhaben umfasst das Ersatzbauwerk der Rader Hochbrücke einschließlich der Entwässerungsanlagen und die 6-streifige Erweiterung der A 7 in den Anschlussbereichen zwischen Anschlussstelle (AS) Rendsburg/ Büdelsdorf und dem Autobahnkreuz (AK) Rendsburg.

Derzeit entwässert die Rader Hochbrücke und Teile der vorhandenen Fahrbahn der A 7 über zwei Regenrückhaltebecken (Nord und Süd) auf der Nordseite in den Borgstedter See mit Enge und auf der Südseite in den Nord-Ostsee-Kanal (NOK). In den übrigen Dammbereichen wird das Straßenwasser versickert. Im Bereich zwischen AS Rendsburg/ Büdelsdorf und der L 42 sind die Entwässerungsanlagen der A 7 zusätzlich an den vorhandenen Graben II c angeschlossen und entwässern in diesen.

Die Planung sieht für die 6-streifige Erweiterung vor, dass die in der wasserrechtlichen Genehmigung ausgewiesenen Einleitmengen, die mit dem Planfeststellungsbeschluss 1967/ 1968 erteilt wurden, nicht überschritten werden, sodass die wasserrechtliche Genehmigung weiterhin Bestand hat.

Die Ableitung des im Planungsabschnitt anfallenden Straßenwassers erfolgt weitgehend offen über beidseitige Bankette, die anschließende Dammböschung und Versick-kermulden. Dementsprechend wurden die Bereiche mit offener Entwässerung über die Dammböschung in die Mulde als Entwässerungsabschnitt zusammengefasst.

Eine geschlossene Entwässerung wird im Bereich der Rader Hochbrücke vorgesehen. Da der Hochpunkt der Rader Hochbrücke über dem NOK liegt, ergeben sich dementsprechend zwei Entwässerungsabschnitte. Das in diesen Bereichen anfallende Straßenwasser wird über zwei Retentionsbodenfilter (Nord und Süd) gereinigt und anschließend in die jeweilige Vorflut (Borgstedter See mit Enge und NOK) gedrosselt eingeleitet.

In Richtung Süden schließt dann wieder ein Bereich mit offener Entwässerung über die Dammböschung an.

Im Bereich des AK Rendsburg erfolgt die Entwässerung über die zwischen der A 7 und den Verteilerspuren gelegenen Trennstreifen. Hier wird weitestgehend im Trennstreifen über drainierte Versickermulden versickert. Es werden Notüberläufe mit Stich-

leitungen in die Außenmulden vorgesehen, um auch bei seltenen Starkregen eine Überstauung der Mulden im Trennstreifen zu verhindern.

Das Trinkwasserschutzgebiet Rendsburg (Schutzzone IIIA) liegt außerhalb des Planungsbereiches.

Die Bemessung und Gestaltung der Entwässerungs- und Behandlungsanlagen erfolgt nach RAS-Ew (FGSV, 2005), Arbeitsblatt DWA-A 102, DWA-A 117, DWA-A 138 und DWA-A 178, Merkblatt DWA-M 153, Retentionsbodenfilter Handbuch (MKULNV, 2015)
u. A. sowie in Abstimmung mit der zuständigen Wasserbehörde.

Die Planung der Entwässerung sieht eine Unterteilung in fünf Entwässerungsabschnitte (EA) vor, welche in der nachfolgenden Tabelle 2-1 zusammengefasst sind.

Tabelle 2-1: Daten der geplanten Regenwasserbehandlungsanlagen (Schüßler-Plan, 2018a)

	Regenwasserbehandlung	**EZG A_U[1]**	**Drosselabfluss Q_{Dr}**	**Vorflut**
		ha	l/s	
EA 1	Versickerung über Böschungen und Mulden	2,86	-	Grundwasser
EA 2	RBF	3,83	24,1	Borgstedter See
EA 3	RBF	1,32	7,85	NOK
EA 4	Versickerung über Böschungen und Mulden	6,17	-	Grundwasser
EA 5	Versickerung über Mulden/ Mulden-Rigolen	1,12	-	Grundwasser

3 Betroffene Wasserkörper

3.1 Oberflächenwasserkörper

Im Planungsraum der A 7, im Bereich der Rader Hochbrücke sind von der Einleitung von Straßenoberflächenwasser die Oberflächenwasserkörper (OWK) Nord-Ostsee-Kanal (NOK) und Borgstedter See mit Enge betroffen. Nach Angaben des LLUR ist der Borgstedter See kein eigener Oberflächenwasserkörper (siehe Anlage 4).

Die Lage der betroffenen OWK einschließlich der zugehörigen Messstellen im Planungsraum sowie die Einleitstellen der Entwässerungsabschnitte sind in Bild 3-1 dargestellt. In Bild 3-2 sind weitere Messstellen des NOKs dargestellt.

[1] A_U = undurchlässige angeschlossene Fläche

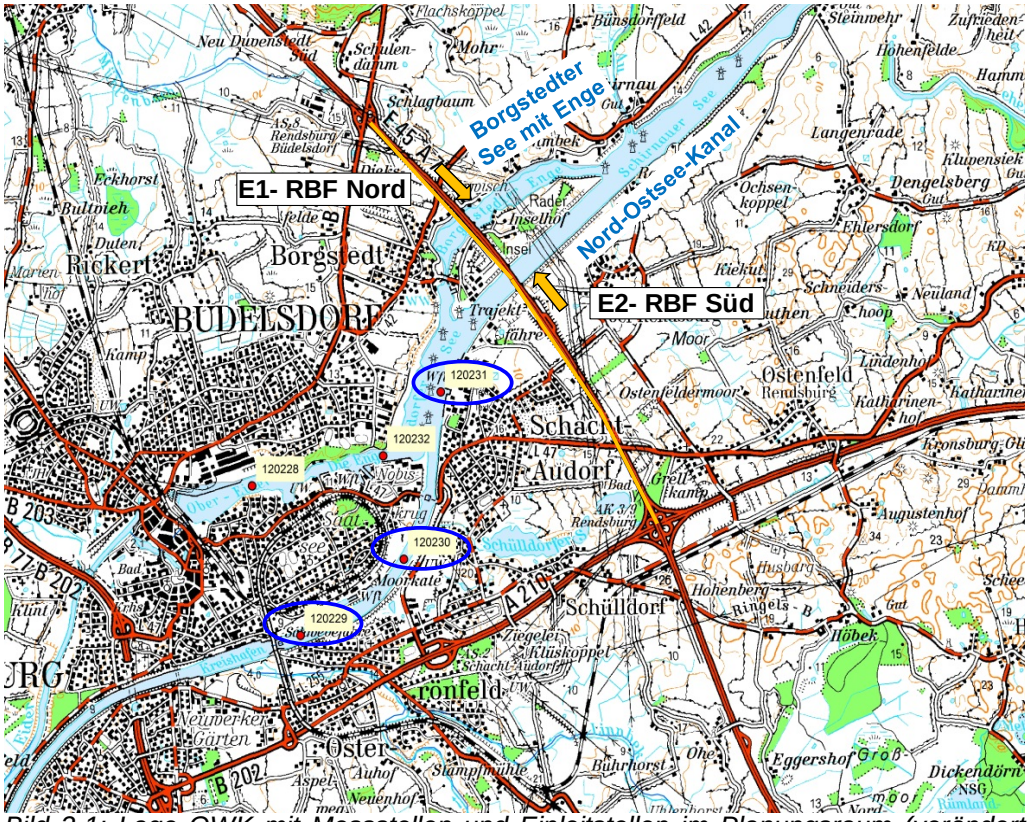


Bild 3-1: Lage OWK mit Messstellen und Einleitstellen im Planungsraum (verändert nach LLUR, 2018a)

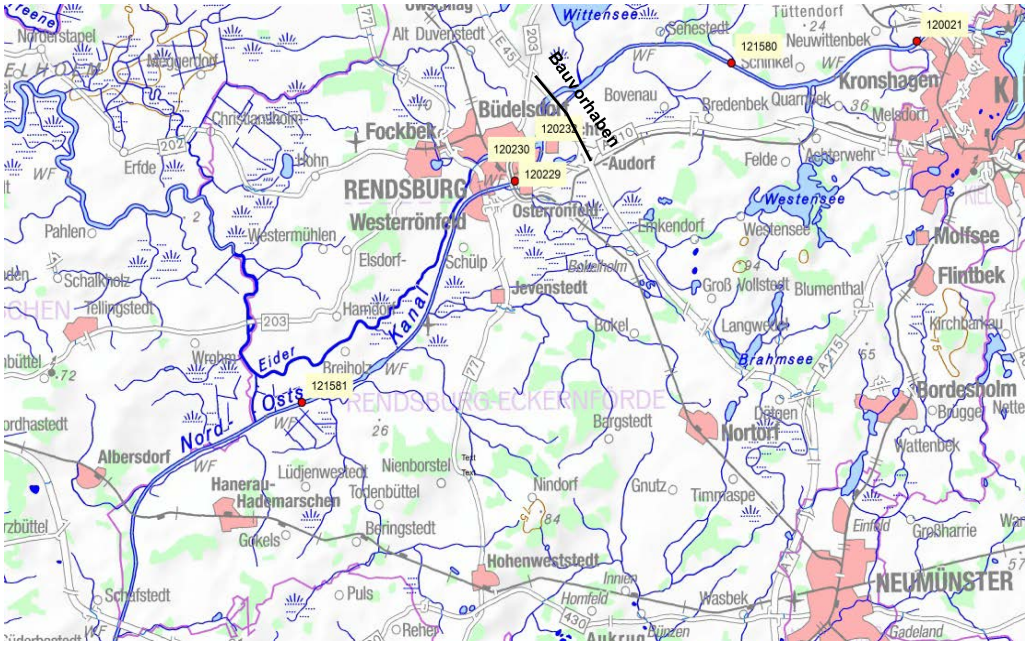


Bild 3-2: Lage weiterer Messstellen des NOKs (verändert nach LLUR, 2018a)

Zur Beurteilung der betriebsbedingten Auswirkungen durch das geplante Bauvorhaben wurden Messwerte sämtlicher Messstellen für die Parameter Chlorid (allgemein physikalisch-chemische Qualitätskomponente nach Anlage 7 OGewV (2016)) und Cyanid (flussgebietsspezifische Schadstoffe nach Anlage 6 OGewV (2016)) beim

Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (LLUR) angefordert. In der weiteren Betrachtung werden in Abstimmung mit dem LLUR nur die Messstellen

- Nr. 120229 - NOK vor Schwebefähre Rendsburg
- Nr. 120230 - NOK, Höhe Moorkate
- Nr. 120231 - NOK, Höhe Lürsen Kröger Werft

berücksichtigt, die sich in unmittelbarer Nähe zum Bauvorhaben befinden (siehe Bild 3-1).

Nord-Ostsee-Kanal (NOK)

Der Nord-Ostsee-Kanal (NOK) gehört zu den künstlichen Seeschifffahrtsstraßen und wird dem Wasserkörpertyp 77 - Sondertyp Schifffahrtskanal zugeordnet.

Die Einstufungen der Qualitätskomponenten nach OGewV sind in Tabelle 3-1 aufgelistet. Das ökologische Potenzial des Nord-Ostsee-Kanals (nok_0) wurde nicht bewertet.

Tabelle 3-1: Einstufung der Qualitätskomponenten des OWK NOK (LLUR, 2018c)

DESH_nok_0 Nord-Ostsee-Kanal	
Stammdaten	
Status	künstlich
Ökologisches Potenzial	**n. b.**
Biologische Qualitätskomponenten	
Phytoplankton	n. b.
Makrophyten/Phytobenthos	n. b.
Benthische Wirbellose	n. b.
Fischfauna	n. b.
Hydromorphologische Qualitätskomponenten	
Wasserhaushalt	nicht gut
Durchgängigkeit	ja
Morphologie	nicht gut
Flussgebietsspezifische Schadstoffe gemäß Anlage 6 OGewV (2016)	
Gesamtbewertung	n. b.
Physikalisch-chemische Qualitätskomponenten gemäß Anlage 7 OGewV (2016)	
Gesamtbewertung	n. b.
Chemischer Zustand gemäß Anlage 8 OGewV (2016)	
inkl. ubiquitärer Stoffe	Nicht gut
ohne ubiquitäre Stoffe	Nicht gut

Zitat Anfang (WSA Brunsbüttel, 2018)

Der NOK verbindet die Kieler Förde (Ostsee) mit der Elbe bei Brunsbüttel. Mit dem Bau des Nord-Ostsee-Kanals wurden die Eider und zahlreiche weitere Flüsse von ihren Oberläufen und Einzugsgebieten abgeschnitten. Infolgedessen werden rd. 10% der Landfläche des Niederungsgebietes von Schleswig-Holstein über den NOK entwässert (WSA Brunsbüttel, 2018). Das Niederschlagseinzugsgebiet des NOK beträgt 1.530 km² (bfg, 2016).

Die Möglichkeiten zur Entwässerung in Elbe- und Ostsee bestehen an den Schleusenanlagen in Brunsbüttel und Kiel-Holtenau nur im Freispiegelgefälle d. h. der Abfluss ist nur bei niedrigeren Außenwasserständen möglich. Die mittleren Wasserstandshöhen an der Ostsee in Kiel und der Kanalwasserspiegel befinden sich etwa auf gleichem Niveau. Daher kann nur in Zeiten mit niedrigerem Ostseewasserspiegel das Wasser auf dieser Seite abfließen. Über das Jahr gesehen fließen in Kiel-Holtenau durchschnittlich nur ca. 10% des überschüssigen Wasservolumens des NOK ab. Der überwiegende Teil fließt durch die regelmäßige Entwässerung in Brunsbüttel in die Elbe ab. Der Wasserstand im NOK wird bei Niedrigwasser in der Elbe durch die Schleuse Brunsbüttel reguliert (WSA Brunsbüttel, telefonische Auskunft 10.12.2018, Hr. Wasmis).

Zitat Ende

Aus der Differenz des Jahresniederschlags von 850 mm/a und einer realen Verdunstung von 550 mm/a ergibt sich eine Abflusshöhe von 300 mm/a = 300 l/(m² · a). Berücksichtigt man das Einzugsgebiet von 1.530 km² berechnet sich für den NOK eine Jahresabflussmenge von 459.000.000 m³/a, die über die Schleuse in Brunsbüttel entwässert wird. Dieser Jahresabfluss wird für die weitere Berechnung berücksichtigt. Die Ausgangsdaten wurden mit dem LLUR abgestimmt (siehe Anlage 5).

Aufgrund des Einflusses von Nord- und Ostsee weist der Nord-Ostsee-Kanal bereits einen hohen Salzgehalt auf. In der Bestandsaufnahme 2016 durch das Helmholz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel im Auftrag des LLUR (GEOMAR, 2018) wurde im Bereich der Rader Hochbrücke ein Salzgehalt von 6-7 PSU (Practical Salinity Unit) nachgewiesen (siehe Bild 3-3). PSU ist die Maßeinheit der Salinität. Gemäß Anlage 7 der OGewV (2016) gilt für Übergangsgewässer T1 und T2 ein durchschnittlicher Salzgehalt von 3,6-23,4 PSU.

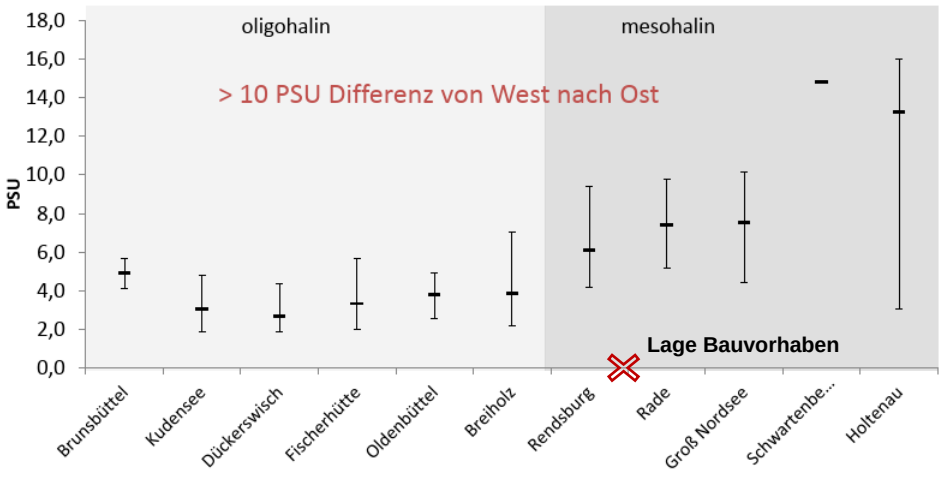


Bild 3-3: Salinität im Nord-Ostsee-Kanal (verändert nach GEOMAR, 2018)

Nach Auswertung der Messwerte für Chlorid über das gesamte Jahr 2011 für die Messtellen Nr. 121580, Nr. 120229 und Nr. 121581 zeigt sich, dass die Chloridkonzentration über das gesamte Jahr gleichbleibend hoch ist und nur geringen jahreszeitlichen Schwankungen unterliegt, d. b. der Eintrag von salzhaltigen Straßenabflüssen über den Winterdienstzeitraum hat keinen signifikanten Einfluss auf die Chloridkonzentration im Nord-Ostsee-Kanal.

Weiterhin nimmt der Salzgehalt (Salinität) des Nord-Ostsee-Kanals von Kiel-Holtenau bis Brunsbüttel ab. Dies kann nach Auswertung der Messdaten bestätigt werden. Die ‚rote' Kurve in Bild 3-4 zeigt die östlichste Messstelle 121580 im NOK (vgl. Bild 3-2), für die die Messdaten in 2011 zur Verfügung standen und ausgewertet wurden.

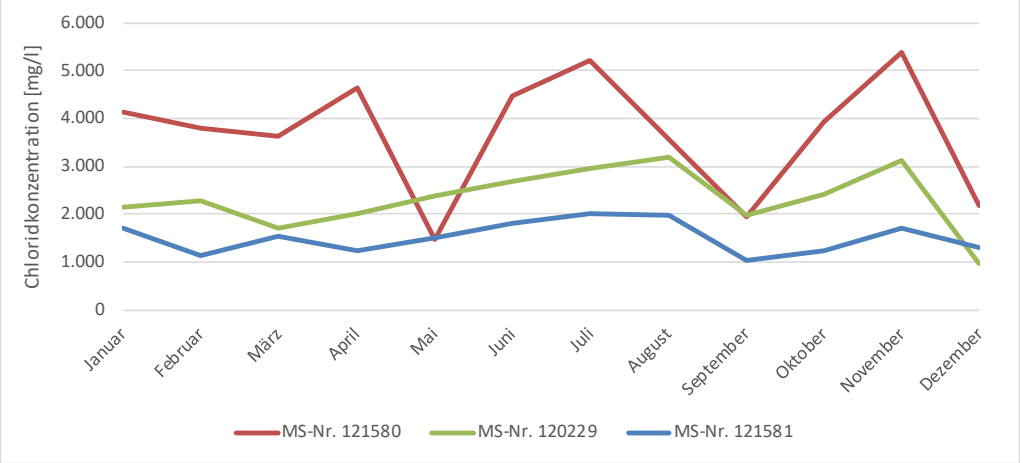


Bild 3-4: Auswertung Chloridkonzentration 2011 (nach LLUR, 2018a)

In Abstimmung mit dem LLUR werden zur Bewertung der Chloridkonzentration die Messstellen 120231 - NOK, Höhe Lürsen Kröger Werft, 120230 - NOK, Höhe Moorkate und 120229 - NOK vor Schwebefähre Rendsburg berücksichtigt. Diese Messstellen befinden sich in unmittelbarer Nähe zum Bauvorhaben.

Für diese Messstellen wurden ebenfalls Messwerte für Cyanid abgefragt. Gemäß Aussage des LLUR erfolgte an diesen Messstellen jedoch keine Cyanid-Bestimmung (Mail des LLUR vom 21.01.2020).

Gemäß Datengrundlage wurden für die allgemein physikalisch-chemischen Qualitätskomponente Chlorid folgende Mittelwerte[2] (MW) bestimmt (siehe Tabelle 3-2). Um die Schwankungsbreite der Chloridkonzentration im NOK zu verdeutlichen, werden zusätzlich Minima- und Maximawerte gegenübergestellt.

[2] Mittelwert als arithmetisches Mittel aus den Jahresmittelwerten von 2009 bis 2011

Tabelle 3-2: Chloridkonzentrationen im NOK (LLUR, 2018a)

DESH_nok_0 - Nord-Ostsee-Kanal				
Messstelle		Messwert (MW)	Messwert (Min)	Messwert (Max)
120231 - NOK, Höhe Lürsen Kröger Werft	[mg/l]	2.705	824	3.876
120230 - NOK, Höhe Moorkate	[mg/l]	2.486	802	3.789
120229 - NOK vor Schwebefähre Rendsburg	[mg/l]	2.464	970	3.431

Borgstedter See mit Enge

Zitat Anfang (MariLim, 2018)

Der Borgstedter See ist ein ehemaliger Fließgewässerabschnitt der Eider. Durch die Verbindung dieses Teilstücks mit dem NOK findet hier seit vielen Jahren ein Ein- und Durchfluss von Brackwasser statt. Dieser Brackwassereinfluss spiegelt sich auch im Arteninventar wieder. Der Borgstedter See wird hauptsächlich von marinen Ostseearten besiedelt und kann somit als Brackwasserlebensraum angesehen werden.

Zitat Ende

Der Borgstedter See ist Teil des berichtspflichtigen Oberflächenwasserkörpers nok_0 Nord-Ostsee-Kanal.

3.2 Grundwasserkörper

Durch den geplanten Neubau der Rader Hochbrücke und der Erweiterung der A 7 sind die oberen Hauptgrundwasserleiter (GWK) DE_GB_DESH_El03 NOK - östl. Hügelland West und DE_GB_DESH_El04 NOK - Geest von potenziellen Auswirkungen durch die Versickerung von Straßenoberflächenwasser in den Entwässerungsabschnitten 1, 4 und 5 betroffen. Darüber hinaus befindet sich südlich der Rader Hochbrücke der tiefe Grundwasserkörper DE_GB_DESH_N4 - Rendsburger Mulde Nord, der durch die Versickerung in den Entwässerungsabschnitte 4 und 5 von potenziellen Auswirkungen betroffen ist.

Eine chemische und mengenmäßige Überwachung des oberen GWK El03 erfolgt u.a. an den Messstellen Nr. 6476 - Ostenfeld Wald F1 und Nr. 6804 - Ostenfeld Grellkamp, die unmittelbar an den Planungsraum grenzen. Für den oberen GWK El04 sind die relevanten Messstellen Nr. 6400 - Schacht-Audorf und Nr. 6683 - Borgstedt F1, wobei für letztere nur Messwerte für 2006 vorliegen. Diese werden zur Beurteilung des potenziellen Salzeintrages durch das geplante Bauvorhaben weiter berücksichtigt.

Die chemische Überwachung des tiefen GWK N4 wird an der Messtelle Nr. 6054 - Schneidershoop F3 durchgeführt. Die Messstelle befindet sich in unmittelbarer Nähe zum Planungsvorhaben. Hier liegen Messwerte bis 2015 vor. Eine mengenmäßige Überwachung erfolgt an zwei weiteren Messstellen, die jedoch für die weitere Betrachtung nicht relevant sind und deshalb hier nicht aufgezeigt werden.

Die Messwerte für den Parameter Chlorid nach Anlage 2 GrwV (2010) wurden beim Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (LLUR) angefordert und liegen der weiteren Untersuchung zu Grunde (LLUR, 2018b).

Die Lage der relevanten Messstellen, die sich in der Nähe des geplanten Bauvorhabens befinden, ist in Bild 3-5 dargestellt.

Bild 3-5: Lage der repräsentativen Messstellen im Planungsraum (verändert nach LLUR, 2018d)

Gemäß den aktuellen Wasserkörper-Steckbriefen werden die Grundwasserleiter wie folgt eingestuft (siehe Tabelle 3-3 und Tabelle 3-4)

Tabelle 3-3: Einstufung des Zustands der oberen GWK NOK – Geest und östl. Hügelland (LLUR, 2018c)

DE_GB_DESH_EI03 NOK - östl. Hügelland West	
Zustand	
Chemisch	nicht gut
Mengenmäßig	gut
Umweltziele	
Guter chemischer Zustand	Fristverlängerung bis 2027
Guter mengenmäßiger Zustand	Zielerreichung 2015
DE_GB_DESH_EI04 NOK - Geest	
Zustand	
Chemisch	nicht gut
Mengenmäßig	gut
Umweltziele	
Guter chemischer Zustand	Fristverlängerung bis 2027
Guter mengenmäßiger Zustand	Zielerreichung 2015

Tabelle 3-4: Einstufung des Zustands des tiefen GWK Rendsburger Mulde Nord (LLUR, 2018c)

DE_GB_DESH_N4 - Rendsburger Mulde Nord	
Zustand	
Chemisch	gut
Mengenmäßig	gut
Umweltziele	
Guter chemischer Zustand	Zielerreichung 2015
Guter mengenmäßiger Zustand	Zielerreichung 2015

4 Einleitung von durch den Winterdienst belastete Straßenabflüsse in Oberflächengewässer und ins Grundwasser

Tausalz wird gezielt durch den Winterdienst aufgebracht, um die Verkehrssicherheit zu gewährleisten. Während in Wohngebieten auch abstumpfende Mittel im Winterdienst eingesetzt werden können, ist auf Bundesfernstraßen der Einsatz von Tausalz alternativlos.

In den üblichen Tausalzen ist überwiegend Chlorid enthalten. Am häufigsten wird als Tausalz NaCl verwendet, das entweder in trockener Form oder als Feuchtsalz (z.B. FS30 Gemisch aus 30 % Salzlösung und 70 % Trockensalz) aufgebracht wird. NaCl enthält 61 % Chlorid. Für den Parameter Chlorid sind sowohl in der OGewV (Anlage 7) Grenzwerte als auch in der GrwV (Anlage 2) Schwellenwerte aufgeführt. Chlorid ist sehr gut wasserlöslich und kann in keiner Regenwasserbehandlungsanlage zurückgehalten werden, da auch über Filtration und Adsorption in Filteranlagen keine Wirkung erzielt wird.

Darüber hinaus wird dem Tausalz Cyanid zur Verbesserung der Rieselfähigkeit zugefügt. Es gelangt so über das Tausalz in das Straßenoberflächenwasser. Es gibt z.Zt. noch keinen gesicherten Kenntnisstand über die Rückhaltung von Cyanid in Regenwasserbehandlungsanlagen. Es wird daher konservativ keinerlei Reinigungsleistung in den Regenwasserbehandlungsanlagen angesetzt und die Berechnung der resultierenden Gewässerkonzentration für Cyanid erfolgt analog zur Berechnung für Chlorid. Der Anteil von Ferrocyanid im Streusalz beträgt nach Angaben des LBV-SH im Mittel 99 mg/kg (LBV-SH, 2019).

4.1 Abschätzung der resultierenden Chloridkonzentration im OWK

Für die Berechnung der Konzentration im Oberflächenwasserkörper, die aus dem Einsatz von Streusalz auf Autobahnen im Winterdienstzeitraum resultiert, wurde neben der Ausgangskonzentration im OWK (vgl. Kapitel 3.1) zusätzlich beim Landesbetrieb Straßenbau und Verkehr Schleswig-Holstein (LBV-SH, 2018) Angaben zum Streu- und Winterdiensteinsatz angefragt (siehe Anlage 3). Im Winterdienstzeitraum wurden für die Rader Hochbrücke durchschnittlich 84 Streufahrten pro Jahr mit je einer spezifischen Streusalzmenge von 20 g/m² ausgeführt (Auswertung der AM Neumünster über die letzten drei Jahre). Nach diesen Angaben berechnet sich eine Streusalzmenge von 1.680 g/(m²·a).

Der Chloridanteil im Streusalz beträgt 61% (NLStbV, 2016). Der Verbleib des Streusalzes wird konservativ mit 100% im Straßenabfluss angesetzt.

Die spezifische Schadstofffracht im Straßenabfluss berechnet sich aus der Streusalzmenge von 1.680 g/(m²·a), dem Chloridanteil von 61% und dem Verbleib im Straßenabfluss von 100% zu $B_{RW,Chlorid}$ = 1.025 g/(m²·a).

Das Chlorid im Streusalz kann mit keiner Regenwasserbehandlungsanlage aus dem Straßenabfluss entfernt werden, so dass eine vermindernde Wirkung hier nicht in Rechnung gestellt werden kann. So wird davon ausgegangen, dass die gesamte aufgebrachte Chloridfracht über den Straßenabfluss in den OWK eingetragen wird.

Bei dem geplanten Bauvorhaben handelt es sich um eine Erweiterung der A 7 von 2 auf 3 Fahrstreifen je Fahrtrichtung einschließlich des Ersatzbauwerks der bestehenden Rader Hochbrücke, die ebenfalls auf 3 Fahrstreifen je Fahrtrichtung verbreitert wird. Die bestehende Entwässerung des Brückenbauwerks Rader Hochbrücke leitet bereits heute über eine geschlossenes Entwässerungssystem in den NOK und Borgstedter See ein. Daher wird in der Berechnung zunächst die Chloridfracht, die aufgrund des Bestandsbauwerks in den OWK potenziell eingetragen wird, der Chloridfracht, die sich aufgrund der Planung ergibt, gegenübergestellt. Die potenzielle Frachterhöhung im OWK resultiert aus der Differenz der beider Frachten.

Die gestreuten Flächen berechnen sich über die Abschnittslänge, die Breite und einem Betreuungsfaktor. Für Streckenabschnitte mit offenporigem Asphalt wären die gestreuten Flächen um 50 % und für winterdienstintensive Abschnitte mit verkürzter Räumschleife um 15 % zu vergrößern. Für Bundesautobahnen wird ein Betreuungsfaktor von 1 angegeben. Stand- und Seitenstreifen erhalten einen Betreuungsfaktor von 0,2 (BMVI, 2016).

Die Konzentration im OWK aufgrund der Einleitung streusalzhaltiger Straßenabflüsse wird mit folgender Gleichung berechnet:

$$\underbrace{c_{OWK,RW}}_{\text{Konzentration im OWK nach Einleitung [mg/l]}} = \frac{\overbrace{C_{OWK} \cdot MQ}^{\text{Ausgangsfracht im OWK [g/a]}} + \overbrace{B_{RW} \cdot A_{E,b,a}}^{\text{Eingeleitete Chloridfracht aus Straßenabfluss [g/a]}}}{\underbrace{MQ}_{\text{Jahresabfluss NOK [m³/a]}}}$$

Der Berechnungsansatz wurde mit dem LLUR abgestimmt (siehe Anlage 5). Wie in Kapitel 3.1 erläutert, ergibt sich für den NOK ein Jahresabfluss von 459.000.000 m³/a.

4.1.1 Nok_0 - Nord-Ostsee-Kanal

Ermittlung Chloridbelastung durch Direkteinleitung

Gemäß Regelquerschnitt RQ 36B beträgt die gesamte Fahrbahnbreite 29 m im Bauwerksbereich (12 m Fahrstreifen + 2,50 m Standstreifen je Fahrtrichtung). Für den Bestand gilt der RQ 29,5. Die Länge ergibt sich aus den Entwässerungsabschnitten 2 und 3 (siehe Schüßler-Plan, 2018c). Der Betreuungsfaktor für die Fahrstreifen beträgt 1, für den Standstreifen 0,2.

Die gestreute Fläche im EA 2 beträgt $A_{E,b,a}$ = 28.028 m² und im EA 3 $A_{E,b,a}$ = 9.472 m². Die Bestandsflächen berechnen sich für EA 2 zu $A_{E,b,a}$ = 21.301 m² und für EA 3 zu $A_{E,b,a}$ = 7.199 m².

Als Differenz aus Bestand und Planung ergibt sich eine zusätzliche Fläche von 9.000 m², die in der weiteren Berechnung berücksichtigt wird.

Die Ausgangskonzentration an der Messstelle 120231 beträgt 2.704,73 mg/l Chlorid (vgl. auch 3.1). Es werden noch zwei weitere Messstellen berücksichtigt. Für den NOK als Wasserkörpertyp 77 (Sondertyp Schifffahrtskanal) ist kein Orientierungswert für Chlorid in der OGewV (2016) aufgeführt.

Die ermittelte Konzentrationserhöhung ist mit 0,02 mg/l extrem gering und wird angesichts der hohen mittleren Ausgangsbelastung von u.a. 2.704 mg/l Chlorid messtechnisch nicht zu erfassen sein. In Tabelle 4-1 sind die Ergebnisse zusammengefasst. (siehe auch Anlage 1). In Anlage 1 sind zusätzlich Minima- und Maximawerte aufgeführt.

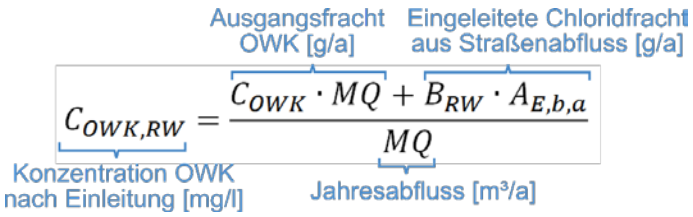
Ermittlung der zusätzlichen Chloridbelastung durch Versickerung

Neben der direkten Einleitung in die Oberflächenwasserkörper aus den RWBA gelangt zusätzlich Chlorid über das Grundwasser in den OWK. Im Falle der betrachteten Baumaßnahme wird Chlorid durch die Versickerung über Böschung und Mulden der Entwässerungsabschnitte 1, 4 und 5 über die Grundwasserkörper in den OWK Nord-Ostseekanal eingetragen.

Zur Berechnung der Konzentrationserhöhung im OWK wird angenommen, dass der an einem Gewässerpegel registrierte Abfluss dem gesamten im Einzugsgebiet entstandenen Abfluss einschließlich der zeitweilig zwischengespeicherten Anteile des Grundwassers entspricht. Somit gilt, dass der gesamte Grundwasserabfluss und damit auch die gesamte ins Grundwasser eingetragene Salzfracht zeitverzögert den Oberflächengewässern zuströmen. Eine Versickerung in tieferliegende Grundwasserbereiche sowie ein Grundwasserabstrom in Fremdgebiete sind hierbei möglich, diese Einflüsse sind jedoch nicht genauer quantifizierbar. Bezogen auf die potenzielle Belastung der Oberflächengewässer durch chloridhaltiges Grundwasser liegt die Annahme des vollständigen Grundwasserzustromes in die Oberflächengewässer auf der sicheren Seite.

Aus dem Entwässerungsabschnitt 1 wird Chlorid über den GWK El03, aus dem Entwässerungsabschnitt 4 über die GWK El03 und El04 sowie aus dem Entwässerungsabschnitt 5 über den GWK El04 in den OWK Nord-Ostsee-Kanal eingetragen. Da der anteilige Zustrom des Grundwassers zum OWK nicht bekannt ist, wird vorsorglich angenommen, dass die gesamte Salzfracht aus den GWK in den OWK eingetragen wird.

Die Konzentration im OWK aufgrund der Einleitung streusalzhaltiger Straßenabflüsse wird nach folgender Gleichung berechnet:



Damit gelangen über das Grundwasser zusätzlich rd. 35.737 kg/a Chlorid in den OWK. Die ermittelte Konzentrationserhöhung im OWK durch den Grundwasserzufluss aus den Grundwasserkörpern El03 und El04 ist mit 0,078 mg/l sehr gering und wird messtechnisch nicht zu erfassen sein. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4-1 zusammengefasst. In Anlage 1 sind zusätzlich Minima- und Maximawerte aufgeführt.

Tabelle 4-1: Ermittlung der Chlorid-Konzentration (Mittelwert) nach Direkteinleitung von Straßenabfluss und über Grundwasserzufluss im Winterdienstzeitraum

DESH_nok_0 - Nord-Ostsee-Kanal				
gestreute Zusatzfläche $A_{e,b,a}$	m²	9.000		
Chloridfracht Straße B_{RW}	g/a	9.223.200		
Chloridfracht über Grundwasserzufluss	g/a	35.737.231		
Gesamtchloridfracht OWK	g/a	44.960.431		
Jahresabfluss NOK **MQ**	m³/a	459.000.000		
QK gemäß Anlage 7 OGewV (2016) $c_{Chlorid}$	mg/l	-	-	-
Messstelle Nr. (LLUR, 2018a)		120231	120230	120229
Mittl. Chloridkonzentration OWK c_{OWK}	mg/l	2.704,73	2.486,00	2.463,76
Ausgangsfracht Gewässer B_{OWK}	kg/a	1.241.472.600	1.141.074.000	1.130.866.714,2
Zusätzliche Gesamt-Chloridfracht B_{RW}	kg/a	44.960.431	44.960.431	44.960.431
Summe	kg/a	1.241.517.560	1.141.118.960	1.130.911.674
result. Gewässerkonzentration $c_{OWK,RW}$	mg/l	**2.704,83**	**2.486,10**	**2.463,86**

Die gesamte rechnerische Chlorid-Konzentrationserhöhung aus Direkteinleitung und Zustrom über das Grundwasser beträgt lediglich 0,1 mg/l. Angesichts der hohen Ausgangskonzentrationen und der der natürlichen Schwankung wird diese rechnerische Konzentrationserhöhung nicht messbar sein.

4.2 Abschätzung der resultierenden Cyanidkonzentration im OWK

Für die Berechnung der Cyanidkonzentration im Oberflächenwasserkörper wird wegen fehlender Messwerte als Ausgangskonzentration die Umweltqualitätsnorm für flussgebietsspezifische Schadstoffe nach Anlage 6 OGewV (2016) in Höhe von 10 µg/l angesetzt.

Der Anteil von Ferrocyanid im Streusalz beträgt nach Angaben des LBV-SH im Mittel 99 mg/kg (LBV-SH, 2019). Die spezifische Schadstofffracht im Straßenabfluss berechnet sich aus der Streusalzmenge von 1.680 g/(m²·a), dem Ferrocyanidgehalt des Salzes von 99 mg/kg, dem Anteil von Cyanid im Ferrocyanid von 74% und dem Verbleib im Straßenabfluss von 100% zu $B_{RW,Cyanid}$ = 123 mg/(m²·a). Eine Rückhalteleistung der Regenwasserbehandlungsanlagen für Cyanid wird nicht angesetzt (vgl. oben).

4.2.1 Nok_0 - Nord-Ostsee-Kanal

Ermittlung der Cyanidbelastung durch Direkteinleitung

Durch die direkte Einleitung der Straßenabflüsse aus den Entwässerungsabschnitten 2 und 3 gelangen etwa 1.107 g Cyanid pro Jahr in den OWK Nord-Ostsee-Kanal. Bezogen auf den mittleren jährlichen Abfluss des OWK von $4{,}59*10^8$ m³/a ergibt sich eine zusätzliche Konzentrationserhöhung über die Direkteinleitung in Höhe von 0,0024 µg/l (vgl. Tabelle 4-2).

Ermittlung der zusätzlichen Cyanidbelastung durch Versickerung

Neben der direkten Einleitung aus den RBF gelangt zusätzlich Cyanid über das Grundwasser in den OWK. Analog zur Berechnung für Chlorid, wird die Annahme getroffen, dass die gesamte Cyanidfracht in den OWK eingetragen wird.

Damit gelangen über das Grundwasser im Planungszustand zusätzlich etwa 3.301 g Cyanid pro Jahr in den OWK Nord-Ostsee-Kanal. Bezogen auf den mittleren jährlichen Abfluss des OWK von $4{,}59*10^8$ m³/a ergibt sich eine zusätzliche Konzentrationserhöhung über den Grundwasserzustrom in Höhe von 0,0079 µg/l (vgl. Tabelle 4-2).

Berechnung der resultierenden Cyanidkonzentration

In Tabelle 4-2 sind die Eingangsparameter und die Ergebnisse der Berechnung dargestellt. Bei einer angenommenen Ausgangskonzentration von 10 µg/l und einer Konzentrationserhöhung von 0,0024 µg/l aus der direkten Einleitung der Straßenabflüsse sowie aus dem Grundwasserkörper von 0,0079 µg/l ergibt sich eine resultierende Gesamtkonzentrationserhöhung von 0,01 µg/l im OWK Nord-Ostsee-Kanal.

Tabelle 4-2 Cyanid-Konzentration im OWK Nord-Ostsee-Kanal nach Direkteinleitung von Straßenabfluss über RBF und zusätzlichem Eintrag über Versickerung und Grundwasser

Berechnung der Cyanidfracht im OWK Nord-Ostsee-Kanal			
QK gemäß Anlage 7 OGewV, guter Zustand	c_{Cyanid}	µg/l	10
Einzugsgebiet OWK	Ae,o	km²	1.530
Cyanidkonzentration OWK (JD-UQN, Anlage 6 OGewV)	c_{OWK}	µg/l	10,00
Spez. Cyanidfracht		mg/(m²*a)	123
Gestreute Fläche	$A_{e,b,a}$	m²	9.000
Cyanidfracht durch Direkteinleitung aus RBF	B_{RW}	mg/a	1.107.691
Jahres-Mittelwasserabfluss über Schleuse Brunsbüttel		m³/a	459.000.000
Ausgangsfracht Gewässer	B_{OWK}	mg/a	4.590.000.000
Cyanidfracht im GW über Versickerung aus GWK El03 und El04	B_{GWK}	mg/a	3.608.746
Summe Cyanidfracht		mg/a	4.594.716.437
Änderung der Gewässerkonzentration durch GW-Zustrom	$Dc_{OWK,GWK}$	µg/l	0,0079
Änderung der Gewässerkonzentraton durch Direkteinleitung	$Dc_{OWK,direkt}$	µg/l	0,0024
Änderung der Gewässerkonzentration gesamt	Dc_{OWK}	µg/l	0,01
Änderung der Gewässerkonzentration gesamt prozentual	Dc_{OWK}/QK	%	0,10%
Resultierende Gewässerkonzentration	$c_{OWK,RW}$	µg/l	10,010

4.3 Bewertung des Tausalzeintrags in den OWK

Das im Bereich der Rader Hochbrücke anfallende und mit Tausalz belastete Straßenoberflächenwasser wird in Rohrleitungen abgeleitet und gelangt über die zwei bestehenden Einleitstellen in den NOK. In den beiden Retentionsbodenfiltern erfolgt nach den Berechnungsannahmen kein Rückhalt von Chlorid und Cyanid, sondern lediglich eine zeitlich verzögerte Einleitung. Die rechnerische mittlere Konzentrationserhöhung von Chlorid Grundwasser im NOK aus Direkteinleitung und aus dem Frachteintrag über das beträgt lediglich 0,1 mg/l (s. Kapitel 4.1.1). Aufgrund des natürlich hohen Salzgehalts im NOK verbunden mit einer großen Schwankungsbreite und dem im Vergleich zur Einleitungswassermenge hohen Abflusses im NOK, wird diese geringe rechnerische Konzentrationserhöhung nicht messbar sein und eine maßgebliche Aufsalzung ist auszuschließen.

Die berechnete Konzentrationserhöhung für Cyanid liegt bei 0,01 µg/l für den OWK Nord-Ostsee-Kanal. Bezogen auf die JD-UQN von 10 µg/l entspricht dies einer Erhöhung von 0,1 %. Für Cyanid sind in Schleswig-Holstein keine Messunsicherheiten bekannt, da die Analysen fremdvergeben werden. Eine Konzentrationserhöhung von weniger als 5 % wird aber als nicht messbar eingeschätzt.

Insgesamt sind betriebsbedingt keine Verschlechterungen oder nachteilige Auswirkungen auf das ökologische Potenzial des Nok_0 - Nord-Ostsee-Kanal zu erwarten.

4.4 Abschätzung der resultierenden Chloridkonzentration im GWK

Da das Chlorid im Streusalz mit keiner Regenwasserbehandlungsanlage aus dem Straßenabfluss entfernt werden kann, wird davon ausgegangen, dass die gesamte aufgebrachte Chloridfracht über den Straßenabfluss in den GWK eingetragen wird.

Die Eingangsparameter sind dem Kapitel 4.1 entnommen. Die spezifische Chloridfracht im Straßenabfluss beträgt $B_{RW,Chlorid}$ = 1.025 g/(m²·a).

Der Grundwasserabfluss berechnet sich aus der Grundwasserneubildung und der Fläche des GWK. Als Fläche des GWK wird nur 20 % der Gesamtfläche angesetzt. Sofern eine Überschreitung der Schwellenwerte nur auf 20% des Grundwasserkörpers beschränkt bleibt, ist der chemische Grundwasserzustand nach der § 7 Absatz 3 GrwV (2010) immer noch als gut zu beurteilen. Aufgrund der geringeren Fläche des GWK ergibt sich ein geringerer Grundwasserabfluss und somit eine größere Konzentrationserhöhung. Dieses konservative Vorgehen berücksichtigt die Tatsache, dass die Einleitung von Straßenoberflächenwasser nicht gleichmäßig verteilt über den gesamten GWK erfolgt, sondern lokal begrenzt ist. Gemäß Landesportal Schleswig-Holstein (LSH, 2018) wird eine mittlere Grundwasserneubildung von 150 l/(m² a) angenommen.

Bei dem geplanten Bauvorhaben handelt es sich um eine Erweiterung der A 7 von 2 auf 3 Fahrstreifen je Fahrtrichtung. Die Straßenabflüsse der vorhandene A 7 versickern heute bereits über Bankette und Dammböschungen in Mulden. Wie bereits in Kapitel 4.1 dargestellt wurde, wird auch für die GWK zunächst die Chloridfracht, die aufgrund der vorhandenen A 7 in den GWK potenziell eingetragen wird, der Chloridfracht, die sich aufgrund der Planung ergibt, gegenübergestellt. Die potenzielle Frachterhöhung im GWK resultiert aus der Differenz der beiden Frachten.

Gemäß Regelquerschnitt RQ 36 beträgt die gesamte Fahrbahnbreite 29 m (12 m Fahrstreifen + 2,50 m Standstreifen je Fahrtrichtung). Für den Bestand gilt der RQ 29,5. Die Länge ergibt sich aus den jeweiligen Entwässerungsabschnitten (siehe Schüßler-Plan, 2018c). Der Betreuungsfaktor für die Fahrstreifen beträgt 1, für den Standstreifen 0,2 (vgl. Kapitel 4.1).

Die Konzentration im GWK aufgrund der Versickerung streusalzhaltiger Straßenabflüsse wird mit folgender Gleichung berechnet:

$$c_{GWK,RW} = \frac{C_{GWK} \cdot GwN \cdot A_{GWK} \cdot 1000 + B_{RW,Wi} \cdot A_{E,b,a}}{GwN \cdot A_{GWK} \cdot 1000}$$

$c_{GWK,RW}$: Konzentration im GWK nach Versickerung RW [mg/l]

$C_{GWK} \cdot GwN \cdot A_{GWK} \cdot 1000$: Ausgangsfracht im GWK [g/a]

$B_{RW,Wi} \cdot A_{E,b,a}$: Versickerte Chloridfracht aus Straßenabfluss [g/a]

$GwN \cdot A_{GWK} \cdot 1000$: Grundwasserabfluss [m³/a]

4.4.1 El03 NOK - östl. Hügelland West

Die gestreute Fläche des Entwässerungsabschnittes 1 beträgt 2,43 ha. Die Bestandsfläche ergibt sich zu 1,849 ha. Als Differenz aus Bestand und Planung ergibt sich eine zusätzliche Fläche von 0,584 ha, die in der weiteren Berechnung berücksichtigt wird.

Die Flächengröße des Grundwasserkörpers beträgt 444,95 km² (LLUR, 2019). Über den Flächenanteil von 1/5 und der Grundwasserneubildung von 150 l/(m² a) berechnet sich ein Grundwasserabfluss von 13.348.500 m³/a.

Die Chloridkonzentration der Messstelle Nr. 6683, Borgstedt F1 (vgl. auch Kapitel 3.2) wird mit 49,0 mg/l als Ausgangskonzentration im GWK im Bereich des Entwässerungsabschnittes 1 zugrunde gelegt. Die resultierende Chloridkonzentration im GWK nach Versickerung der Straßenabflüsse beträgt $c_{GWK,RW}$ = 49,45 mg/l. Der Schwellen-

wert von 250 mg/l wird aufgrund der Versickerung von Straßenabfluss nicht überschritten (Detaillierte Berechnungstabellen siehe Anlage 2).

Die gestreute Fläche des Entwässerungsabschnittes 4 beträgt 5,62 ha. Die Bestandsfläche ergibt sich zu 4,27 ha. Als Differenz aus Bestand und Planung ergibt sich eine zusätzliche Fläche von 1,349 ha, die in der weiteren Berechnung berücksichtigt wird.

Die Chloridkonzentration der Messstelle Nr. 6400, Schacht-Audorf (vgl. auch Kapitel 3.2) wird mit 32,0 mg/l als Ausgangskonzentration im GWK im Bereich des Entwässerungsabschnittes 4 zugrunde gelegt. Die resultierende Chloridkonzentration im GWK nach Versickerung der Straßenabflüsse beträgt $c_{GWK,RW}$ = 33,04 mg/l. Der Schwellenwert von 250 mg/l wird aufgrund der Versickerung von Straßenabfluss nicht überschritten (Detaillierte Berechnungstabellen siehe Anlage 2).

4.4.2 EI04 NOK - Geest

Die gestreute Fläche des Entwässerungsabschnittes 4 beträgt 5,62 ha. Die Bestandsfläche ergibt sich zu 4,27 ha. Als Differenz aus Bestand und Planung ergibt sich eine zusätzliche Fläche von 1,349 ha, die in der weiteren Berechnung berücksichtigt wird.

Die Flächengröße des Grundwasserkörpers beträgt 826,55 km² (LLUR, 2019). Über den Flächenanteil von 1/5 und der Grundwasserneubildung von 150 l/(m² a) berechnet sich ein Grundwasserabfluss von 24.796.500 m³/a.

Die Chloridkonzentration der Messstelle Nr. 6476, Ostenfeld Wald (vgl. auch Kapitel 3.2) wird mit 50,0 mg/l als Ausgangskonzentration im GWK im Bereich des Entwässerungsabschnittes 4 zugrunde gelegt. Die resultierende Chloridkonzentration im GWK nach Versickerung der Straßenabflüsse beträgt $c_{GWK,RW}$ = 51,04 mg/l. Der Schwellenwert von 250 mg/l wird aufgrund der Versickerung von Straßenabfluss nicht überschritten (Detaillierte Berechnungstabellen siehe Anlage 2).

Die gestreute Fläche des Entwässerungsabschnittes 5 beträgt 0,856 ha. Die Bestandsfläche ergibt sich zu 0,65 ha. Als Differenz aus Bestand und Planung ergibt sich eine zusätzliche Fläche von 0,205 ha, die in der weiteren Berechnung berücksichtigt wird.

Die Chloridkonzentration der Messstelle Nr. 6804, Ostenfeld Grellkamp (vgl. auch Kapitel 3.2) wird mit 40,0 mg/l als Ausgangskonzentration im GWK im Bereich des Entwässerungsabschnittes 5 zugrunde gelegt. Die resultierende Chloridkonzentration im GWK beträgt $c_{GWK,RW}$ = 40,16 mg/l. Der Schwellenwert von 250 mg/l wird aufgrund der Versickerung von Straßenabfluss nicht überschritten (Detaillierte Berechnungstabellen siehe Anlage 2).

4.4.3 N4 - Rendsburger Mulde Nord

In einer hydrogeologischen Untersuchung des staatlichen Umweltamtes Kiel (StUA Kiel, 2006) konnte nicht vollständig nachgewiesen werden, ob eine tatsächliche Verbindung zwischen dem oberen (EI03 und EI04) und tiefen Grundwasserleiter N4 besteht. Es wird vermutet, dass der untere Geschiebemergel auch lückenhaft ist und folglich Grundwasser in den tiefen GWK versickert.

Des Weiteren wurde dargelegt, dass das Grundwasser des tiefen Grundwasserleiters aufgrund von Abbauprozessen während des Transportvorgangs frei von anthropogenen Einflüssen ist. Für den Parameter Chlorid gibt es hierfür keine fundierten Untersuchungen (StUA Kiel, 2006).

An der Messtelle Nr. 6054 - Schneidershoop F3 beträgt die Ausgangskonzentration im tiefen Grundwasserkörper 22,0 mg/l (Jahresmittelwert 2015). Da die resultierende Konzentration im oberen Grundwasserleiter nach Versickerung der Straßenabflüsse $c_{GWK,RW}$ = 33,04 mg/l bzw. $c_{GWK,RW}$ = 51,04 mg/l beträgt (siehe Kapitel 4.2.1 und Kapitel 4.2.2), kann auch bei möglicher Verbindung zwischen oberem und unterem Grundwasserleiter der Schwellenwert von 250 mg/l im unteren Grundwasserleiter nicht überschritten werden.

4.4.4 Bewertung des Tausalzeintrags in die GWK

Insgesamt sind betriebsbedingt keine Verschlechterungen oder nachteilige Auswirkungen auf den chemischen Zustand der Grundwasserkörper El03 - östl. Hügelland West, El04 - Geest und N4 - Rendsburger Mulde durch die Versickerung von tausalzhaltigen Straßenabflüssen zu erwarten.

5 Zusammenfassung

Das betrachtete Planungsvorhaben A 7 Ersatzbauwerk Rader Hochbrücke einschließlich 6-streifige Erweiterung führt nicht zu einer Verschlechterung des OWK NoK_01 bezogen auf die betrachteten Parameter Chlorid und Cayanid. Im Nord-Ostsee-Kanal ist bereits eine natürlich hohe Salzbelastung vorhanden. Der NOK sowie der Borgstedter See mit Enge können als Brackwasserlebensraum angesehen werden, da sie hauptsächlich von marinen Ostseearten besiedelt werden. Damit sind keine negativen Veränderungen der Lebensbedingungen für die biologischen Qualitätskomponenten durch den zusätzlichen Tausalzeintrag, der im NOK messtechnisch nicht nachweisbar ist, zu erwarten.

Es kann ebenfalls mit hinreichender Sicherheit ausgeschlossen werden, dass das Bauvorhaben aufgrund der Versickerung salzhaltiger Straßenabflüsse zu einer Verschlechterung des chemischen Zustands der Grundwasserkörper El03, El04 und N4 führt.

6 Literatur und Quellen

ifs (2018): Immissionsbezogene Bewertung der Einleitung von Straßenabflüssen, Gutachten, Ingenieurgesellschaft für Stadthydrologie mbH (ifs), Hannover

LAWA (2017): Ständiger Ausschuss der LAWA Wasserrecht (LAWA-AR), Handlungsempfehlung Verschlechterungsverbot, beschlossen auf der 153. LAWA-Vollversammlung 16./17. März 2017

LBV-SH (2019): Besprechungsvermerk zum Abstimmungstermin zum Fachbeitrag WRRL mit dem LLUR und dem MELUND zur B 5 – Verlegung im Bereich Bredstedt, Breklum, Struckum, Hattstedt am 26.8.1019 in Flintbek

LLUR (2018a): Daten für OWK-Messstellen Nr. 120021, 120090, 120228, 120229, 120230, 120231, 120232, 121580 und 121581 mit Kartenausschnitt, Stand: Dezember 2018, Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein

LLUR (2018b): Daten für GW-Messstelle Nr. 6476 - OSTENFELD WALD F1, Nr. 6804 - OSTENFELD GRELLKAMP, Nr. 6063 - SCHNEIDERSHOOP F1, Nr. 6683/ 6684 - BORGSTEDT F1 und F2, Nr. 6642 – KLÜSKOPPEL, Nr. 6400 - SCHACHT-AUDORF RÜTGERSSTR F1, Nr. 6053 – HEIDKRUG Stand: Dezember 2018, Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein

MariLim (2018): Untersuchungen des Makrozoo- und Makrophytobenthos im Borgstedter See, Erläuterungsbericht, MariLim Gesellschaft für Gewässeruntersuchung mbH, Schönkirchen

MKULNV (2015): Retentionsbodenfilter - Handbuch für Planung, Bau und Betrieb, aktualisierte 2. Auflage, Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf

NLStbV (2016): Präsentation zum Thema „Tausalzeintrag in Gewässer“ von Ulrich Kasting, Niedersächsische Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr, Hannover

Schüßler-Plan (2018a): Erläuterungen wassertechnische Untersuchungen A 7 Ersatzbauwerk Rader Hochbrücke einschließlich sechsstreifiger Erweiterung der A 7 zwischen der Anschlussstelle Rendsburg/Büdelsdorf und dem Autobahnkreuz Rendsburg, VORENTWURF, Fassung 05/2018, Schüßler-Plan Ingenieurgesellschaft mbH, Berlin

Schüßler-Plan (2018b): Wassertechnische Untersuchungen zum Ersatzbauwerk Rader Hochbrücke einschließlich sechsstreifiger Erweiterung der A 7, VORENTWURF, Fassung 05/2018, Schüßler-Plan Ingenieurgesellschaft mbH, Berlin

Schüßler-Plan (2018c): A 7 Ersatzbauwerk Rader Hochbrücke einschließlich sechsstreifiger Erweiterung der A 7, Lageplan, Unterlage/Blatt 16.1/2 und 3, Stand: 11/2018

Schüßler-Plan (2018d): A 7 Ersatzbauwerk Rader Hochbrücke einschließlich sechsstreifiger Erweiterung der A 7, Detail Becken Nord und Süd, Unterlage/Blatt 18.3/1 und 2, Stand: 11/2018

StUA Kiel (2006): Hydrogeologischer Bericht zur Ausweisung eines Wasserschutzgebietes für das Wasserwerk Schacht-Audorf, Staatliches Umweltamt Kiel, Dezernat Koordinierung, Grundwasserschutz und Wasserversorgung

TGP (2018): A 7 Rader Hochbrücke einschl. 6-streifiger Erweiterung - Wasserrechtlicher Fachbeitrag, Stand: 10/2018, TGP - Trüper Gondesen Partner mbB, Lübeck

Gesetze/ Richtlinien

BBodSchV (1999): Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung – (BBodSchV) vom 12. Juli 1999 (BGBl. I S.1554) die zuletzt durch Artikel 3 Absatz 4 der Verordnung vom 27. September 2017 (BGBl. I S. 3465 geändert worden ist

BMVI (2016): Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Richtlinie für die Dimensionierung von Tausalzlagern (Ri-TAUSALA), - ENTWURF - Ausgabe 2016

DWA (2016): Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer, Arbeitsblatt DWA-A 102 (Entwurf), Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef

DWA (2013): Bemessung von Regenrückhalteräumen, Arbeitsblatt DWA-A 117, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA), Hennef, 12/2013

DWA (2007): Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser, Merkblatt DWA-M 153, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef

DWA (2005): Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, Arbeitsblatt DWA-A 138, DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. Hennef

EG-WRRL (2000): Richtlinie 2000/60/EG des europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (EG-WRRL) vom 23. Oktober 2000

FGSV (2005): Richtlinien für die Anlage von Straßen, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitskreis „RAS-Entwässerung“ des Arbeitsausschusses „Entwässerung“

GrwV (2010): Verordnung zum Schutz des Grundwassers (Grundwasserverordnung - GrwV) vom 9. November 2010 (BGBl. I S. 1513), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 4. Mai 2017 (BGBl. I S. 1044 geändert worden ist

OGewV (2016): Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (Oberflächengewässerverordnung – (OGewV) vom 20. Juni 2016 (BGBl. I S. 1373) ersetzt V 753-13-3 v. 20.7.2011 I 1429 (OGewV)

WHG (2016): Wasserhaushaltsgesetz vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), das durch Artikel 1 des Gesetzes vom 4. August 2016 (BGBl. I S. 1972) geändert worden ist (WHG), zuletzt geändert durch Art. 12 G v. 24.5.2016 I 1217

Internet/ Sonstige Quellen

bfg (2016): Simulation der Binnenzuflüsse zum Nord-Ostsee-Kanal als Beitrag für eine vorausschauende Wasserbewirtschaftung, Bundesanstalt für Gewässerkunde in Kooperation mit Aquantec - Gesellschaft für Wasser und Umwelt mbH, im Rahmen der Veranstaltung 8. Hydrologisches Gespräch am 03. Juni 2016 in Husum, https://www.schleswig-holstein.de/DE/Fachinhalte/H/hydrologie_niederschlag/hydrologischesGespraech2016.html, zuletzt aufgerufen 17.12.2018

GEOMAR (2018): Neobiota im Nordostsee-Kanal - Eine Bestandsaufnahme 2016, GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel im Auftrag des Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume, https://www.schleswig-holstein.de/DE/Fachinhalte/K/kuestengewaesser/Downloads/vortrag05_2018.html, zuletzt aufgerufen am 14.12.2018

LBV-SH (2018): Allgemeine Zusammenstellung des konkreten Salzauftrages auf der Rader Brücke, Landesbetrieb Straßenbau und Verkehr Schleswig-Holstein, Email vom 26.09.2018

LLUR (2018c): Landwirtschafts- und Umweltatlas SH: Wasserkörper-Steckbriefe, Datenstand 22.12.2015, Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume, http://www.umweltdaten.landsh.de/atlas/script/index.php, zuletzt aufgerufen am 28.11.2018

LLUR (2018d): Landwirtschafts- und Umweltatlas SH: Sachdatenabfrage GW-Messstellen einschließlich Kartendarstellung, Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume, http://www.umweltdaten.landsh.de/atlas/script/index.php, zuletzt aufgerufen am 29.11.2018

LLUR (2019): Landwirtschafts- und Umweltatlas SH: Grundwasser-Stammdaten („Steckbriefe“) El03 - NOK - östl. Hügelland West , El04 - NOK - Geest, N4 - Rendsburger Mulde Nord, Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume, http://www.umweltdaten.landsh.de/atlas/script/index.php, zuletzt aufgerufen am 14.03.2019

LSH (2018): Landesportal Schleswig-Holstein (2018): Grundwasserdargebot, https://www.schleswig-holstein.de/DE/Fachinhalte/G/grundwasser/grundwasserdargebot.html, zuletzt aufgerufen am 04.07.2018

WSA Kiel (2018): Der Nord-Ostsee-Kanal, Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Kiel-Holtenau herausgegeben von der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes im Geschäftsbereich des Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, http://www.wsa-kiel.wsv.de/index.php.html, zuletzt aufgerufen 07.12.2018

WSA Brunsbüttel (2018): Die wasserwirtschaftliche Bedeutung des Nord-Ostsee-Kanals, Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Brunsbüttel herausgegeben von der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes im Geschäftsbereich des Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, https://www.wsv.de/wsa-bb/Nord-Ostsee-Kanal/Wasserwirtschaft/index.html, zuletzt aufgerufen 07.12.2018

Anlagen

Anlage 1	Berechnung resultierende Chloridkonzentration OWK
Anlage 2	Berechnung resultierende Chloridkonzentration GWK
Anlage 3	Berechnung resultierende Cyanidkonzentration OWK

Anlage 1

Berechnung resultierende Chloridkonzentration OWK

Eingangsdaten

Tausalzmenge pro Streufahrt	g/m²	20
Streufahrten	1/a	84
Tausalzverbrauch	g/m²*a	1.680
Tausalzverbrauch OPA = 1,5x Tausalzverbauch	g/m²*a	2.520
Chloridanteil Streusalz		61%
Anteil im Straßenabfluss		100%
spez. Chloridfracht	g/m²*a	1.025
spez. Chloridfracht mit OPA	g/m²*a	1.537

			Ist-Zustand	Planzustand	Differenz		
gestreute Fläche EA2	$A_{e,b,a}$	m²	21.301	28.028	6.727		
gestreute Fläche EA3	$A_{e,b,a}$	m²	7.199	9.472	2.273		
Chloridfracht Direkteinleitung			29.206.800	38.430.000	**9.223.200**		
Chloridfracht über GWK El03 aus EA1	B_{RW}	g/a			5.984.523		
Chloridfracht über GWK El03 aus EA4	B_{RW}	g/a			13.823.560		
Chloridfracht über GWK El04 aus EA4	B_{RW}	g/a			13.823.560		
Chloridfracht über GWK El04 aus EA5	B_{RW}	g/a			2.105.589		
Chloridfracht über GW					**35.737.231**		
Gesamtchloridfracht OWK Nord-Ostseekanal	B_{RW}	g/a			**44.960.431**		
Einzugsgebiet OWK	Ae,o	km²			1.530		
		m²			1.530.000.000		
Jahresniederschlag Schleswig-Holstein		mm/a			850		
reale Verdunstung Schleswig-Holstein pro Jahr		mm/a			550		
Abflusshöhe		mm/a			300		
		l/m²*a			300		
Jahresabflussmenge über Schleuse Brunsbüttel	MQ	m³/a			459.000.000		
					Ausgangskonzentration		
QK gemäß Anlage 7 OGewV, guter Zustand	$c_{Chlorid}$	mg/l			-	-	-
Messstelle (LLUR, 2018a)	Nr.				120231	120230	120229
Mittlere Chloridkonzentration OWK	$c_{OWK,MW}$	mg/l			2.704,73	2.486,00	2.463,76
Min-Wert Chloridkonzentration	$c_{OWK,min}$	mg/l			824,00	802,00	970,00
Max-Wert Chloridkonzentartion	$c_{OWK,max}$	mg/l			3.876,00	3.789,00	3.431,00
					Jahresmittelwert		
Ausgangsfracht Gewässer, Mittelwert	$B_{OWK,MW}$	g			1.241.472.600.000	1.141.074.000.000	1.130.866.714.286
zusätzliche Chloridfracht Direkt und GW	B_{RW}	g			44.960.431	44.960.431	44.960.431
Summe Chloridfracht, Mittelwert		g			1.241.517.560.431	1.141.118.960.431	1.130.911.674.717
resultierende Gewässerkonzentration	$c_{OWK,RW}$	mg/l			2.704,83	2.486,10	2.463,86
					Min-Wert		
Ausgangsfracht Gewässer, Min-Wert	$B_{OWK,min}$	g			378.216.000.000	368.118.000.000	445.230.000.000
Chloridfracht Straßeabfluss	B_{RW}	g			44.960.431	44.960.431	44.960.431
Summe Chloridfracht, Mittelwert		g			378.260.960.431	368.162.960.431	445.274.960.431
resultierende Gewässerkonzentration	$c_{OWK,RW}$	mg/l			824,10	802,10	970,10
					Max-Wert		
Ausgangsfracht Gewässer, Max-Wert	$B_{OWK,max}$	g			1.779.084.000.000	1.739.151.000.000	1.574.829.000.000
Chloridfracht Straßeabfluss	B_{RW}	g			44.960.431	44.960.431	44.960.431
Summe Chloridfracht, Mittelwert		g			1.779.128.960.431	1.739.195.960.431	1.574.873.960.431
resultierende Gewässerkonzentration	$c_{OWK,RW}$	mg/l			3.876,10	3.789,10	3.431,10

Anlage 2

Berechnung resultierende Chloridkonzentration GWK

Eingangsdaten

Tausalzmenge pro Streufahrt	g/m²	20
Streufahrten	1/a	84
Tausalzverbrauch	g/m²*a	1.680
Tausalzverbrauch OPA = 1,5x Tausalzverbauch	g/m²*a	2.520
Chloridanteil Streusalz		61%
Anteil im Straßenabfluss		100%
spez. Chloridfracht	g/m²*a	1.025
spez. Chloridfracht mit OPA	g/m²*a	1.537

GWK EI03 NOK - östl. Hügelland West

Entwässerungsabschnitt 1					
			Bestand	**Planung**	**Differenz**
gestreute Fläche	$A_{e,b,a}$	m²	18.492	24.332	
		ha	1,849	2,433	0,584
Ablauffracht Versickerungsanlage	$B_{VS,ab}$	g/a	18.950.988	24.935.510	**5.984.523**
Flächegröße GWK	A_{GWK}	km²			444,95
Flächenanteil (1/5)		km²			89,0
		m²			88.990.000
Grundwasserneubildung, mittel	GwN	mm/a			150
		l/ m²*a			150
Grundwasserabfluss	Q_{GW}	m³/a			13.348.500
		km³/ a			0,0133
Ausgangskonzentration					Chorid
Messstelle 6683, Borgstedt F1	c_{GWK}	mg/l			49,0
Ausgangsfracht GWK	B_{GWK}	g/a			654.076.500
Ablauffracht Versickerungsanlage, Differenz	$B_{VS,ab}$	g/a			5.984.523
Summe		g/a			660.061.023
resultierende Konzentration GWK	**$c_{GWK,RW}$**	**mg/l**			**49,45**
Grenzwert Anlage 2 GrwV (2010)	c_{SW}	mg/l			250,00

Entwässerungsabschnitt 4					
			Bestand	**Planung**	**Differenz**
gestreute Fläche	$A_{e,b,a}$	m²	42.715	56.204	
		ha	4,272	5,620	1,349
Ablauffracht Versickerungsanlage	$B_{VS,ab}$	g/a	43.774.607	57.598.167	**13.823.560**
Flächegröße GWK	A_{GWK}	km²			444,95
Flächenanteil (1/5)		km²			89,0
		m²			88.990.000
Grundwasserneubildung, mittel	GwN	mm/a			150
		l/ m²*a			150
Grundwasserabfluss	Q_{GW}	m³/a			13.348.500
		km³/ a			0,0133
Ausgangskonzentration					Chorid
Messstelle 6400, Schacht-Audorf	c_{GWK}	mg/l			32,0
Ausgangsfracht GWK	B_{GWK}	g/a			427.152.000
Ablauffracht Versickerungsanlage, Differenz	$B_{VS,ab}$	g/a			13.823.560
Summe		g/a			440.975.560
resultierende Konzentration GWK	**$c_{GWK,RW}$**	**mg/l**			**33,04**
Grenzwert Anlage 2 GrwV (2010)	c_{SW}	mg/l			250,00

Eingangsdaten

Tausalzmenge pro Streufahrt	g/m²	20
Streufahrten	1/a	84
Tausalzverbrauch	g/m²*a	1.680
Tausalzverbrauch OPA = 1,5x Tausalzverbauch	g/m²*a	2.520
Chloridanteil Streusalz		61%
Anteil im Straßenabfluss		100%
spez. Chloridfracht	g/m²*a	1.025
spez. Chloridfracht mit OPA	g/m²*a	1.537

GWK EI04 NOK - Geest

Entwässerungsabschnitt 4					
			Bestand	**Planung**	**Differenz**
gestreute Fläche	$A_{e,b,a}$	m²	42.715	56.204	
		ha	4,272	5,620	1,349
Ablauffracht Versickerungsanlage	$B_{VS,ab}$	g/a	43.774.607	57.598.167	**13.823.560**
Flächegröße GWK	A_{GWK}	km²			826,55
Flächenanteil (1/5)		km²			165,3
		m²			165.310.000
Grundwasserneubildung, mittel	GwN	mm/a			150
		l/ m²*a			150
Grundwasserabfluss	Q_{GW}	m³/a			24.796.500
		km³/ a			0,0248
Ausgangskonzentration					Chorid
Messstelle 6476, Ostenfeld Wald	c_{GWK}	mg/l			50,0
Ausgangsfracht GWK	B_{GWK}	g/a			667.425.000
Ablauffracht Versickerungsanlage, Differenz	$B_{VS,ab}$	g/a			13.823.560
Summe		g/a			681.248.560
resultierende Konzentration GWK	**$c_{GWK,RW}$**	**mg/l**			**51,04**
Grenzwert Anlage 2 GrwV (2010)	c_{SW}	mg/l			250,00

Entwässerungsabschnitt 5					
			Bestand	**Planung**	**Differenz**
gestreute Fläche	$A_{e,b,a}$	m²	6.506	8.561	
		ha	0,651	0,856	0,205
Ablauffracht Versickerungsanlage	$B_{VS,ab}$	g/a	6.667.698	8.773.287	**2.105.589**
Flächegröße GWK	A_{GWK}	km²			826,55
Flächenanteil (1/5)		km²			165,3
		m²			165.310.000
Grundwasserneubildung, mittel	GwN	mm/a			150
		l/ m²*a			150
Grundwasserabfluss	Q_{GW}	m³/a			24.796.500
		km³/ a			0,0248
Ausgangskonzentration					Chorid
Messstelle 6804, Ostenfeld Grellkamp	c_{GWK}	mg/l			40,0
Ausgangsfracht GWK	B_{GWK}	g/a			533.940.000
Ablauffracht Versickerungsanlage, Differenz	$B_{VS,ab}$	g/a			2.105.589
Summe		g/a			536.045.589
resultierende Konzentration GWK	**$c_{GWK,RW}$**	**mg/l**			**40,16**
Grenzwert Anlage 2 GrwV (2010)	c_{SW}	mg/l			250,00

Anlage 3

Berechnung resultierende Cyanidkonzentration OWK

Berechnung der Cyanidkonzentration im OWK Nord-Ostsee-Kanal

Eingangsdaten			
Streusalzmenge		**g/m²**	**20**
Streufahrten pro Jahr			84,0
Tausalzverbrauch		**g/(m²*a)**	**1.680**
Chloridanteil Streusalz			61%
Anteil im Straßenabfluss			100%
spez. Chloridfracht		g/(m²*a)	1.025
Ferrocyanidgehalt des Salzes		mg/kg	99
Anteil Cyanid am Ferrocyanid		%	74
Mittlere Cyanidmenge		mg/(m²*a)	123

Berechnung der Cyanidfracht im OWK Nord-Ostsee-Kanal			
QK gemäß Anlage 7 OGewV, guter Zustand	c_{Cyanid}	µg/l	10
Einzugsgebiet OWK	Ae,o	km²	1.530
Cyanidkonzentration OWK (JD-UQN, Anlage 6 OGewV)	c_{OWK}	µg/l	10,00
Spez. Cyanidfracht		mg/(m²*a)	123
Gestreute Fläche	$A_{e,b,a}$	m²	9.000
Cyanidfracht durch Direkteinleitung aus RBF	B_{RW}	mg/a	1.107.691
Jahres-Mittelwasserabfluss über Schleuse Brunsbüttel		m³/a	459.000.000
Ausgangsfracht Gewässer	B_{OWK}	mg/a	4.590.000.000
Cyanidfracht im GW über Versickerung aus GWK El03 und El04	B_{GWK}	mg/a	3.608.746
Summe Cyanidfracht		mg/a	4.594.716.437
Änderung der Gewässerkonzentration durch GW-Zustrom	$Dc_{OWK,GWK}$	µg/l	0,0079
Änderung der Gewässerkonzentraton durch Direkteinleitung	$Dc_{OWK,direkt}$	µg/l	0,0024
Änderung der Gewässerkonzentration gesamt	Dc_{OWK}	µg/l	0,01
Änderung der Gewässerkonzentration gesamt prozentual	Dc_{OWK}/QK	%	0,10%
Resultierende Gewässerkonzentration	$c_{OWK,RW}$	µg/l	10,010