

INHALT	Seite
Text	
1 Anlass / Aufgabenstellung	2
2 Verwendete Unterlagen / Literatur	3
3 Randbedingungen	4
3.1 Mittlere Situation	4
3.2 Extremereignis	5
4 Transportmodellierung (Extremereignis)	7
4.1 Querschnitt 1 - Bau-km 9+150 (Marschabschnitt)	7
4.2 Querschnitt 2 - Bau-km 12+950 (Marschabschnitt)	8
4.3 Querschnitt 3 - Bau-km 13+850 (Tunnelabschnitt)	10
5 Zusammenfassung	11

Tabellen

Tab. 1:	Randbedingungen der mittleren Chloridkonzentration	4
---------	--	---

Abbildungen

Abb. 1:	Zeitliche Entwicklung der Aussickerung und der Chloridkonzentration; Bau-km 9+150 (Marschabschnitt)	8
Abb. 2:	Zeitliche Entwicklung der Aussickerung und der Chloridkonzentration; Bau-km 12+950 (Marschabschnitt)	9
Abb. 3:	Zeitliche Entwicklung der Aussickerung und der Chloridkonzentration; Bau-km 13+850 (Tunnelabschnitt)	10

Anlagen

Anl. 1:	Jahresbilanz Chlorid aus Streusalz für den Autobahndamm
Anl. 2:	Räumliche Entwicklung der Chloridkonzentration; Bau-km 9+150 (Marschabschnitt)
Anl. 3:	Räumliche Entwicklung der Chloridkonzentration; Bau-km 12+950 (Marschabschnitt)
Anl. 4:	Räumliche Entwicklung der Chloridkonzentration; Bau-km 13+850 (Tunnelabschnitt)

1 Anlass / Aufgabenstellung

Im Verlauf der Planungsabschnitte der Autobahn A20 zwischen der Landesgrenze NI/SH und der Kreuzung mit der A23 ist ein Entwässerungssystem geplant, welches das von den Fahrbahn-flächen abfließende Niederschlagswasser sammelt und in eine einseitig am Dammkörper geführte, hochgesetzte Versickerungsmulde ableitet. Über die Versickerungsmulde sowie untergeordnet über die nicht versiegelten Flächen sickert das Niederschlagswasser in den sandigen Dammkörper ein. Mit der Bodenpassage ist eine Retention und Vorreinigung des Straßenwassers vor dem Eintritt in den seitlich geführten Randgraben verbunden und beabsichtigt.

Bei einem Auftrag von Tausalz auf die Fahrbahnflächen wird dieses in gelöster Form mit dem Niederschlagswasser in die Versickerungsmulde gespült. Durch die anschließende Bodenpassage erfolgt keine relevante Verminderung der Salzfracht. Mit der Einsickerung des Niederschlagswassers und dem Abstrom im gesättigten Bereich erfolgt jedoch ein zeitlich verzögerter Transport des gelösten Salzes in den Randgraben.

Für die Bewertung möglicher vorhabensbezogener Auswirkungen auf die Oberflächengewässer ist es erforderlich, den zeitlichen Verlauf des Salzaustrags (Chlorid) in den Randgraben zu ermitteln. Dabei ist die ausgetragene Wassermenge in Verbindung mit den auftretenden Chloridkonzentrationen zur Feststellung von möglichen Konzentrationsspitzen im Gewässer zu bestimmen.

Die BWS GmbH wurde mit Vertrag vom 01.08.2016 durch den Landesbetrieb Straßenbau und Verkehr Schleswig-Holstein (LBV-SH) beauftragt, unter Erweiterung der 2013 vor dem Hintergrund hydraulischer Fragestellungen erstellten drei Strömungsmodelle, mögliche Konzentrationsspitzen des Chloridaustrags in die Seitengräben zu ermitteln.

Die Modelle repräsentieren als 2D-Vertikalmodelle unterschiedliche Regelquerschnitte im untersuchten Trassenabschnitt (Bau-km 9+150 Marschabschnitt, Bau-km 12+950 Marschabschnitt und Bau-km 13+850 Tunnelabschnitt). Die Transportmodellierungen wurden mittels der Software Feflow 7.0 durchgeführt.

Der vorliegende Bericht beschreibt die durchgeführten Untersuchungen und deren Ergebnisse.

2 Verwendete Unterlagen / Literatur

Folgende Unterlagen wurden bei der Erstellung des vorliegenden Gutachtens berücksichtigt:

- [1] BWS GmbH (2012): Neubau der A20, Nord-West-Umfahrung Hamburg, Abschnitt Landesgrenze Niedersachsen / Schleswig-Holstein bis AS B431, Modelluntersuchungen zur Entwässerung des Autobahndammes der A20, Hamburg.
- [2] BWS GmbH (2013): Neubau der A20, Nord-West-Umfahrung Hamburg, Abschnitt AS B431 bis A23, Modelluntersuchungen zur Entwässerung des Autobahndammes der A20, Hamburg.
- [3] HYSTEM-EXTRAN (HYSTEM: Modell zur hydrologischen Oberflächenabflussberechnung) vgl. http://www.arbeitshilfen-abwasser.de/html/Hydraulische_Berechnungen.10.16.html
- [4] Niederschlagsdaten (Tagesdaten) der DWD-Messstation Glücksstadt für die Winterperioden 2003/04 bis 2014/15.
- [5] Angaben zu Arbeitszeiten und zum Streusalzverbrauch der Autobahn- und Straßenmeisterei Elmshorn für die Winterperioden 2003/04 bis 2014/15.

3 Randbedingungen

3.1 Mittlere Situation

Die nachfolgend beschriebenen Kenngrößen sind in Form einer Stoffbilanz in der Anl. 1 wiedergegeben.

Mit Ausnahme des Bereiches unterhalb der Versickerungsmulde sind im Autobahndamm überwiegend langsame Sicker- und Strömungsbewegungen gegeben. So wird beispielsweise der Zustrom aus dem zentralen Trassendammbereich nur von dem Niederschlagswasser genährt, das auf der Böschungsseite einsickert, die der Muldenseite gegenüberliegt. Die Sickerbewegungen im teilgesättigten Bereich verlaufen gleichfalls sehr langsam. Außerhalb der Versickerungsmulde einsickerndes Niederschlagswasser kann daher den Systemauslass mit einer großen zeitlichen Verzögerung erreichen, die mehr als ein halbes Jahr betragen kann. Da ein relevanter Anteil des Streusalzes über die Gischtverfrachtung auch die unversiegelten Flächen des Autobahndamms erreicht und dort einsickert, ist davon auszugehen, dass dauerhaft erhöhte Chloridkonzentrationen im Stauwasser des Damms gegeben sind (vgl. Anl. 1).

Um eine entsprechende erhöhte Chloridkonzentration bei der Transportsimulation des Extremereignisses zu berücksichtigen, wurde für sie ein Jahresmittel bestimmt und im Modell einheitlich als Ausgangskonzentration im Stauwasser angesetzt. Der Chlorideintrag über die unversiegelten Dammbereiche wird von zahlreichen Faktoren maßgeblich beeinflusst. Einige dieser Faktoren sind in ihrem Betrag nicht exakt bekannt bzw. herleitbar oder unterliegen starken Schwankungen (z.B. durch die meteorologischen Gegebenheiten). Für die vorliegenden Untersuchungen wurden auf der Basis von Erfahrungen und verfügbaren Unterlagen die in der Tab. 1 aufgelisteten Randbedingungen abgeleitet.

Tab. 1: Randbedingungen der mittleren Chloridkonzentration

Randbedingung	Wert
verwendetes Streumittel	FS 30 (Trockensalz + Sole)
Trockensalzkomponente des FS 30	100 Masse-% NaCl
Solekomponente des FS 30	21 Masse-% NaCl-Lösung
Streumenge (Trockensalz + Sole)	25 g/m ²
Resultierender Chloridauftrag	11,6 g/m ²
mittlere Anzahl der Streuvorgänge pro Winterperiode	40
Verfrachtung über Gischt in den Böschungsbereich	40 %
Austrag aus dem System durch KFZ und Aerosole	20 %
Direkteintrag in Autobahnentwässerung	40 %
Grundwasserneubildung im Böschungsbereich	250 mm/a

Um die regionalen Witterungsbedingungen zu berücksichtigen, wurden bezüglich der Anzahl der mittleren Streuvorgänge Einsatzprotokolle der Autobahn- und Straßenmeisterei Elms-horn [5] ausgewertet. Auf der Grundlage der in der Tab. 1 aufgelisteten Randbedingungen und der vorliegenden Regelquerschnitte zur Trassenplanung aus [1] und [2] wird eine mittlere Chloridkonzentration von 557 mg/l für das im Autobahndamm befindliche Stau- und Sickerwasser abgeleitet.

Für das in den Randgräben aussickernde Wasser ergibt sich noch eine Verdünnung durch den hohen Abflussbeiwert der versiegelten Flächen. Im Jahresmittel ergibt sich am Auslass unter Ansatz eines Jahresniederschlags von 750 mm eine mittlere Chloridkonzentration von ca. 262 mg/l. Dieser Wert sowie die mittlere Chloridkonzentration von 557 mg/l im Stauwasser können bei allen drei betrachteten Regelquerschnitten angesetzt werden (siehe Anlage 1). Die Aussickerungsrate, bezogen auf einen Streckenmeter, beträgt im mittleren Zustand ca. 1,8 l/h.

Der Betrag und die Verteilung der Chloridkonzentration im Trassendamm können durch besondere Witterungen kurzzeitig erheblichen Schwankungen unterliegen. Das untersuchte Extremereignis (siehe Kap. 3.2) beinhaltet jedoch bereits eine besondere Witterungslage mit einem Vorlauf von ca. 2 Wochen. Eine maßgeblich über die mittlere Situation hinaus erhöhte Chloridgrundlast als Ausgangssituation für die Simulation des untersuchten Extremereignisses wäre daher nicht plausibel.

3.2 Extremereignis

Ziel der vorliegenden Untersuchungen ist die Ermittlung von Konzentrationsspitzen des Parameters Chlorid im Sickerwasseraustritt der Dammentwässerung. Neben der zeitlichen Entwicklung und dem Maximum der Chloridkonzentrationen wird auch die aussickernde Wassermenge ermittelt. Zusammen ermöglichen diese Daten eine Bewertung möglicher Auswirkungen auf die Chloridkonzentrationen in den Randgräben, in die die Trasse entwässert. Diese weiterführenden Untersuchungen sind nicht Bestandteil des vorliegenden Gutachtens.

Als Chloridkonzentration im Ausgangszustand wird im Modell für das Stauwasser einheitlich ein Wert von 557 mg/l angesetzt. Damit wird ein Zustand berücksichtigt, in dem durch geringe vorausgehende Niederschläge keine relevante Verdünnung im Bereich unterhalb der Versickerungsmulde gegeben ist (siehe Kap. 3.1).

Ein maximaler Austrag von Chlorid aus der Dammentwässerung ist nach dem niederschlagsbedingten Abschwemmen einer akkumulierten Streusalzmenge aus mehreren Streuvorgängen zu erwarten. Dabei ist zur Erreichung hoher Chloridkonzentrationen eine Niederschlagsmenge anzusetzen, die gerade ausreicht, das auf den Fahrbahnen befindliche Salz in den Sickergraben zu verfrachten. Für die Untersuchungen wurde diesbezüglich eine Niederschlagshöhe von 3,5 mm bei einem Benetzungsverlust von 0,7 mm [3] angesetzt.

Der von den versiegelten Flächen abfließende Niederschlagsanteil von 2,8 mm wird im Rechenlauf mit einer maximalen Rate von $1 \cdot 10^{-5}$ m/s (maximale Versickerungsleistung des Untergrunds) im Bereich der Versickerungsmulde in das Transportmodell eingeleitet.

Um die zu erwartende maximale Anzahl aufeinanderfolgender Streuvorgänge ohne einen zwischenzeitlichen Niederschlag oberhalb des Benetzungsverlustes zu ermitteln, wurden Einsatzdaten der Autobahn- und Straßenmeisterei Elmshorn in Verbindung mit den Niederschlagsdaten der Station Glücksstadt der Winterperioden 2003/04 bis 2014/15 ausgewertet. Danach können 11 aufeinanderfolgende Streuvorgänge angesetzt werden (Ereigniseintritt: 27.01. bis 13.02.2012).

In Verbindung mit den in der Tab. 1 aufgeführten Streumitteln und -mengen und dem angesetzten Niederschlag von 3,5 mm wird für das zu untersuchende Extremereignis eine Chloridkonzentration von 13.671 mg pro Liter für das von den versiegelten Flächen abgeleitete Wasser ermittelt.

Im Rahmen der vorliegenden Transportmodellierung wurde zunächst festgestellt, dass das mit dem angesetzten Niederschlagsereignis von 3,5 mm zusickernde Wasser mit hohen Chloridkonzentrationen nur unvollständig dem gesättigten Bereich zusickert. Die Sickerwassermenge ist in diesem Fall zu gering, um die Chloridfracht des Extremereignisses schnell dem Systemausgang zuzuleiten. Für die Simulation eines Extremereignisses bezüglich des Chloridaustrags in die Randgräben war daher eine Anpassung erforderlich, auf die nachfolgend eingegangen wird.

Zur Beschleunigung des Transports des Sickerwassers mit den hohen Chloridkonzentrationen wurde dem extremen Chlorideintrag ein zweitägiges Niederschlagsereignis mit einer Summe von 40 mm nachgeschaltet. Durch die nachdrängende Wassermenge erreicht das chloridreiche Sickerwasser des vorausgegangenen Niederschlagsereignisses vollständig den wassergesättigten Bereich. Dort führt der Wasserzutritt zu einer starken Erhöhung des Strömungsgradienten, so dass ein schneller Transport der extremen Chloridkonzentrationen zum Systemauslass gegeben ist. Diese Konstellation führt zu einer maximalen Chloridkonzentration am Systemauslass.

In der Streuperiode (November bis März des Folgejahres) sind Starkregen mit einer Summe von 40 mm oder mehr extrem selten. Im Transportmodell wurde daher ein konstanter Niederschlag über zwei Tage mit der entsprechenden Summe angesetzt. Als 2-Tagessumme wird ein Wert von 40 mm in den untersuchten Messreihen [4] sechs Mal erreicht bzw. übertroffen.

4 Transportmodellierung (Extremereignis)

Nachfolgend werden die Ergebnisse der Transportmodellierung für jeden der drei simulierten Querschnitte beschrieben. Hierbei wird insbesondere auf die zeitlichen Entwicklungen der Chloridkonzentrationen und Aussickerungsraten eingegangen.

Die räumliche Verteilung der Chloridkonzentration und ihre zeitliche Entwicklung sind in Anl. 2, Anl. 3 und Anl. 4 als Konzentrationsklassen für ausgewählte Zeitpunkte wiedergegeben.

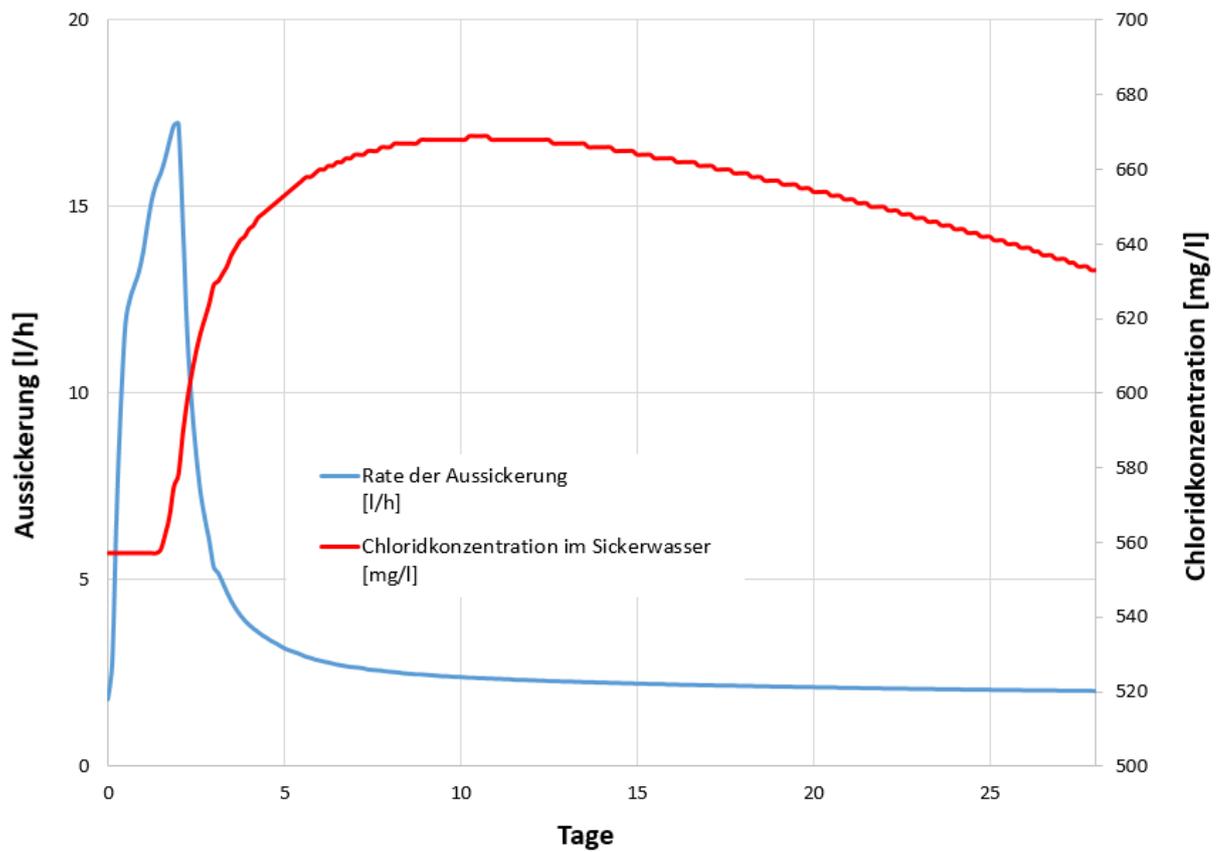
4.1 Querschnitt 1 - Bau-km 9+150 (Marschabschnitt)

Der Querschnitt 1 repräsentiert einen Bereich, in dem die Entwässerung des Dammkörpers mittels Rigolensystem in Kombination mit Drän- und Rohrleitungen erfolgt (vgl. [2]). Der Systemauslass entspricht dem Ende der Rohrleitung am Graben. Zwischen der Rigole und dem Systemauslass (Rohrleitung) finden keine relevanten Rückhalte- oder Verdünnungsprozesse statt.

Unter Ansatz des in Kap. 3.2 beschriebenen Extremereignisses kommt es am Systemauslass ca. 10 Tage nach Ereignisbeginn zu einer maximalen Chloridkonzentration von ca. 670 mg/l (siehe Abb. 1)¹.

Der Scheitel der Aussickerungsrate wird mit einem Wert von ca. 17,5 Litern pro Stunde nach ca. 2 Tagen erreicht. Die Chloridfracht ergibt sich aus dem Produkt der Aussickerungsrate und der Chloridkonzentration. Das Maximum der Fracht (ca. 10 g Chlorid pro Stunde und Trassenmeter) wird mit dem Scheitel der Aussickerungsrate nach ca. 2 Tagen erreicht.

¹ Die in Abb. 1, Abb. 2 und Abb. 3 dargestellten Entwicklungen gelten jeweils für den Punkt des Sickerwasseraustritts aus dem Damm in den Randgraben und beziehen sich jeweils auf den Abschnitt eines Streckenmeters.



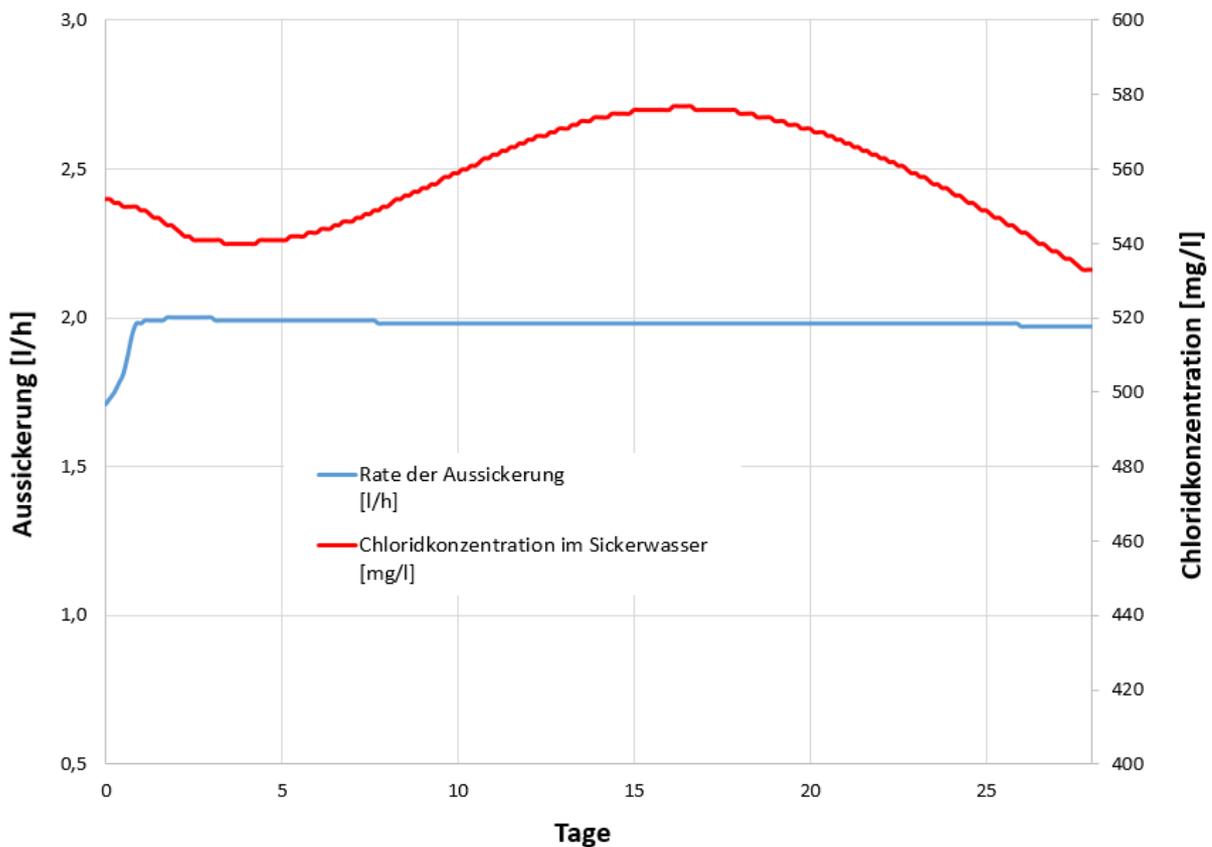
[die Aussickerungsrate bezieht sich auf einen Trassenmeter]

Abb. 1: Zeitliche Entwicklung der Aussickerung und der Chloridkonzentration; Bau-km 9+150 (Marschabschnitt)

4.2 Querschnitt 2 - Bau-km 12+950 (Marschabschnitt)

Im Gegensatz zu den Querschnitten 1 und 3 beinhaltet der Querschnitt 2 kein Rigolensystem. Der Abstrom des Wassers erfolgt hier über die Durchsickerung eines Bodenaustauschbereiches zwischen der Berme und dem Hauptentwässerungsgraben (vgl. [2]). Den Systemauslass bildet in diesem Fall die Grabenschulter.

Am Systemauslass wird ca. 16 Tage nach Einsetzen des Extremereignisses die maximale Chloridkonzentration von ca. 577 mg/l erreicht (siehe Abb. 2).



[die Aussickerungsrate bezieht sich auf einen Trassenmeter]

Abb. 2: Zeitliche Entwicklung der Aussickerung und der Chloridkonzentration; Bau-km 12+950 (Marschabschnitt)

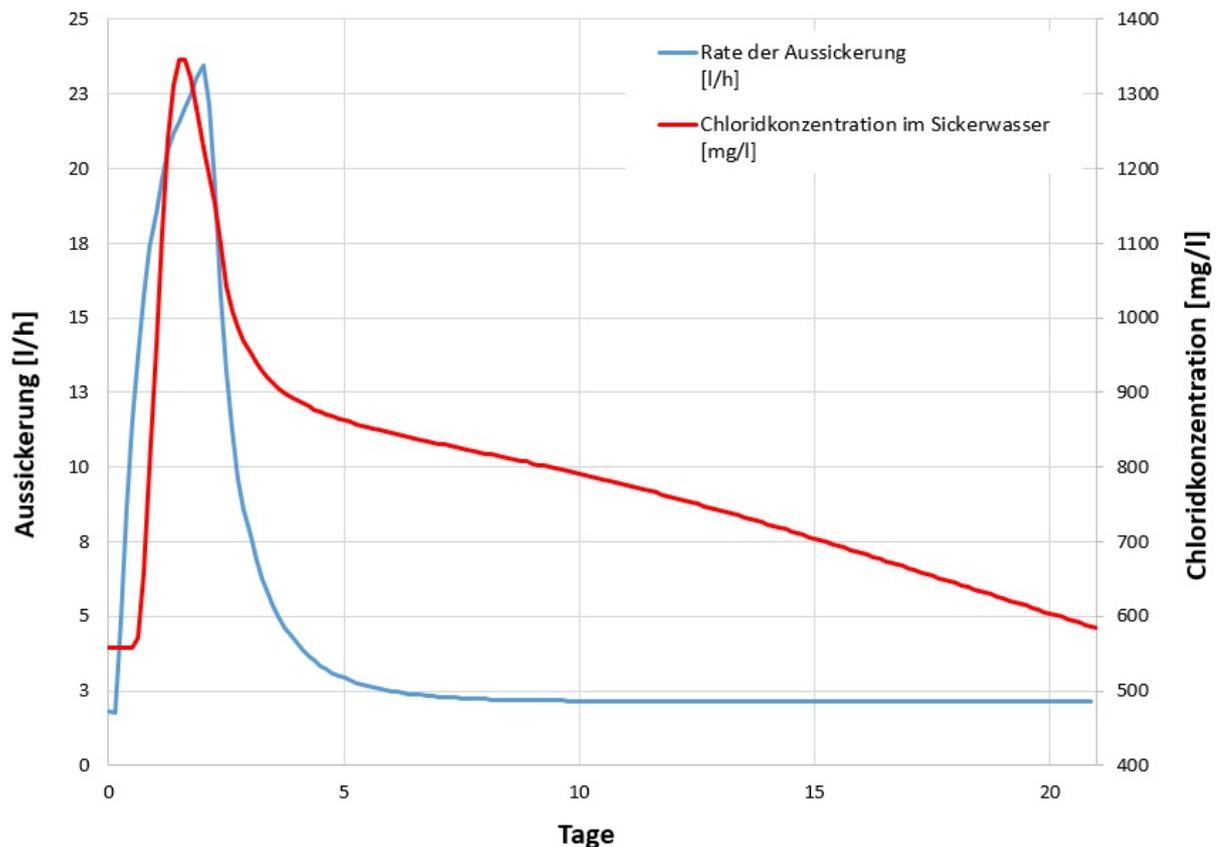
Abweichend von der Konzentrationsentwicklung beim Querschnitt 1 (vgl. Kap. 4.1) sinkt die Chloridkonzentration anfänglich unter den Ausgangswert von 557 mg/l. Der Grund hierfür ist die Zusickerung chloridfreien Niederschlagswassers zwischen Berme und der Grabenschulter bevor die ereignisbezogene Chloridfracht diesen Bereich erreicht. Nach ca. 8 Tagen steigt die Chloridkonzentration am Systemauslass ereignisbezogen über den Ausgangswert.

Die Aussickerungsrate steigt innerhalb eines Tages geringfügig auf ca. 2 l/h an. Innerhalb des simulierten Zeitraumes bleibt die Aussickerungsrate annähernd konstant. Die Chloridfracht ergibt sich aus dem Produkt der Aussickerungsrate und der Chloridkonzentration. Der Zeitpunkt der maximalen Fracht wird mit einem Austrag von ca. 1,1 g Chlorid pro Stunde und Trassenmeter nach ca. 16 Tagen erreicht.

4.3 Querschnitt 3 - Bau-km 13+850 (Tunnelabschnitt)

Wie der Querschnitt 1 wird auch der Querschnitt 3 über einen Rigolenkörper entwässert. Aufgrund des hier erheblich geringeren Setzungsbetrages der natürlichen Weichschichten wird unterhalb der Versickerungsmulde ein Bodenaustausch vorgenommen. Dabei wird auf einer Breite von ca. 5 m der bindige Boden durch hydraulisch gut durchlässiges Material ersetzt (vgl. [1]).

Am Systemauslass kommt es ca. 1,5 Tage nach Einsetzen des Extremereignisses zu einer maximalen Chloridkonzentration von 1.345 mg/l (siehe Abb. 3). Der Scheitel der Aussickerungsrate wird nach ca. 2 Tagen mit einem Wert von ca. 23,5 Litern pro Stunde und Trassenmeter erreicht.



[die Aussickerungsrate bezieht sich auf einen Trassenmeter]

Abb. 3: Zeitliche Entwicklung der Aussickerung und der Chloridkonzentration; Bau-km 13+850 (Tunnelabschnitt)

Die Chloridfracht ergibt sich aus dem Produkt der Aussickerungsrate und der Chloridkonzentration. Die maximale Fracht wird mit einem Wert von ca. 30 g Chlorid pro Stunde und Trassenmeter zeitlich zwischen den beiden Maxima der Aussickerungsrate und der Chloridkonzentration erreicht.

5 Zusammenfassung

Für die Bewertung möglicher vorhabensbezogener Auswirkungen auf die Oberflächengewässer war es erforderlich, den zeitlichen Verlauf des Salzaustrags (Chlorid) in den Randgraben zu ermitteln. Hierfür wurden unter Erweiterung der 2013 erstellten drei Strömungsmodelle, die möglichen Chloridkonzentrationsspitzen am Übergabepunkt in die Seitengräben ermittelt.

Die Modelle repräsentieren als 2D-Vertikalmodelle unterschiedliche Regelquerschnitte im untersuchten Trassenabschnitt (Bau-km 9+150 Marschabschnitt, Bau-km 12+950 Marschabschnitt und Bau-km 13+850 Tunnelabschnitt). Die Transportmodellierungen wurden mittels der Software Feflow 7.0 durchgeführt.

Für das Stauwasser innerhalb des Autobahndamms wurde eine dauerhaft erhöhte Chloridkonzentration von 557 mg/l hergeleitet und als Ausgangszustand angesetzt. Mit diesem Wert wurden bei den Simulationen des Extremereignisses die langfristigen Auswirkungen vorausgehender Chlorideinträge berücksichtigt.

Um die zu erwartende maximale Streusalzakkumulation auf den Fahrbahnen zu ermitteln, wurden Einsatzdaten der Autobahn- und Straßenmeisterei Elmshorn in Verbindung mit den Niederschlagsdaten der Winterperioden 2003/04 bis 2014/15 ausgewertet. Für das zu untersuchende Extremereignis wurde darauf aufbauend eine Chloridkonzentration von 13.671 mg/l für das von den versiegelten Flächen abgeleitete Wasser ermittelt.

Die durchgeführten Transportmodellierungen und ihre Auswertungen zeigen, dass der Chloridaustrag an den jeweiligen Systemauslässen durch das Entwässerungssystem zeitlich erheblich verzögert und in seinen Konzentrationsspitzen stark gedämpft wird. Die Verzögerungs- und Dämpfungintensität wird durch die Unterschiede in den Regelquerschnitten beeinflusst.

Die in den Transportmodellierungen erreichten maximalen Chloridkonzentrationen am Systemausgang betragen:

- Querschnitt 1 - Bau-km 9+150 (Marschabschnitt): 670 mg/l
- Querschnitt 2 - Bau-km 12+950 (Marschabschnitt): 577 mg/l
- Querschnitt 3 - Bau-km 13+850 (Tunnelabschnitt): 1.345 mg/l

Die für das Extremereignis ermittelte Chloridkonzentration des Wassers in der Versickerungsmulde von 13.671 mg/l ist in allen simulierten Fällen am Systemauslass stark vermindert. Sie betrug maximal 1.345 mg/l (Querschnitt 3, Bau-km 13+850, Tunnelabschnitt). Die höchste Chloridkonzentration am Systemauslass wurde erwartungsgemäß für den Querschnitt 3 ermittelt, da hier durch die geringe Stauwassermenge im Dammkörper gegenüber den beiden anderen Querschnitten eine verminderte Verdünnungs- und Verzögerungswirkung gegeben ist.

Hamburg, 03.11.2016

gez.
Dipl.-Geol. Robert Dési
(Geschäftsführung)

gez.
Dipl.-Geol. Marcus Keller
(Projektleitung)

gez.
Dipl.-Geol. Christian Meyer
(Projektbearbeitung)