

## Nachrichtlich

**BAB A 20, Nord-West-Umfahrung Hamburg**  
**Modelluntersuchungen zur Entwässerung des**  
**Autobahndammes der A20**

**Materialband**

Die vorliegende Unterlage „Modelluntersuchungen zur Entwässerung des Autobahndammes der A20“ stellt eine Deckblattfassung vom September 2012 dar.

Diesen Bericht hat es noch nicht als eigenständigen Text gegeben.

Deckblatt

# Nachrichtlich

## BERICHT

**Titel:** **Neubau der A20,  
Nord-West-Umfahrung Hamburg,  
Abschnitt Landesgrenze Niedersachsen /  
Schleswig-Holstein bis AS B431**

**Modelluntersuchungen zur Entwässerung des  
Autobahndammes der A20**

---

Datum: September 2012  
Auftraggeber: Landesbetrieb Straßenbau und Verkehr SH (LBV-SH)  
Niederlassung Itzehoe  
Projektgruppe A20 West  
Auftrag vom: 26.09.2011  
Ansprechpartner: Herr B. Kötter  
Herr H. Baumbach

---

Auftragnehmer: BWS GmbH  
Aktenzeichen: ME-A20/11.P.55  
Projektleitung: Herr M. Keller  
Projektbearbeitung: Herr M. Keller  
Herr C. Meyer  
Herr E. Wenzel

Ausfertigung Nr.:

<b>I N H A L T</b>		<b>S e i t e</b>
<b>Text</b>		
<b>1</b>	<b>Anlass / Aufgabenstellung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Verwendete Unterlagen und Daten</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Geplante Entwässerung des Autobahndammes</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>Durchgeführte Untersuchungen</b>	<b>5</b>
4.1	Modellerstellung	5
4.1.1	Niederschlagsmengen	5
4.1.2	Hydraulische Kennwerte	5
4.1.3	Setzungen der Weichschichten	6
4.2	Böschungsbruchberechnungen	6
<b>5</b>	<b>Untersuchungsergebnisse</b>	<b>8</b>
5.1	Stationäre Modellsimulation	8
5.2	Instationäre Modellsimulation	9
5.2.1	30-minütiges Regenereignis (20,2 mm)	9
5.2.2	2-tägiges Regenereignis (52,4 mm)	13
5.3	Standsicherheit	15
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>16</b>

## Abbildungen

Abb. 1: Gleichgewichtszustand: Darstellung von Wassersättigung und Grundwasseroberfläche gemäß Modellsimulation	8
Abb. 2: Darstellung von Wassersättigung und Grundwasseroberfläche (Zeitpunkt der maximalen Aufwölbung der Grundwasseroberfläche, ca. 5 Std. nach Niederschlagsbeginn) gemäß Modellsimulation, 30-minütiges Niederschlagsereignis mit 5-jähriger Wiederkehr	10
Abb. 3: Zeitlicher Verlauf der Zuflussraten zum Graben gemäß Modellsimulation, 30-minütiges Niederschlagsereignis mit 5-jähriger Wiederkehr	11
Abb. 4: Darstellung von Wassersättigung und Grundwasseroberfläche (Endzeitpunkt der Simulation, 3 Tage) gemäß Modellsimulation	12
Abb. 5: Darstellung von Wassersättigung und Grundwasseroberfläche (Zeitpunkt der maximalen Aufwölbung der Grundwasseroberfläche, ca. 2 Tage nach Niederschlagsbeginn) gemäß Modellsimulation, 2-tägiges Niederschlagsereignis mit 5-jähriger Wiederkehr	13
Abb. 6: Zeitlicher Verlauf der Zuflussraten zum Graben gemäß Modellsimulation, 2-tägiges Niederschlagsereignis mit 5-jähriger Wiederkehr	14

## Anlagen

- Anl. 1: Übersichtslageplan
- Anl. 2: Regelquerschnitt
- Anl. 3: Böschungsbruchberechnungen

## Dokumentation

- Dok. 1: Verwendete Niederschlagsmengen (KOSTRA-Auszug)

## 1 Anlass / Aufgabenstellung

Im Verlauf des Planungsabschnittes der Autobahn A20 zwischen der Elbquerung und der Kreuzung mit der A23 ist ein Entwässerungssystem geplant, welches das von den Fahrbahflächen abfließende Niederschlagswasser sammelt und in eine einseitig am Dammkörper geführte, hochgesetzte Versickermulde ableitet. Über die Versickermulde sowie untergeordnet über die nicht versiegelten Flächen sickert das Niederschlagswasser in den sandigen Dammkörper ein. Mit der Bodenpassage ist eine Vorreinigung des Straßenwassers vor dem Eintritt in den seitlich geführten Graben verbunden und beabsichtigt. Eine maximal zulässige Abflussspende von 1,5 l/s\*ha soll hierbei nicht überschritten werden.

Die BWS GmbH wurde vom Landesbetrieb Straßenbau und Verkehr Schleswig-Holstein (LBV-SH) beauftragt, numerische Modellrechnungen hinsichtlich der geplanten Autobahndammentwässerung durchzuführen. Auf Grundlage der Modellrechnungen waren insbesondere Aussagen bezüglich der zu erwartenden Abflussspenden zu treffen, die aus dem Entwässerungssystem des Autobahndammes in den Randgraben übergehen. Darüber hinaus waren Aussagen zur Standsicherheit (Böschungsbruchberechnungen) des geplanten Autobahndammes zu treffen.

Der vorliegende Bericht beschreibt die für den Streckenabschnitt „Landesgrenze Niedersachsen / Schleswig-Holstein – B431“ (Teilbereich nördlich der Langenhalsener Wettern (ca. Bau-km 13+550) bis zur B 431 (ca. Bau-km 14+440)) durchgeführten Untersuchungen und deren Ergebnisse auf Grundlage der Modellrechnungen.

## 2 Verwendete Unterlagen und Daten

Die Datengrundlage bzw. Informationen zu den planerischen Gestaltungen des Autobahndammes und seiner Entwässerung wurden durch die Obermeyer Planen und Beraten GmbH zur Verfügung gestellt.

Die Datengrundlage für die angesetzten Niederschlagsereignisse bildet der vom Büro Obermeyer Planen und Beraten GmbH zur Verfügung gestellte Auszug der Niederschlagshöhen und –spenden aus: Deutscher Wetterdienst Abt. Hydrometeorologie, KOSTRA-DWD 2000, Rasterfeld: Spalte 31 / Zeile 19 (Dok. 1).

Der oberflächennahe Untergrund im geplanten Trassenverlauf besteht überwiegend aus geringdurchlässigen Weichschichten aus Klei und Torf. Vor der endgültigen Herstellung des Autobahndammes werden die Weichschichten z. B. durch das Aufbringen einer Auflast (Vorbelastungsdamm) in Verbindung mit Vertikaldränagen oder durch eine Gründung auf einem aufgeständerten Gründungspolster (geotextilummantelte Sandsäulen) konsolidiert. Dies führt entlang des Auflastkörpers zu einer muldenartigen Struktur der Oberfläche der konsolidierten Weichschichten.

Die jeweiligen Geometrien der Setzungsmulden, die durch die Auflast des Autobahndammes entstehen, wurden auf Grundlage der von der Grundbauingenieure Steinfeld und Partner GbR gelieferten Setzungsabschätzungen in den Modellschnitten berücksichtigt. Die Datengrundlage für die hydraulischen Parameter wie z.B. Durchlässigkeitsbeiwerte bildeten insbesondere die Angaben der Grundbauingenieure Steinfeld und Partner GbR.

### 3 Geplante Entwässerung des Autobahndammes

Die Lage der zu modellierenden Planungsvariante ist in der Anl. 1 ersichtlich. Der Querschnitt befindet sich auf Höhe des Bau-km 13+850. In diesem Bereich ist als Gründungsmaßnahme der Einsatz von geotextilummantelten Sandsäulen geplant. Der geplante Aufbau des Autobahndammes selbst ist in der Anl. 2 dokumentiert.

Nachfolgend wird der geplante Aufbau des Autobahndammes und seiner Entwässerung auf Grundlage der uns zur Verfügung gestellten Unterlagen zusammenfassend textlich beschrieben.

Der geplante Autobahndamm soll aus sandigem Material errichtet werden. Er wird in diesem Bereich eine maximale Höhe von ca. 4,30 m (bezogen auf die ehemalige Geländeoberkante) aufweisen und als Sägezahnprofil mit Fahrbahnneigungen von 2,5 % ausgebildet sein. Die asphaltierten Fahrbahnen besitzen eine Gesamtbreite von 24 m. Diese schließen sich an das Bankett und die Dammböschungen an. Die Dammböschungen weisen ein Neigungsverhältnis von 1:2 auf (vgl. Anl. 2).

Die Planung sieht eine Entwässerung aus hochgesetzter Versickermulde in Kombination mit einem Rigolensystem vor. Unterhalb der Versickermulde wird ein Bodenaustausch vorgenommen, wobei auf einer Breite von ca. 5 m der bindige Boden (konsolidierte Weichschichten) durch hydraulisch gut durchlässiges, sandiges Material (mittlerer kf-Wert:  $1 \cdot 10^{-04}$  m/s) ersetzt wird.

Das Niederschlagswasser der Fahrbahnseite, welche der Versickermulde abgewandt ist, fließt dem Gefälle folgend zum Mittelstreifen, wird dort über Einläufe gesammelt und anschließend über Rohre innerhalb des Autobahndammes direkt der Versickermulde zugeführt.

Das Niederschlagswasser der gegenüberliegenden Fahrbahnseite versickert zum Teil in der Dammböschung bzw. wird über die Böschung direkt in die Versickermulde geleitet. Das versickernde Wasser der Sickermulde wird über eine parallel zum Autobahndamm verlaufende Rigole mit Vollsickerrohr DN 200 kontrolliert gefasst und Sammelschächten DN 1000 zugeführt, die in einem Abstand von ca. 100 m zueinander angeordnet sind. Ausgehend von den Sammelschächten wird das Niederschlagswasser alle 200 m über Querschläge (Rohrleitungen DN 300) dem parallel zum Autobahndamm verlaufenden Graben (2,0 bis 3,0 m Tiefe) zugeführt.

Auf der Seite des Dammes, welche der Sickermulde abgewandt ist, schließt sich eine dammparallele Mulden-/Grabenstruktur mit einer Tiefe von ca. 0,5 m an, die im Folgenden zum besseren Verständnis als „Staumulde“ bezeichnet wird. Die Breite des Autobahndammes einschließlich seines Entwässerungssystems (Abstand zwischen der Staumulde und der Grabenschulter auf der gegenüberliegenden Seite des Autobahndammes) beträgt ca. 60 m (vgl. Anl. 2).

## **4 Durchgeführte Untersuchungen**

### **4.1 Modellerstellung**

Auf Grundlage der zur Verfügung gestellten Daten (siehe vorangegangene Kapitel) wurde für den zu simulierende Querschnitt ein zweidimensionales Grundwassermodell (Vertikalschnitt) erstellt. Zur Strömungsmodellierung wurde die Software FEFLOW® 6.0 eingesetzt. Es wurde ein teilgesättigter Modellansatz gewählt.

Für die Planungsvariante wurde zunächst ein stationärer Rechenlauf durchgeführt, der die mittlere Zusickerung repräsentiert. Die stationär berechnete mittlere Situation bildet die Startbedingungen der folgenden instationären Rechenläufe ab (30-minütiges Regenereignis, 2-Tage-Regenereignis).

#### **4.1.1 Niederschlagsmengen**

Für den untersuchten Querschnitt wurden neben dem stationären Ruhezustand (mittlere Sickerate) folgende instationäre Niederschlagsereignisse simuliert:

- a.) 5-jähriges Niederschlagsereignis, Dauer: 30 Minuten, Niederschlagssumme: 20,2 mm
- b.) 5-jähriges Niederschlagsereignis, Dauer: 2 Tage, Niederschlagssumme: 52,4 mm

Das 30-minütige Niederschlagsereignis mit 5-jähriger Wiederkehr und einer Niederschlagssumme von 20,2 mm wurde abstimmungsgemäß als Bemessungsregenspende im Hinblick auf die Leistungsfähigkeit der Versickermulde angesetzt. Darüber hinaus wurden die zu erwartenden unterschiedlichen Charakteristiken eines länger andauernden Regenereignisses mittels des 2-tägigen Niederschlagsereignisses mit 5-jähriger Wiederkehr und einer Niederschlagssumme von 52,4 mm untersucht.

#### **4.1.2 Hydraulische Kennwerte**

Für den Dammkörper wurde gemäß den Ausführungen der Grundbauingenieure Steinfeld und Partner GbR ein Durchlässigkeitsbeiwert von  $1 \cdot 10^{-04}$  m/s angesetzt. Derselbe Durchlässigkeitsbeiwert wurde für den Bereich des Bodenaustausches unterhalb der Versickermulde gewählt. Ergeben sich aufgrund des angelieferten Dammmaterials oder durch Feinkornverlagerungen im plausiblen Bereich geringere Durchlässigkeiten, verzögern sich die in den folgenden Kapiteln beschriebenen Strömungsprozesse. Die generelle Leistungsfähigkeit des Entwässerungssystems sowie die Einhaltung der Grenzwerte bleiben davon unberührt.

Dem sehr gut durchlässigen Rigolensubstrat wurde in Abstimmung mit den Planern (Obermeyer Planen und Beraten GmbH) ein Durchlässigkeitsbeiwert von  $1 \cdot 10^{-03}$  m/s zugewiesen.

Für den natürlich anstehenden Mutterboden, der sich auf den bindigen Marschensubstraten gebildet hat, wurde ein Durchlässigkeitsbeiwert von  $1 \cdot 10^{-06}$  m/s angesetzt.

#### **4.1.3 Setzungen der Weichschichten**

Infolge der Auflast des geplanten Autobahndammes kommt es zu Setzungen in den unterliegenden Weichschichten und somit bereichsweise zu einer Verformung des natürlichen, geringdurchlässigen Untergrundes. Die Setzungsbeträge für den zu modellierenden Querschnitt wurden durch die Grundbauingenieure Steinfeld und Partner GbR abgeschätzt.

Die Setzungsbeträge betragen für den betrachteten Querschnitt maximal ca. 0,80 m (vgl. Anl. 2).

#### **4.2 Böschungsbruchberechnungen**

Zur Bestimmung der Gesamtstandsicherheit der Böschung des Autobahndammes wurden Böschungsbruchberechnungen nach DIN 4084 durchgeführt.

Die Böschungsbruchberechnungen wurden mit der Software GGU-Stability, Version 9.27 auf der Grundlage der vorliegenden Böschungsgeometrie mit dem Verfahren nach BISHOP (DIN 4084-2009) durchgeführt, wobei die Sicherheit gegen Böschungsbruch an kreisförmigen Gleitflächen geprüft wird. Bei diesem Verfahren werden für die zu untersuchende Böschung verschiedene Kreismittelpunkte oberhalb des Geländes angenommen. Für jeden dieser Kreismittelpunkte werden die Kreisradien, die im Gelände einschneiden, variiert, bis die kleinste Sicherheit bzw. der maximale Ausnutzungsgrad für den zugehörigen Gleitkörper gefunden wird.

Entsprechend der DIN 1054-2005 wurden die Berechnungen nach dem Teilsicherheitskonzept durchgeführt, bei dem die Bemessungswiderstände den Bemessungseinwirkungen gegenübergestellt werden. Das erreichte Sicherheitsniveau wird über den Ausnutzungsgrad angegeben, der das Verhältnis der Scherfestigkeit der Einwirkungen (schiebend) zu Widerständen (haltend) definiert, d.h. bei Überschreiten des Wertes 1,0 sind die über die Teilsicherheiten definierten und geforderten Standsicherheitsreserven rechnerisch nicht mehr eingehalten. Die Gesamtstandsicherheit ist bei einem Ausnutzungsgrad kleiner oder gleich 1,0 eingehalten.

Für die Böschungsbruchberechnung wurde die vorliegende Böschungsgeometrie der Planungsvariante (vgl. Anl. 2) zugrunde gelegt. Die Baugrundsichtung und die zugehörigen Bodenkennwerte wurden entsprechend dem vorliegenden Baugrundgutachten der Grundbauingenieure Steinfeld und Partner GbR vom 10.02.2006 angesetzt. Zusätzlich wurden die aktuell von der Grundbauingenieure Steinfeld und Partner GbR zur Verfügung gestellten Setzungsabschätzungen in Form einer Setzungsmulde in den oberen Weichschichten berücksichtigt. Der Porenwasserdruck wurde entsprechend den über die Modellsimulation ermittelten höchsten Wasserständen nach einem 30-minütigem Regenereignis angesetzt. Als Verkehrslast wurde  $p = 30 \text{ kN/m}^2$  auf der Dammkrone berücksichtigt.

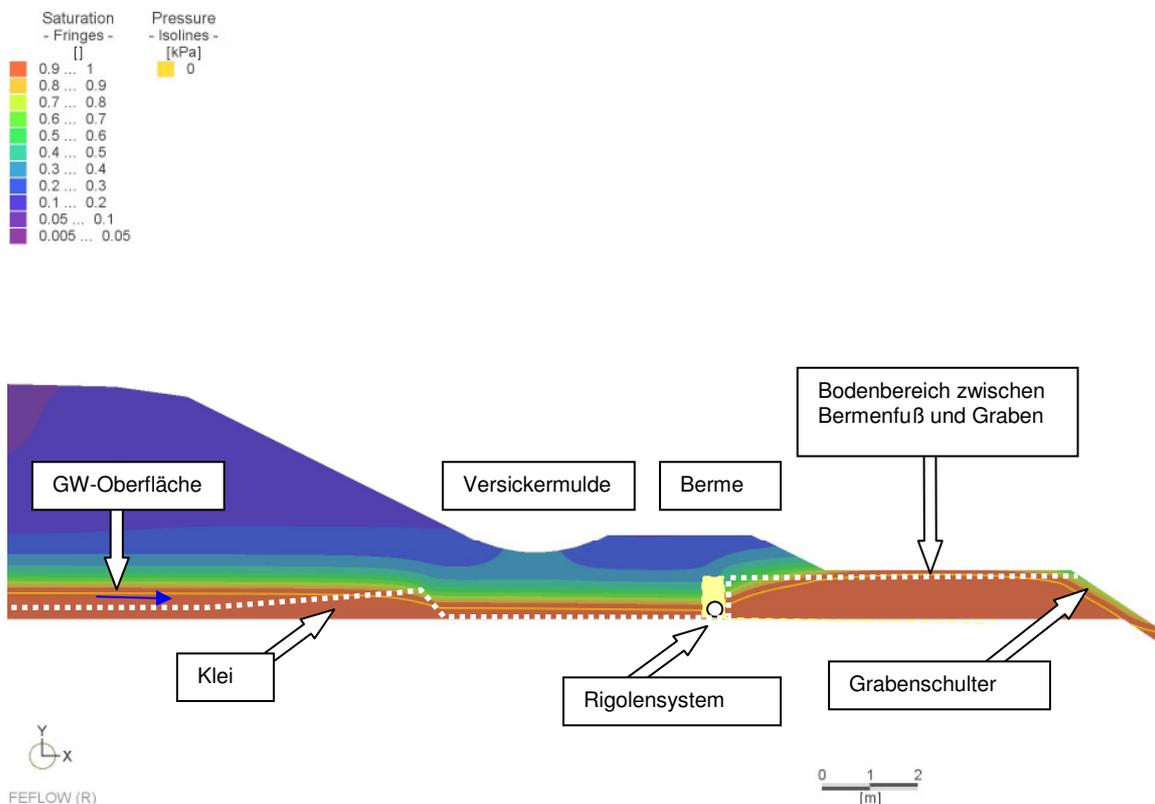
Die Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen und Widerstände wurden für den normalen und für die Funktionszeit des Bauwerks angelegten Zustand (Endzustand, Lastfall1) sowie für den Grenzzustand des Verlustes der Gesamtstandsicherheit (GZ 1C) berücksichtigt.

## 5 Untersuchungsergebnisse

### 5.1 Stationäre Modellsimulation

Während Details zum Aufbau der geplanten Entwässerungseinrichtungen Anl. 2 zu entnehmen sind, werden diese in den nachfolgenden Abbildungen aus Gründen der Übersichtlichkeit lediglich schematisch wiedergegeben.

Abb. 1 zeigt das Ergebnis der Modellsimulation für den stationären Zustand (Gleichgewichtszustand) im Hinblick auf die Wassersättigung und den sich einstellenden Verlauf der Grundwasser Oberfläche im Bereich der Versickermulde und des Grabens.



**Abb. 1: Gleichgewichtszustand: Darstellung von Wassersättigung und Grundwasser Oberfläche gemäß Modellsimulation**

Unterhalb der Grundwasser Oberfläche (gelbe Linie) ist der Boden vollständig wassergesättigt. Oberhalb der Grundwasser Oberfläche ist der Boden durch die Zusicke rung von Niederschlagswasser und den kapillaren Aufstieg des Grundwassers teilgesättigt. Der Grad der Sättigung nimmt mit zunehmendem Abstand von der Grundwasser Oberfläche ab.

Die Wassersättigung ist unterhalb der Fahrbahnversiegelung am geringsten, da in diesem Bereich weder ein kapillarer Aufstieg noch eine Zusickerung aus Niederschlagswasser stattfindet. Die konzentrierte Niederschlagsversickerung über die Versickermulde bedingt unterhalb ihres zentralen Bereichs eine erhöhte Wassersättigung des Bodens.

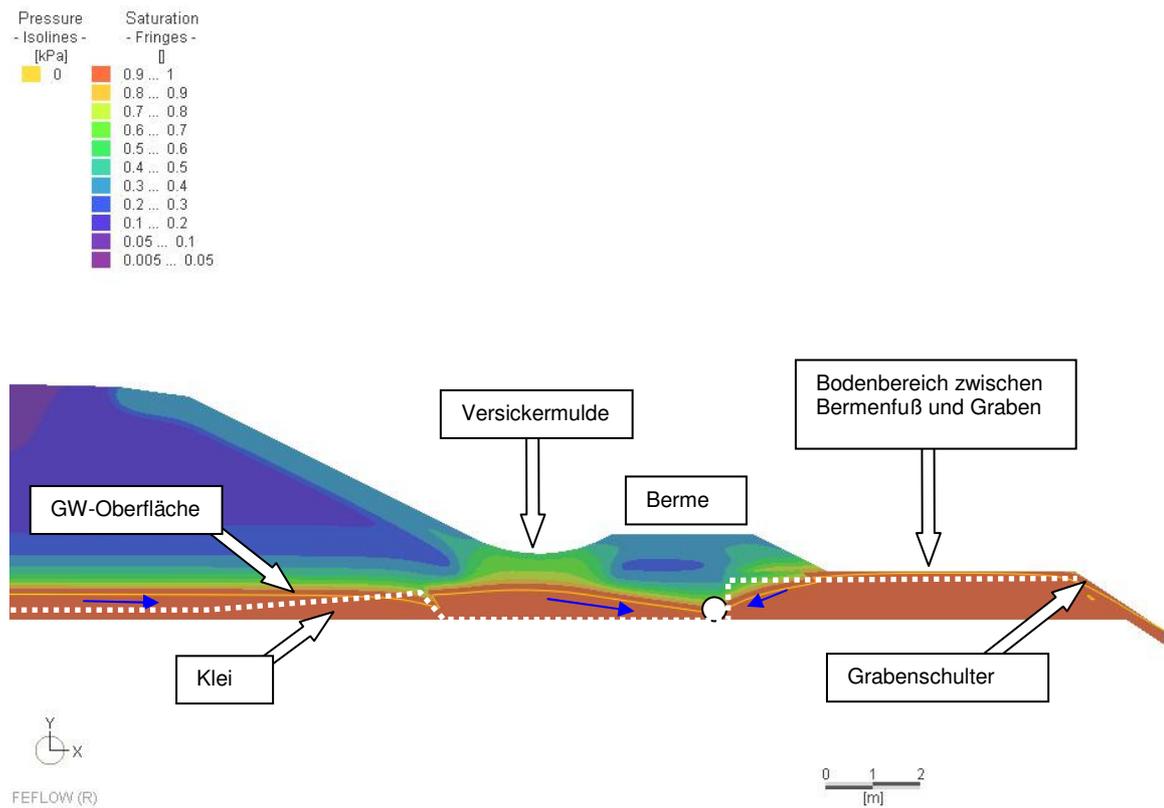
Niederschlagswasser, welches in den Autobahndamm infiltriert, sammelt sich auf den geringdurchlässigen, konsolidierten Weichschichten. Aufgrund des Bodenaustausches unterhalb der Versickermulde kommt es dort in Verbindung mit dem trassenparallelen Rigolensystem und der Ableitung zusickernden Wassers in den dammparallelen Graben zu einer lokalen Absenkung der Grundwasseroberfläche (vgl. Abb. 1).

Im Bereich zwischen Bermenfuß und Graben (Bereich in dem kein Bodenaustausch vorgenommen wurde) kann es bei relevanten Niederschlägen zum oberflächennahen Aufstau von Grundwasser kommen. Dieser resultiert aus der geringen hydraulischen Durchlässigkeit der natürlich anstehenden, bindigen Böden und der damit verbundenen sehr geringen Versickerleistung. Die dargestellte Wassersättigung im Bereich zwischen Berme und Graben zeigt somit die natürlichen Sättigungsverhältnisse bindiger Böden infolge von Niederschlägen und ist nicht das Resultat einer Wasserzufuhr aus der Entwässerung des geplanten Autobahndammes.

## **5.2 Instationäre Modellsimulation**

### **5.2.1 30-minütiges Regenereignis (20,2 mm)**

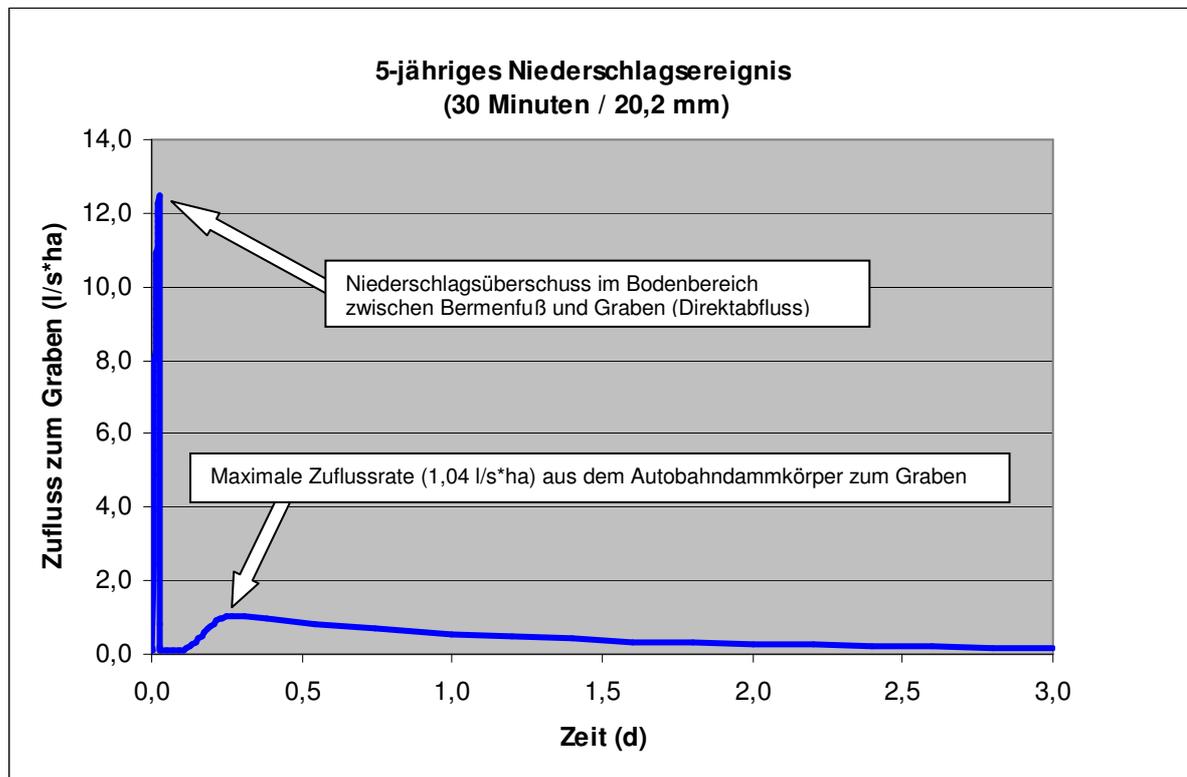
In der nachfolgenden Abb. 2 sind die Wassersättigung sowie die Grundwasseroberfläche zum Zeitpunkt der maximalen Grundwasseraufwölbung (ca. 5 Std. nach Niederschlagsbeginn) für ein 30-minütiges Niederschlagsereignis mit 5-jähriger Wiederkehr auf Grundlage der durchgeführten Modellsimulation dargestellt.



**Abb. 2: Darstellung von Wassersättigung und Grundwasseroberfläche (Zeitpunkt der maximalen Aufwölbung der Grundwasseroberfläche, ca. 5 Std. nach Niederschlagsbeginn) gemäß Modellsimulation, 30-minütiges Niederschlagsereignis mit 5-jähriger Wiederkehr**

Wie aus Abb. 2 hervorgeht, kommt es in Folge des 30-minütigen Niederschlagsereignisses zu einem Anstieg der Grundwasseroberfläche unmittelbar unterhalb der Versickermulde, im Bereich des Bodenaustausches.

Die folgende Abb. 3 zeigt für ein 30-minütiges Niederschlagsereignis mit 5-jähriger Wiederkehr den zeitlichen Verlauf der Zuflussraten zum Graben für die Gesamtdauer von 2 Tagen ab Niederschlagsbeginn. Der maximale Zufluss wird ungefähr 0,24 d (ca. 5,8 Stunden) nach Beginn des Niederschlagsereignisses erreicht. Er beträgt ca. 1,04 l/s\*ha und unterschreitet damit die zulässige Abflussspende von 1,5 l/s\*ha.

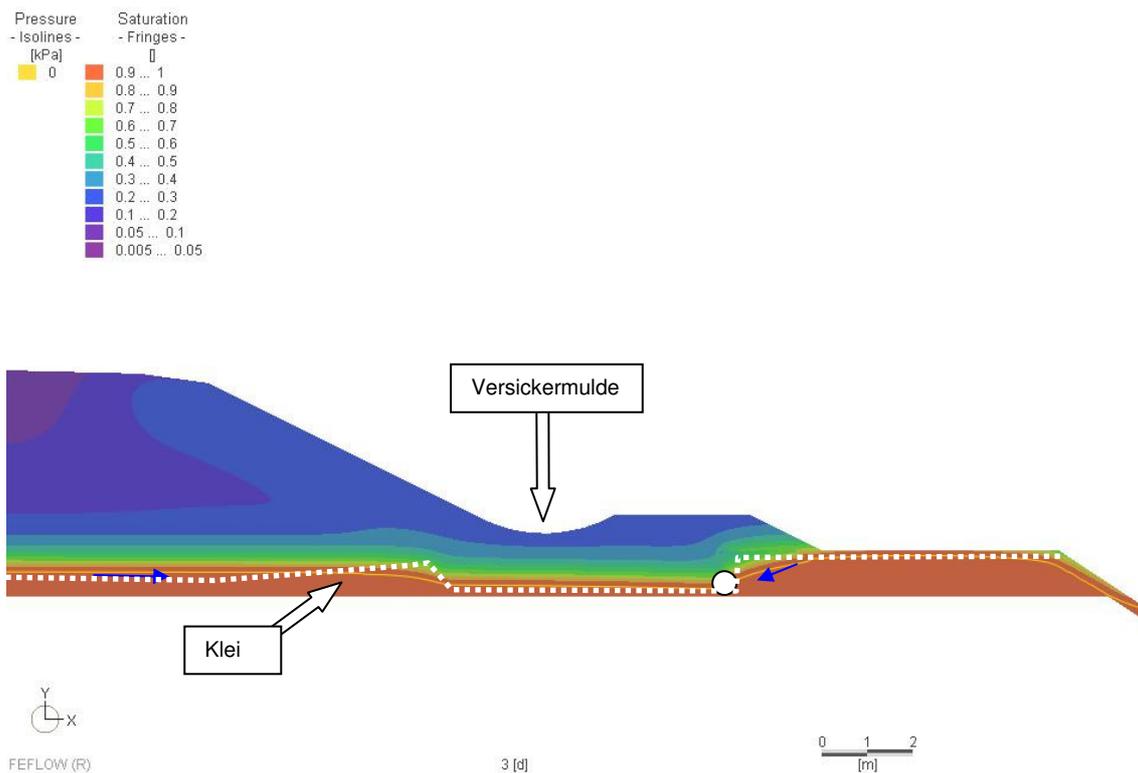


**Abb. 3: Zeitlicher Verlauf der Zuflussraten zum Graben gemäß Modellsimulation, 30-minütiges Niederschlagsereignis mit 5-jähriger Wiederkehr**

Wie in Abb. 3 dargestellt, kommt es innerhalb des Bodenbereiches zwischen Bermenfuß und Graben zu Beginn des Niederschlagsereignisses kurzzeitig zu einem Niederschlagsüberschuss von maximal ca. 12,2 l/s\*ha. Dieser resultiert aus nicht versickerndem Niederschlagswasser infolge einer vollständigen Aufsättigung des Bodens außerhalb des Autobahndammes und ist somit als natürliche Abflusskomponente (Direktabfluss) unabhängig von der Ausführung der Dammentwässerung. Gegenüber der Modellsimulation erfolgt aufgrund der im Modell nicht abgebildeten natürlichen Rückhaltungswirkung (flächiger Anstau an der Bodenoberfläche, Interzeption, Verdunstung) der Direktabfluss tatsächlich verringert und verzögert und wirkt sich daher nicht maßgeblich auf die zuvor genannte maximale Zuflussrate zum Graben aus.

Die nachfolgende Abb. 4 zeigt die hydraulische Situation am Endzeitpunkt der drei Tage umfassenden Simulation. Die ursprüngliche Aufwölbung der Grundwasseroberfläche unterhalb der Versickermulde ist deutlich zurückgegangen.

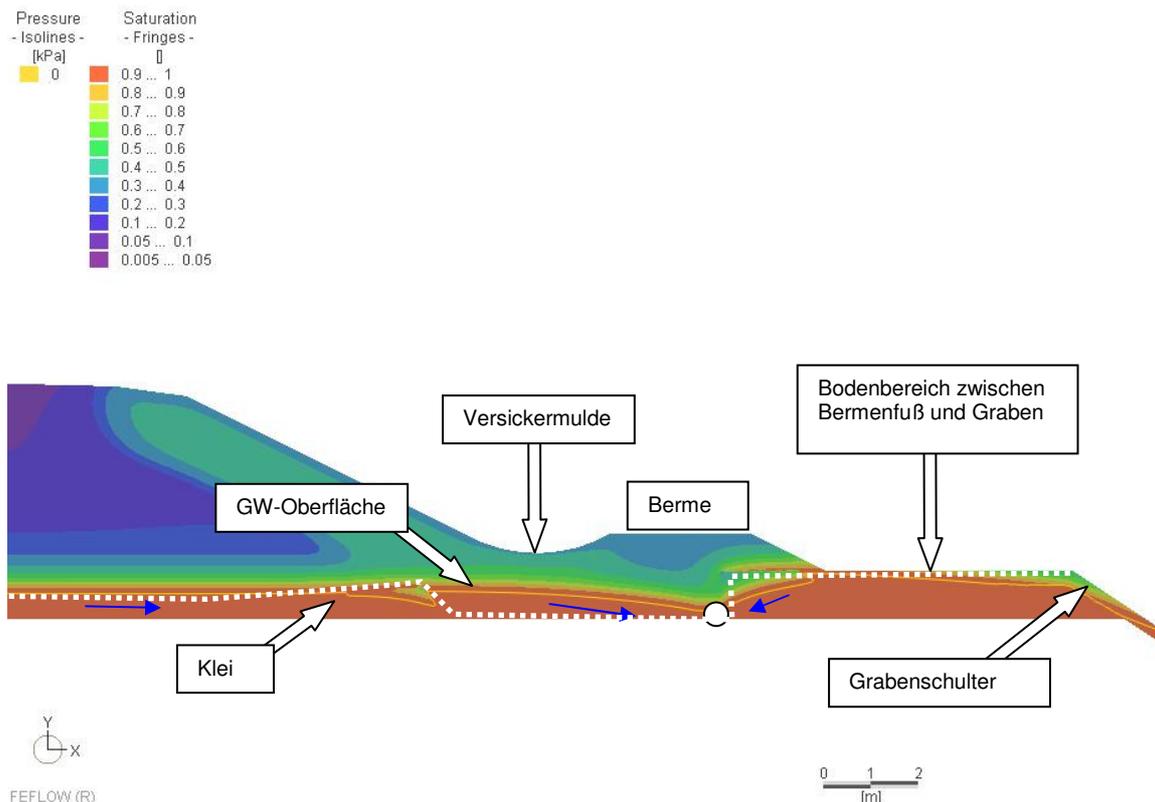
Durch den langsamen Abstrom des Wassers in den gesättigten und teilgesättigten Bereichen des Dammkörpers erfolgt der Abfluss des Niederschlagswassers zum Graben stark verzögert. Zum Ende des Simulationszeitraums ist das Wasservolumen des Niederschlagsereignisses daher noch nicht vollständig aus dem Dammkörper in den Graben abgeströmt. Aufgrund des großen Speicherpotenzials des Dammkörpers und der verzögerten Strömungsbewegungen ist aber auch bei möglichen unmittelbar nachfolgenden Niederschlagsereignissen keine Überschreitung der zulässigen Zuflussrate zum Graben von  $1,5 \text{ l/s*ha}$  zu erwarten.



**Abb. 4: Darstellung von Wassersättigung und Grundwasseroberfläche (Endzeitpunkt der Simulation, 3 Tage) gemäß Modellsimulation**

### 5.2.2 2-tägiges Regenereignis (52,4 mm)

Die Ergebnisse der Modellsimulation eines 2-tägigen Regenereignisses mit 5-jähriger Wiederkehr sind im Hinblick auf die Wassersättigung und den damit verbundenen Verlauf der Grundwasseroberfläche (maximale Aufwölbung, ca. 2 Tage nach Niederschlagsbeginn) in der folgenden Abb. 5 dargestellt.

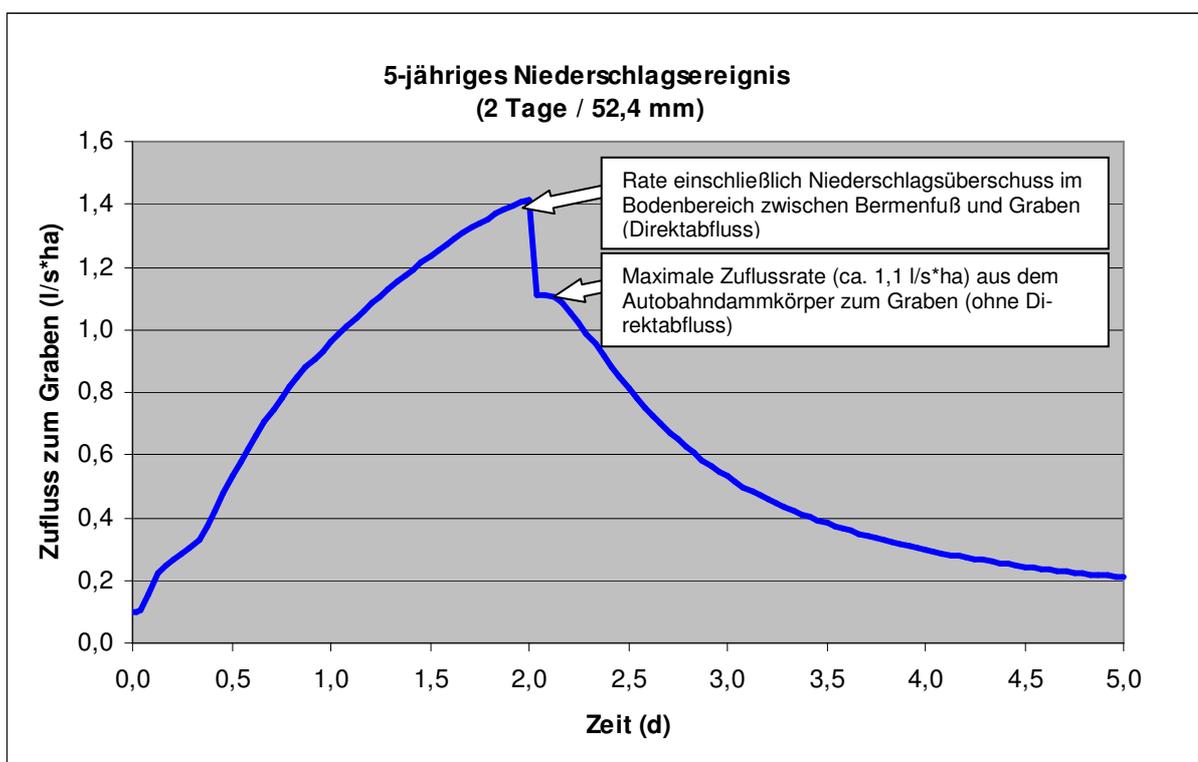


**Abb. 5:** Darstellung von Wassersättigung und Grundwasseroberfläche (Zeitpunkt der maximalen Aufwölbung der Grundwasseroberfläche, ca. 2 Tage nach Niederschlagsbeginn) gemäß Modellsimulation, 2-tägiges Niederschlagsereignis mit 5-jähriger Wiederkehr

Wie schon zuvor für die Simulation des 30-minütigen Niederschlagsereignisses beschrieben (vgl. Kap. 5.2.1), kommt es auch in Folge des 2-tägigen Niederschlagsereignisses im Bereich unterhalb der Versickermulde zu einem lokalen Anstieg des Grundwasserspiegels. Im Vergleich zum 30-minütigen Regenereignis fällt dieser geringer aus.

Die nachfolgende Abb. 6 gibt einen Überblick über den zeitlichen Verlauf der Zuflussraten zum dammparallelen Graben für das betrachtete 2-tägige Niederschlagsereignis für eine Gesamtdauer von 5 Tagen auf Grundlage der durchgeführten Modellsimulation. Demnach beträgt die maximale Zuflussrate ca. 1,4 l/s\*ha, die einen von der Dammentwässerung unabhängigen Direktabfluss von ca. 0,3 l/s\*ha einschließt.

Unmittelbar nach Beendigung des Regenereignisses kommt es durch das Aussetzen des Direktabflusses (vgl. Kap. 5.2.1) zu einer sprunghaftigen Verminderung der Zuflussraten von ca. 1,4 l/s\*ha auf ca. 1,1 l/s\*ha.



**Abb. 6: Zeitlicher Verlauf der Zuflussraten zum Graben gemäß Modellsimulation, 2-tägiges Niederschlagsereignis mit 5-jähriger Wiederkehr**

### 5.3 Standsicherheit

Die Ergebnisse der Böschungsbruchberechnungen sind für die Planungsvariante in Anl. 3 grafisch dargestellt. Die berechneten maximalen Ausnutzungsgrade für die einzelnen Gleitkreismittelpunkte sind in Form eines Isolinienplans dargestellt. Die Berechnungen gelten für den Böschungsbruch  $> 0,3$  m unter Gelände. Oberflächennahe und kleinräumige Bewegungen werden damit nicht erfasst.

Im Rahmen der Böschungsbruchberechnungen wurde für die Planungsvariante ein maximaler Ausnutzungsgrad von  $m = 0,97$  ermittelt, d.h. unter Berücksichtigung der für den Grenzzustand 1C und den Lastfall 1 angesetzten Teilsicherheiten ist die Gesamtstandsicherheit eingehalten.

## 6 Zusammenfassung

Die durchgeführten Modellrechnungen zeigen, dass für die beiden angesetzten Niederschlagsereignisse die maximal zulässige Zuflussrate vom Autobahnkörper in den Randgraben von 1,5 l/s\*ha unterschritten wird.

In Abhängigkeit von lokalen Reliefausprägungen und Differenzen der Setzungsbeträge kann lokal ein untergeordneter Anteil der Entwässerung über die Nebengrabenseite erfolgen. Durch den Gewässeranschluss und die Verzögerung des Wasserstroms können daraus resultierende nachteilige Auswirkungen auf die Systemleistungsfähigkeit oder die auf Einhaltung der Grenzwerte (zulässige Zuflussraten) ausgeschlossen werden.

Im Rahmen der Böschungsbruchberechnungen wurde für die Planungsvariante ein maximaler Ausnutzungsgrad von  $m = 0,97$  ermittelt, d.h. unter Berücksichtigung der für den Grenzstand 1C und den Lastfall 1 angesetzten Teilsicherheiten ist die Gesamtstandsicherheit eingehalten.

Hamburg, 25. September 2012

gez.  
M. Keller  
- Dipl.-Geologe -

gez.  
C. Meyer  
- Dipl.-Geologe -