



Bundesministerium  
für Verkehr, Bau  
und Stadtentwicklung



Von der Europäischen Union kofinanziert  
Transeuropäisches Verkehrsnetz (TEN-V)

Donauausbau Straubing-Vilshofen

Variantenunabhängige Untersuchungen zum Ausbau der Donau  
zwischen Straubing und Vilshofen – 2007-DE-18050-S

Abschlussberichte – B.III. Bericht zur Variante C<sub>2,80</sub>

**Anlage III.13    Untersuchung zum Bodenwasserhaushalt  
(Friedrich-Schiller-Universität Jena  
und Firma emc)**

---

Hinweise:

1. Die Durchführung der Untersuchungen und die Erstellung der Berichte wurden von der EU finanziell unterstützt.
2. Die Ausführungen in den Berichten und deren Anlagen binden nur die jeweiligen Verfasser, nicht aber die Europäische Kommission, die auch nicht für die weitere Nutzung der darin enthaltenen Informationen haftet.



**Institut für Geowissenschaften  
Friedrich Schiller Universität Jena**



**Gesellschaft zur Erfassung und  
Bewertung von Umweltdaten mbH**

**Projekt:**

**Donauausbau - EU-Studie**

**Bericht:**

**Untersuchungen zum Bodenwasserhaushalt im Rahmen  
der EU-Studie:  
Zusammenfassung Variante C2,80**

**Autoren:**

Prof. Dr. K. U. Totsche, Institut für Geowissenschaften, Lehrstuhl für Hydrogeologie, Friedrich-Schiller-Universität Jena

Dr. Ph. Jaesche, emc Gesellschaft zur Erfassung und Bewertung von Umweltdaten mbH, Erfurt.

**Stand:** 05.11.2012



## Inhalt

---

1	<b>VORBEMERKUNG</b> .....	4
2	<b>DATENERHEBUNG UND DATENANALYSE</b> .....	4
3	<b>ÄQUIVALENTLEITFÄHIGKEIT</b> .....	5
3.1	HINTERGRUND .....	5
3.2	ERMITTLUNG DER ÄQUIVALENTLEITFÄHIGKEIT EINES BODENPROFIL .....	5
3.3	FLÄCHENHAFT ERMITTLUNG DER ÄQUIVALENTLEITFÄHIGKEIT IM GESAMTGEBIET .....	6
3.4	FLÄCHENHAFT ERMITTLUNG DER ÄQUIVALENTLEITFÄHIGKEIT IM BEREICH ISARMÜNDUNG....	7
4	<b>MODELLIERUNG DES BODENWASSERHAUSHALTS</b> .....	7
4.1	METHODIK .....	7
4.2	ERGEBNISSE .....	9
4.2.1	<i>Beispiel: Standort B414</i> .....	9
4.2.2	<i>Standortübergreifend</i> .....	12
4.3	INTERPRETATION .....	13
5	<b>ZUSAMMENFASSENDE BEWERTUNG DER BODENWASSERDYNAMIK UNTER VARIANTE C2,80</b> .....	14
6	<b>QUELLEN</b> .....	15



## **Abbildungen**

---

- Abbildung 4-1: Modellstandort B414 (Var. 1): Sättigung in den Abflussjahren 2002 (links) bzw. 2003 (rechts) im Ist-Zustand, im Szenario C2,80 und in der Differenzendarstellung ..... 11
- Abbildung 4-2: Modellstandort B414 (Var. 1): Potentiale in den Abflussjahren 2002 (links) bzw. 2003 (rechts) im Ist-Zustand, im Szenario C2,80 und in der Differenzendarstellung ..... 12

## **Anlagen (nur digital)**

---

- Anlage 1: Fachgutachterliche Stellungnahme: Dichtigkeit von Böden unter besonderer Berücksichtigung der Bodentypen im Vorlandbereich der Donau zwischen Straubing und Vilshofen im Rahmen des Projekts „Donauausbau Straubing – Vilshofen“. Prof. Dr. K U. Totsche, Lehrstuhl für Hydrogeologie, Friedrich-Schiller Universität Jena, 01.11.2012 (Totsche 2012).
- Anlage 2: Bericht: Modellierung des Bodenwasserhaushaltes an charakteristischen Querschnitten: 1D- und 2D-Modellierungen, Modelldokumentation und Ergebnisse ergänzender 1D-Modellierungen an ausgewählten Standorten. emc Ges. zur Erfassung und Bewertung von Umweltdaten mbH, Erfurt. Version 2.1, 31.10.2012 (emc 2012b).



## 1 Vorbemerkung

Im Zuge des Donauausbaues Straubing – Vilshofen sollen die möglichen Auswirkungen flussbaulicher Maßnahmen auf die Bodenwasserdynamik in den prioritären Lebensräumen des Flussauen-Ökosystem des Donauvorlandes abgeschätzt werden. Hierzu ist das Zusammenwirken von Bodenwasserdynamik und Grundwasserdynamik als Funktion des periodisch wechselnden Flusswasserstandes insbesondere vor dem Hintergrund des Bodens als Pflanzenstandort zu beurteilen. Als „Boden“ wird in diesem Zusammenhang der Boden im engeren Sinne zuzüglich der wasserungesättigten Zone betrachtet.

Im Bericht zum Ist-Zustand (Totsche & Jaesche 2012) werden die umfangreichen Arbeiten und Auswertungen beschrieben, die zur Beschreibung des Aufbaus und der Eigenschaften der fein texturierten Auensedimente unternommen wurden. Weiterführende Auswertungen zur Bodenwasserdynamik in Variante C2,80 basieren im Allgemeinen auf denselben Datengrundlagen, auch kommen dieselben Auswertungsverfahren wie im Ist-Zustand zur Anwendung.

Im Folgenden werden daher kurz die Vorarbeiten aufgeführt, für weiterführende Informationen wird zumeist auf den Bericht zum Ist-Zustand (Totsche & Jaesche 2012) bzw. weiterführende Berichtsgrundlagen verwiesen. Spezielle Auswertungen bzw. Ergänzungen oder Änderungen demgegenüber werden ausgeführt. Insbesondere werden die Annahmen zur Ermittlung der Äquivalentleitfähigkeit in Variante C2,80 sowie die Erstellung der Modellszenarien bei der Durchführung von 1D-Modellrechnungen erläutert.

## 2 Datenerhebung und Datenanalyse

Im Rahmen der Arbeiten zum Bodenwasserhaushalt wurden zahlreiche Feld- und Laborerhebungen durchgeführt, darunter Bohrstockaufschlüsse sowie tiefer reichende Bohrungen/Sondierungen zur Erkundung des Bodenaufbaus, Gewinnung von ungestörten Proben durch Linerbohrungen bzw. Entnahme von Stechzylindern in Bodenschurfen, und bodenphysikalische Laborbestimmungen von gesättigter Wasserleitfähigkeit und Wasserspannungscharakteristik.

Zur Dokumentation der Datenerhebung und Datenanalyse wird auf den Bericht zum Ist-Zustand (Totsche & Jaesche 2012) verwiesen. Die Daten bilden die gemeinsame Grundlage für weiterführende Auswertungen und Aussagen sowohl zum Ist-Zustand als auch zu Variante C2,80.



## 3 Äquivalentleitfähigkeit

### 3.1 Hintergrund

Als Maß für die Charakterisierung der Wasserdurchlässigkeit eines Bodens wird seine hydraulische (gesättigte) Äquivalentleitfähigkeit ermittelt. Die gesättigte Äquivalentleitfähigkeit stellt die Obergrenze der Durchlässigkeit eines Bodenprofils dar. Unter ungesättigten Bedingungen nimmt die Durchlässigkeit eines Bodenprofils in Abhängigkeit von Wassersättigung und Porenraumgeometrie ab, ist also bei beliebigen (ungesättigten) Wassergehaltswerten stets kleiner als die gesättigte Wasserleitfähigkeit.

Die Äquivalentleitfähigkeit kann aus den (gesättigten) hydraulischen Leitfähigkeiten der einzelnen Schichten oder Horizonte, die das Profil aufbauen, errechnet werden. Dies setzt Messungen oder geeignete Abschätzungen dieser Horizontleitfähigkeiten voraus. Im Bericht zum Ist-Zustand (Totsche & Jaesche 2012) wird eine Methodik vorgestellt, wie aus statistischen Zusammenhängen zwischen Messdaten der Wasserleitfähigkeit der untersuchten Horizonte und den korrespondierenden Parametern der bodenkundlichen Horizontbeschreibung lineare bzw. nichtlineare Vorhersagemodelle (Pedotransferfunktionen) abgeleitet wurden. Dabei wird unterschieden zwischen Horizonten, die entweder der Horizontgruppe der M- oder der Horizontgruppe der Go-Horizonte zugerechnet werden, für beide Gruppen wurden jeweils eigene Vorhersagemodelle erstellt. Ebenso liegen zur Anwendung an den beiden vorhandenen Datenkollektiven (Profilaufnahme der Bohrungen/Sondierungen, reduzierte Profilaufnahme der Bohrstocksondierungen) jeweils eigene Modelle zur Vorhersage der Horizontleitfähigkeit vor. Für Gr-Horizonte und eine Reihe weiterer Fälle werden jeweils weitere Annahmen zur Ermittlung der Horizontleitfähigkeit getroffen.

Die gesättigte Wasserleitfähigkeit eines Bodenprofils ergibt sich sodann als gewichtetes inverses Mittel aus den hydraulischen Leitfähigkeiten der Schichten bzw. Horizonte, aus welchen dieser Boden aufgebaut ist. Liegen keine Profildaten bis zur erforderlichen Auswertungstiefe vor, so werden zur Ergänzung geeignete Annahmen unter Berücksichtigung der Deckschichtmächtigkeit am Auswertungspunkt getroffen (vgl. Totsche & Jaesche 2012).

### 3.2 Ermittlung der Äquivalentleitfähigkeit eines Bodenprofil

Zur Vorhersage der Horizontleitfähigkeiten bei Variante C2,80 werden dieselben Vorhersagemodelle wie im Ist-Zustand angewendet, die Zuweisung von Horizontleitfähigkeiten zu ausgewiesenen Horizonten einzelner Horizontgruppen erfolgt nach denselben Grundsätzen wie im Ist-Zustand. Auch die daran anschließende Ermittlung der Äquivalentleitfähigkeit des betrachteten Bodenprofils geschieht wie im Ist-Zustand, insbesondere bleibt die Auswertetiefe unverändert.

Mit absehbarer Änderung der mittleren Grundwasserdruckhöhe ist jedoch bei hinreichender Dauer eine fortschreitende Bodenentwicklung mit Anpassung an die geänderten Redoxverhältnisse im Boden zu erwarten (Totsche 2012, vgl. Anlage 1 zu diesem Bericht), z. Bsp. eine zunehmende Vergleyung von Auenböden. Damit einher geht eine Änderung der



Redox- und Struktureigenschaften des in einer betreffenden Tiefe liegenden Bodenmaterials, und in der Folge verschiebt sich die Tiefenlage der Bodenhorizonte. Diese zu erwartende Verschiebung von Horizontmerkmalen wirkt sich auf die Vorhersage der Äquivalentleitfähigkeit eines Standortes im Planfall aus, da für unterschiedliche Horizontgruppen verschiedene Vorhersagemodelle zur Anwendung kommen.

Zur Ermittlung einer möglichen geänderten Horizontierung wurden folgende Annahmen getroffen (vgl. emc 2012a):

- Als Kriterium zur Festlegung der Obergrenze eines (oder mehrerer) Gr-Horizonte wird die jeweilige Grundwasserdruckhöhe bei RNW in Variante C2,80 herangezogen
- Als Kriterium zur Festlegung der Mächtigkeit eines (oder mehrerer) Go-Horizonte wird die mittlere Mächtigkeit aller Go-Horizonte bzw. -abfolgen herangezogen, die in den Sondierungen/Bohrungen über einem Gr-Horizont liegend angesprochen wurden (Median: 1,15 m).
- Änderungen der lokalen Grundwasserdruckhöhe bei RNW um weniger als  $\pm 0,1$  m wirken sich nicht auf den Bodentyp bzw. die Horizontierung des Bodens aus
- Änderungen der lokalen Grundwasserdruckhöhe bei RNW wirken sich nicht auf den Bodentyp bzw. die (erfasste) Horizontierung des Bodens aus, wenn sie unterhalb von 1,15 m unter dem durch KA5-Ansprache<sup>1</sup> erfassten Profilabschnittes stattfinden, bzw. wenn sie unterhalb von 3,15 m unter GOK stattfinden, je nachdem welcher Wert kleiner ist.
- Bei vollständigem Überstau (d.h., künftige (Grund-)Wasserdruckhöhe bei RNW über GOK) wird die Leitfähigkeit des gesamten Profils mit dem für Gr-Horizonte herangezogenen Wert vorhergesagt
- Horizonte, innerhalb deren Tiefenbereich eine der als Kriterium herangezogene Grenze liegt, werden für die Vorhersage geteilt.
- Skelettführende Horizonte, Torfhorizonte und ggf. Muddehorizonte werden wie im Ist-Zustand behandelt.

### 3.3 Flächenhafte Ermittlung der Äquivalentleitfähigkeit im Gesamtgebiet

Die räumliche Interpolation aller für Variante C2,80 punktuell bestimmten Äquivalentleitfähigkeiten für das Gesamtgebiet erfolgte wie im Ist-Zustand durch lineare Interpolation. Bei der vorliegenden Datenstruktur entspricht diese flächenhafte Ermittlung dem Stand der Technik. Zur weiteren Verwendung wurde das Ergebnis wiederum gerastert (Zellgröße 1 m x 1 m). Eine kartographische Darstellung findet sich emc (2012a) sowie in Anlage III.14.15.

---

<sup>1</sup> KA5: Bodenkundliche Kartieranleitung, Ad-hoc AG Boden (2005)



### 3.4 Flächenhafte Ermittlung der Äquivalentleitfähigkeit im Bereich Isarmündung

Die räumliche Interpolation aller für Variante C2,80 punktuell bestimmten Äquivalentleitfähigkeiten für die drei Teilgebiete im Bereich der Isarmündung erfolgte wie im Ist-Zustand durch „Ordinary Kriging“. Dabei wurde auf Grundlage der Ergebnisse für die Punkte der Bohrungen/Sondierungen ein eigenes Semivariogramm zur Beschreibung des räumlichen Zusammenhangs benachbarter Datenpunkte erstellt. Als Stützstellen zur Interpolation wurden die Äquivalentleitfähigkeiten der Bohrungen/Sondierungen sowie der in diesen Gebieten gelegenen Bohrstocksondierungen verwendet. Zur Ausgabe wurde das Interpolationsergebnis wiederum gerastert (Zellgröße 2 m x 2 m) und mit der Wasseranschlagslinie „Untergrenze Weichholzaue“ maskiert. Die kartographische Darstellung findet sich ebenfalls in emc (2012a) sowie in Anlage III.14.16.

## 4 Modellierung des Bodenwasserhaushalts

### 4.1 Methodik

Mithilfe eines numerischen, eindimensionalen Simulationsmodelles wurde der Bodenwasserhaushalt an ausgewählten Standorten im Untersuchungsgebiet modelliert (emc 2012b; Anlage 2 zu diesem Bericht).

Ziel dieser Arbeiten war:

- eine quantitative Rekonstruktion und Projektion der Wasserbewegung und Wasserdurchlässigkeit im System Boden - ungesättigte Zone - Grundwasser an Auenstandorten.
- die numerische Projektion der Auswirkungen flussbaulicher Maßnahmen auf Dynamik und Haushalt des Boden- und Grundwassers an Auenstandorten (Berechnung von Modellszenarien)
- die Schaffung hydro-pedologischer und standortkundlicher Grundlagen und Kenndaten für die Vegetationsmodellierungen mit INFORM

Zur Einschätzung der Auswirkung von flussbaulichen Maßnahmen auf den Bodenwasserhaushalt wurden zusätzlich zu den Modellierungen für den Ist-Zustand entsprechende, darauf aufbauende Modellszenarien für Variante C2,80 berechnet. Die Szenarien basieren auf der Annahme einer für den Berechnungszeitraum 1992 - 2010 potentiell geänderten unteren Randbedingung an den betrachteten Standorten, also auf Zeitreihen der Grundwasserdruckhöhe bei angenommen bereits durchgeführten Baumaßnahmen in der Donau.

Der instationäre Grundwasserdruckhöhenverlauf wurde von RMD ermittelt. Der Ermittlung wurde eine ausreichende Korrelation zwischen Donau- und Grundwasserdruckhöhenganglinie zugrunde gelegt. Eine Überprüfung dieses Zusammenhangs an allen untersuchten





Modellierungsstandorten zeigte, dass die Korrelation zwischen Donauwasserspiegel und Grundwasserdruckhöhe im Ist-Zustand sehr deutlich ausgeprägt ist ( $\gg 0,9$ ). Zur Ermittlung wurde wie folgt vorgegangen:

- Aus den Ganglinien der beiden nächstgelegenen Donaupegel wurde unter Verwendung des Dreisatzes und der Ergebnisse der stationären BAW-Simulationen für ausgewählte Abflusssituationen die Donauganglinie auf Höhe des Modellierungsstandortes ermittelt (3-Stunden-Werte, Datenreihe 1992-2011).
- Anhand eines Vergleichs dieser Donauganglinie mit den Messwerten des zum Modellierungsstandort nächstgelegenen Grundwasserpegels (3-Stunden-Werte, Datenreihe 2004-2011) wurden für ausgewählte Abflusssituationen (RNW, MW, Öko5 und Öko3) die dazugehörigen, mittleren Grundwasserstände ermittelt. Diese Werte dienen der Qualitätsprüfung der stationären Grundwassermodellierung am Standort des Grundwasserpegels für den Ist-Zustand.
- Aus der Donauganglinie auf Höhe des Modellierungsstandortes für den Ist-Zustand und der Ergebnisse der stationären BAW-Simulationen für ausgewählte Abflusssituationen bei Variante C2,80 wurde die Donauganglinie für Variante C2,80 berechnet.
- Im nächsten Schritt wurden die Ergebnisse der stationären Grundwassermodellierungen bei den ausgewählten Abflusssituationen für Variante C2,80 am Modellierungsstandort verwendet, um mit Hilfe des Dreisatzes aus der Donauganglinie für Variante C2,80 auf Höhe des Standortes eine Grundwasserganglinie am Modellierungsstandort zu generieren.
- Zusätzlich wurden für grafische Darstellungen anhand eines Vergleichs von Donauganglinie mit ermittelter Grundwasserdruckhöhenganglinie am Modellierungsstandort für insgesamt 8 Abflusszustände (Öko4, RNW, Öko2, MW, Öko5, Öko3, MHQ So. und HNN) die zugehörigen, mittleren Grundwasserdruckhöhen ermittelt.

Eine detaillierte Beschreibung dieser Vorgehensweise ist in RMD (2012) enthalten.

Die obere Randbedingung blieb gegenüber dem Ist-Zustand unverändert (Niederschlag, potentielle Evapotranspiration), ebenso die Parametrisierung der Bodeneigenschaften und der Vegetation. Die Parametrisierung der Wurzelwasseraufnahme berücksichtigt eine Herabsetzung der Transpiration im sehr trockenen bzw. nassen Bereich und damit ggf. automatisch eine mögliche Beeinflussung der simulierten Wurzelwasseraufnahme durch Änderungen des Bodenfeuchtezustands in Variante C2,80. Der weitere Modellaufbau, die Durchführung der Modellierung sowie die Auswertung und Darstellung der Modellergebnisse erfolgen wie im Ist-Zustand (vergleiche Totsche & Jaesche 2012). Eine ausführliche Dokumentation findet sich in emc (2011) und emc (2012b; Anlage 2 zu diesem Bericht).

Insgesamt wurde der Bodenwasserhaushalt in Variante C2,80 für 22 der 24 Standorte modelliert, für die auch Berechnungen im Ist-Zustand erfolgten:

- 4 Standorte im Raum Straubing (B26, B208, B35, B40) mit geringer Absenkung der mittleren Grundwasserdruckhöhe bei RNW um 0,07 - 0,26 m
- 5 Standorte zwischen Deggendorf und Isarmündung (B217, B402, B404, B414, B224)



mit Anhebung der mittleren Grundwasserdruckhöhe bei RNW um 0,44 - 0,52 m

- 6 Standorte zwischen Isarmündung und Mühlhamer Schleife (B436, B227, B230, KRB569, KRB531, KRB532) mit Anhebung der mittleren Grundwasserdruckhöhe bei RNW um 0,75 - 2,83 m
- 3 Standorte zwischen Isarmündung und Mühlhamer Schleife (B84, B87, B88) mit geringer Änderung (Anhebung/Absenkung) der mittleren Grundwasserdruckhöhe bei RNW um weniger als 0,24 m
- 4 Standorte unterhalb Mühlhamer Schleife (KRB557, B235, B114, B119) mit geringfügiger Absenkung der mittleren Grundwasserdruckhöhe bei RNW um 0,10 - 0,13 m

Die Standorte der Modellierungen sind der Anlage I.11.13 dargestellt.

Die Bezeichnung der Standorte mit Angabe der lagemäßigen Koordinaten und Bezug auf die Donaukilometrierung ist in der Anlage 2 zu diesem Bericht (emc 2012b) enthalten.

Die Ergebnisse sind gemeinsam mit den Resultaten zum Ist-Zustand in emc (2012b, Anlage 2 zu diesem Bericht) dargestellt. Unterschiede im zeitlichen Verlauf von Potentialen, Sättigung und Vertikalgeschwindigkeiten werden zusätzlich in Differenzenabbildungen veranschaulicht.

Der einheitlichen Modellierung über den Zeitraum von 18 Jahren gingen Arbeiten voraus, die nur die Jahre 2002 - 2003 berücksichtigten (emc 2011). Diese ersten Modellierungen wurden in emc (2012b, Anlage 2 zu diesem Bericht) mit aktualisierter Datenbasis und für den erweiterten Zeitraum überarbeitet.

## 4.2 Ergebnisse

### 4.2.1 Beispiel: Standort B414

Für den schon im Bericht zum Ist-Zustand (Totsche & Jaesche 2012) präsentierten Standort B414 (erbohrte und simulierte Feinbodenmächtigkeit 1,9 m) werden ausgewählte Modellergebnisse für Variante C2,80 gezeigt und den Ergebnissen im Ist-Zustand gegenübergestellt. Die Grundwasserdruckhöhe liegt am Standort im Szenario C2,80 bei RNW bei 1,44 m unter GOK und somit um rd. 0,5 m höher als im Ist-Zustand, entsprechend hat die Deckschicht (Modellunterkante) immer Grundwasseranschluss. Hohe Grundwasserdrücke, die, bezogen auf die Geländehöhe am Standort, eine Tiefe von 0,3 m unter GOK überschreiten, treten durch die Anhebung im Szenario C2,80 dabei kaum häufiger auf als im Ist-Zustand (höhere Drücke treten im Ist-Zustand in 16 % der Zeit im Modellzeitraum 1993-2010 auf, in Variante C2,80 in 17 %). Bezogen auf die Höhe von 0,8 m unter GOK erhöht sich die Häufigkeit, mit der die Grundwasserdruckhöhe dieses Niveau überschreitet, dagegen von etwa 34 % der Zeit im Ist-Zustand auf etwa 46 % im Szenario C2, 80. Exemplarisch wird für Szenario C2,80 in Abbildung 4-1 der Verlauf der Sättigung, in Abbildung 4-2 der Verlauf der Potentiale im Bodenprofil für die beiden Abflussjahre (AJ) 2002 („nass“) und 2003 („trocken“) dargestellt, wobei zum Vergleich auch die Ergebnisse für den Ist-Zustand sowie die Differenzen zwischen Szenario C2,80 und Ist-Zustand gezeigt werden.

Zunächst zeigt der Vergleich zwischen den Jahren im Szenario C2,80 - wie im Ist-Zustand - deutlich den Effekt der unterschiedlichen hydrogeologischen und -meteorologischen



Bedingungen. Während im AJ 2002 in Szenario C2,80 wie im Ist-Zustand die Wassersättigung stets über 86 % liegt, geht sie im AJ 2003 im Szenario C2,80 auf bis zu 75 %, im Ist-Zustand auf bis zu 56 % zurück. . Gleiches gilt für die dargestellten Potentiale: Im AJ 2002 liegen sie im Szenario C2,80 - wie im Ist-Zustand - über -1,8 m (< pF2,3). Im AJ 2003 werden im Szenario C2,80 dagegen Potentiale von -5,9 m (pF2,8) erreicht, im Ist-Zustand (aufgrund der tieferen GW-Druckhöhen) sind es bis zu -21 m (pF3,3) an der Bodenoberfläche bzw. -10 m (pF3,0) in 0,5 m Bodentiefe. Somit sind auch die Auswirkung der Wasserstand-Anhebung vom Ist-Zustand zum Planfall auf den Bodenwasserhaushalt insgesamt von Jahr zu Jahr unterschiedlich – sie fallen in einem feuchten Jahr mit hohen Wasserständen und hohen Niederschlägen geringer aus als in einem trockenen Jahr. Dies veranschaulichen auch die Differenzen-Darstellungen, mit nur geringen Unterschieden in Sättigung bzw. Potential im AJ 2002, aber hohen Differenzen im Sommer 2003 bei fallenden GW-Druckhöhen und starker Evapotranspiration. .

Die Auswertungen für den gesamten Modellzeitraum zeigen darüber hinaus beispielsweise, dass die Grundwasseranhebung in allen Tiefenbereichen bis 1,30 m dazu führt, dass in Szenario C2,80 häufiger Nässeperioden<sup>2</sup> auftreten als im Ist-Zustand. Eine Trockenperioden<sup>3</sup> tritt an dem Standort lediglich im Ist-Zustand im Sommer 2003 auf, dagegen nicht im Szenario C2,80. Für weitere Auswertungen und Vergleiche wird auf den Bericht emc (2012b, Anlage 2 zu diesem Bericht) verwiesen.

---

<sup>2</sup> Nässeperiode: länger als 10d andauernde Überschreitung der Wasserspeicherkapazität im betrachteten Tiefenbereich mit Einschränkung des Lufthaushalts und Absterben von Feinwurzeln (Arbeitskreis Standortkartierung 2003)

<sup>3</sup> Trockenperiode: länger als 20 Tage andauernde Unterschreitung des Wertes „50% der nutzbaren Wasserspeicherkapazität“ mit potentieller Einschränkung der Wasseraufnahme aus dem Boden im betrachteten Tiefenbereich (Arbeitskreis Standortkartierung 2003)

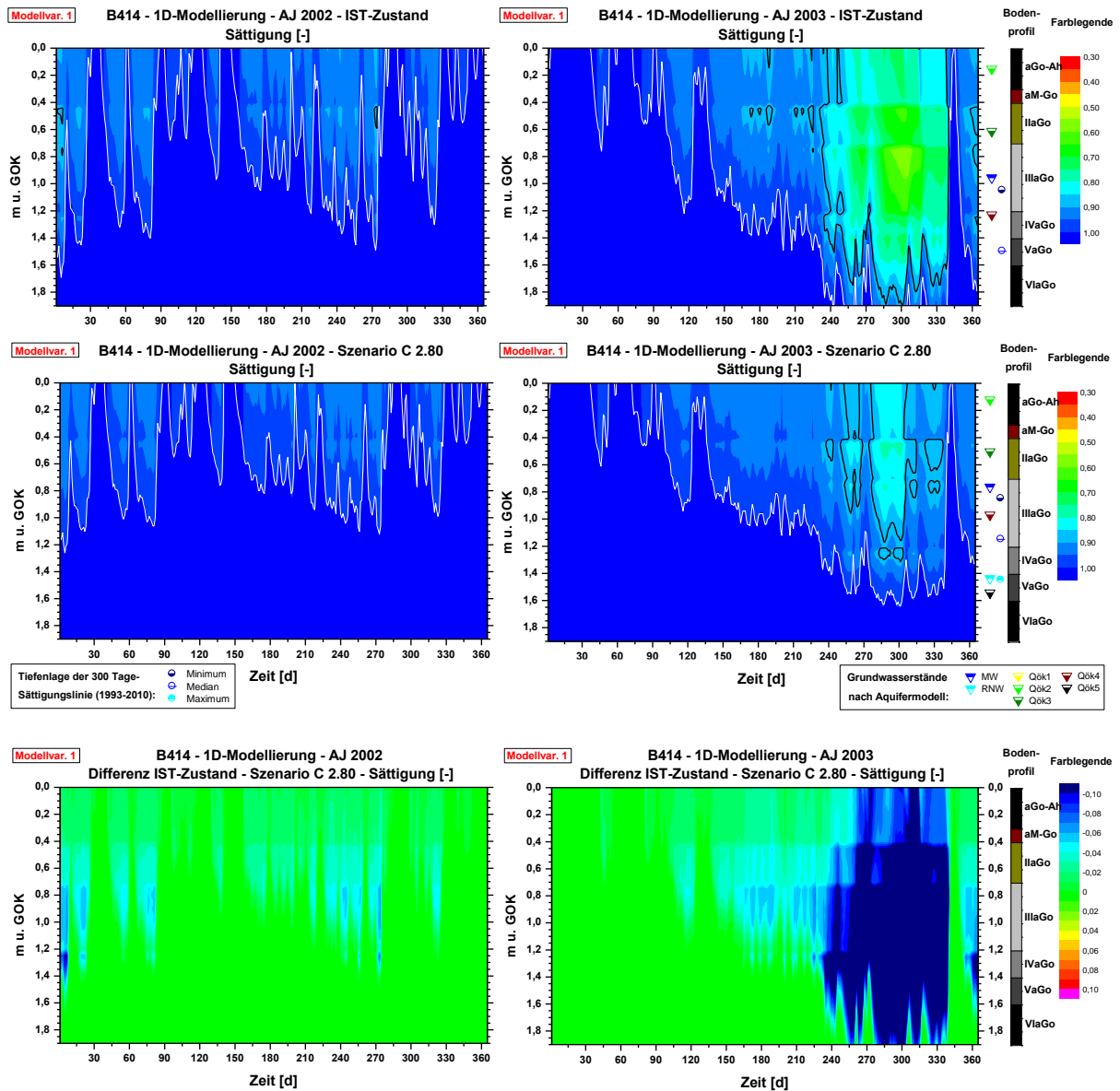


Abbildung 4-1: Modellstandort B414 (Var. 1): Sättigung in den Abflussjahren 2002 (links) bzw. 2003 (rechts) im Ist-Zustand, im Szenario C2,80 und in der Differenzdarstellung.

Anmerkung zu Abbildung 4-1:

In den oberen Teilabbildungen stellt die weiße Linie den Verlauf der Druckhöhe des Grundwassers dar, die schwarze Linie eine Sättigung von 88 % als Indiz zur Bewertung der Luftversorgung des Standorts. Die angegebenen Grundwasserstände (genauer: Grundwasserdruckhöhen) bei RNW, MW und Qök1 bis Qök5 sind aus berechneten Donauabflüssen ermittelt, zur Definition vgl. Kap. 2.4.4 in emc 2012c (Anlage 2 zu diesem Bericht), zur Herleitung vgl. Kap. 4.1.

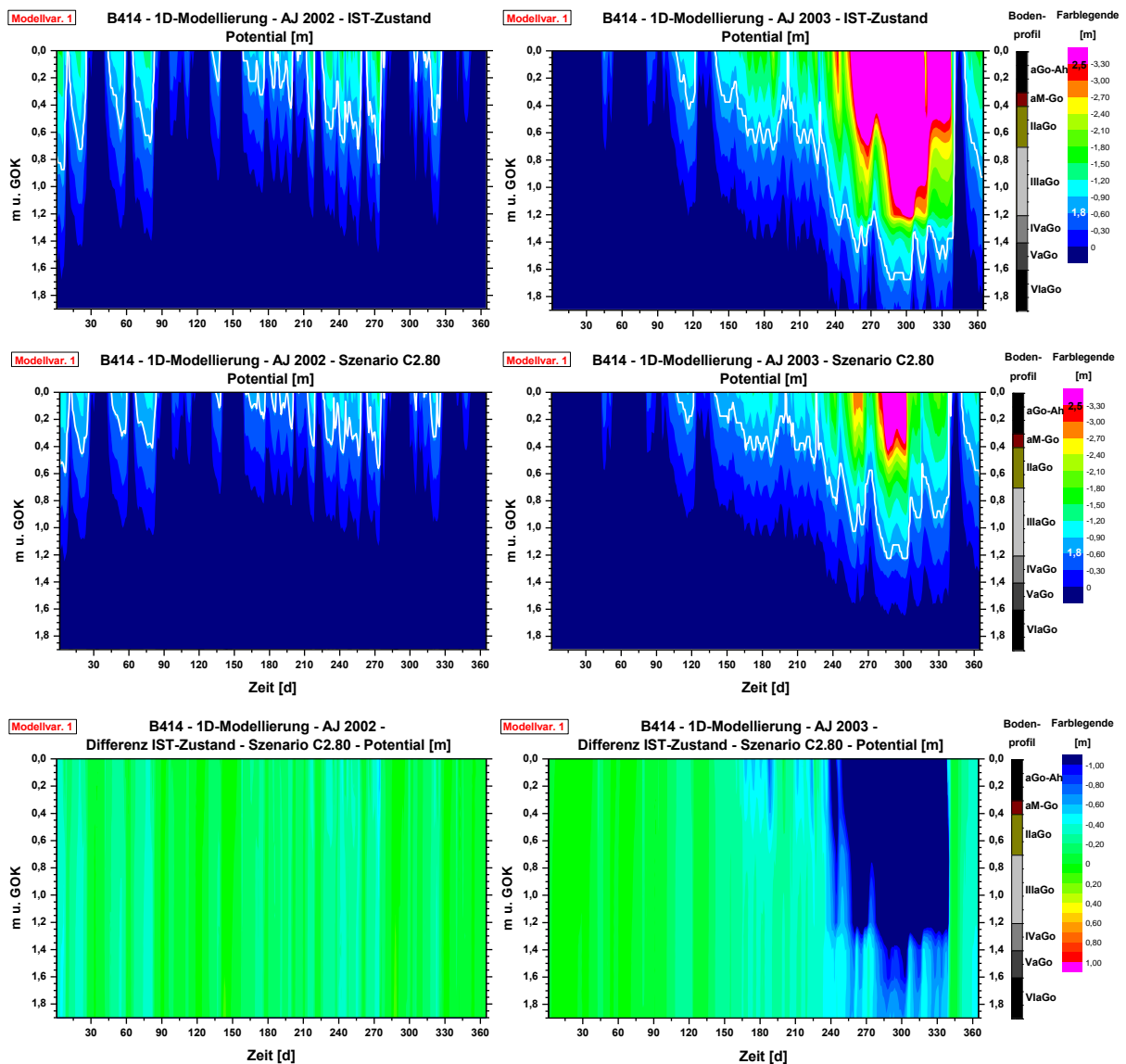


Abbildung 4-2: Modellstandort B414 (Var. 1): Potentiale in den Abflussjahren 2002 (links) bzw. 2003 (rechts) im Ist-Zustand, im Szenario C2,80 und in der Differenzdarstellung.

Anmerkung zu Abbildung 4-2:

In den oberen Teilabbildungen wird ein Potential von -0,63 m (pF 1,8) durch eine weiße Linie hervorgehoben.

## 4.2.2 Standortübergreifend

Für alle untersuchten Standorte konnte wie im Ist-Zustand das Zusammenspiel von Witterung, Grundwasserdruckhöhe (entsprechend dem Verlauf der Flusswasserstände) und Bodenwasserhaushalt gezeigt werden. Unterschiede zum Bodenwasserhaushalt im Ist-Zustand fallen umso deutlicher aus, je stärker die zu erwartenden Änderungen der unteren Randbedingung, also Änderungen der aus den veränderten Flusswasserständen resultierenden Grundwasserdruckhöhen sind.



Wie für den Ist-Zustand gezeigt, besteht ein enger Zusammenhang zwischen der Tiefenlage der 300d-Sättigungslinie (also der Tiefe, bis zu der an 300 Tagen im Jahr eine vollständige Wassersättigung des Profils auftritt) zur jeweiligen mittleren Grundwasserdruckhöhe bei RNW sowie zur Oberkante von Gr-Horizonten (vgl. Totsche & Jaesche 2012 sowie Kap. 4.5.1 in emc 2012b, Anlage 2 zu diesem Bericht). Aus einer Änderung (Anhebung bzw. Absenkung) der Grundwasserdruckhöhe bei RNW resultiert eine Verschiebung (proportionale Anhebung bzw. Absenkung) der 300d-Sättigungslinie im Boden. Es ist daher davon auszugehen, dass es im Zuge (langfristig) veränderter Grundwasserverhältnisse auch zu einer entsprechenden Bodenentwicklung mit Verschiebung der Höhenlage der Horizontgrenze Go-/Gr-Horizonte kommt. Im Extremfall (Standorte KRB531/KRB532) kommt es bei Anhebung der Grundwasserstände bis nah unter die GOK zur Anhebung der Gr-Oberkante bis oberhalb 0,40 m und Bildung eines Nass- bzw. Anmoorgleyes. Auch die durchschnittliche Anzahl der in einem Profil in bestimmten Tiefen auftretenden Nässeperioden<sup>4</sup> bzw. Sättigungstage verändert sich entsprechend den Grundwasserverhältnissen, ihre Zahl nimmt bei einer Anhebung des Flusswasserspiegels zu, bei Absenkung ab.

So wurde für die 6 Modellstandorte zwischen Isarmündung und Mühlhamer Schleife mit teilweise stärkerer Anhebung des Grundwassers eine Zunahme der Nässeperioden im Tiefenbereich 0 – 30 cm von jährlich durchschnittlich 50 auf über 200 Tage simuliert, an den 5 Standorten im Bereich Deggendorf-Isarmündung mit vergleichsweise geringer Anhebung des Grundwassers eine Zunahme um lediglich 10 % auf dort im Mittel 140 Tage, und an den 4 Standorten unterhalb Mühlham mit geringer Grundwasserdruckabsenkung eine Abnahme um 5 % auf im Mittel 100 Tage. Umgekehrt konnte auch ein mehr oder weniger ausgeprägte Rückgang an Trockenperioden bei Anhebung bzw. eine Zunahme bei Absenkung der Grundwasserdruckhöhen quantifiziert werden. An den übrigen Standorten sind noch geringere Änderungen zum Istzustand vorhanden.

Im Ist-Zustand waren im Allgemeinen sehr hohe maximal auftretende Bodenwasserflüsse simuliert worden, maximale 14d-Flüsse erreichten in der Regel >100 mm/14d. Diese hohen Werte wurden auch für Variante C2,80 ermittelt, wobei insgesamt ein Rückgang der Maxima um rd. 2 % je Dezimeter Anhebung der Grundwasserdruckhöhe bei RNW zu verzeichnen ist.

### 4.3 Interpretation

Die Modellergebnisse veranschaulichen wie im Ist-Zustand die komplexen Zusammenhänge zwischen Bodeneigenschaften (Bodenaufbau, bodenhydraulische Parameter), Randbedingungen (Niederschlag/Verdunstung, Grundwasserdruck) und Einfluss der Vegetation (Wurzelverteilung, pot. Transpiration). Der Vergleich von Ergebnissen für Ist-Zustand und Variante C2,80 zeigt, dass mit Anhebung der Flusswasserstände und der damit einhergehenden Anhebung der Grundwasserdruckhöhen in einzelnen Bereichen auch grundsätzlich zunehmend feuchtere Bodenwasserverhältnisse auftreten. Differenzen zwischen Ist-Zustand und Variante C2,80 fallen dabei in einzelnen Jahren umso deutlicher aus, je trockener das Jahr verläuft bzw. je niedriger die Grundwasserdruckhöhen im Profil liegen. Generell führt eine Grundwasseranhebung zu einer proportionalen Anhebung der 300d-Sättigungslinie, dementsprechend zur Anhebung des durch reduzierenden Grundwassereinfluss gekennzeichneten Profilabschnittes (Obergrenze Gr-Horizonte) sowie zu

---

<sup>4</sup> Quantifiziert als Anzahl an in Nässeperioden liegenden Tagen





einer Mehrung bzw. Verlängerung von Nässeperioden. Bei Grundwasserabsenkung ist jeweils der entgegengesetzte Effekt zu beobachten. Aufgrund der nichtlinearen Zusammenhänge zwischen Standorteigenschaften und Randbedingungen sind zur Bewertung der Auswirkungen an einzelnen Standorten Modellrechnungen für den speziellen Einzelfall zu empfehlen.

## **5 Zusammenfassende Bewertung der Bodenwasser- dynamik unter Variante C2,80**

Die Grundlagen zur Bewertung der Bodenwasserdynamik im Untersuchungsgebiet wurden im Bericht zum Ist-Zustand (Totsche & Jaesche 2012) dargestellt und zusammengefasst. Zusätzlich wurden zur Berücksichtigung der Äquivalentleitfähigkeit in vegetationskundlichen Studien ergänzende Prognosen der im Szenario C2,80 zu erwartenden Äquivalentleitfähigkeiten erstellt, die an den betroffenen Bohrpunkten zu überwiegend geringfügigen Änderungen in der Einstufung führen (emc 2012a).

Als zentrales Werkzeug zur Bewertung des Bodenwasserhaushalts wurden für ausgewählte Standorte 1D-Modellierungen durchgeführt. Modellrechnungen der Szenarien C2,80 verwenden dieselbe Parametrisierung wie für den Ist-Zustand, berücksichtigen jedoch als geänderte untere Randbedingung den Verlauf der Grundwasserdruckhöhe bei Variante C2,80. Die Modellergebnisse veranschaulichen also das Ausmaß der Änderungen im Bodenwasserhaushalt als Folge der Änderungen in den Flusswasserständen.

Die grundsätzliche Dynamik im Bodenwasserhaushalt bleibt unter Variante C2,80 gegenüber dem Ist-Zustand im Allgemeinen unverändert. Mit zunehmender Anhebung der mittleren Druckhöhen resultiert im Boden eine Anhebung der Sättigungslinie, eine Anhebung des Tiefenbereiches mit überwiegend reduzierenden Verhältnissen und damit eine zunehmende Vergleyung, sowie eine Ausdehnung von Nässeperioden mit potentieller Beeinflussung des Lufthaushaltes. Bei Anhebung der Druckhöhe bei RNW bis nahe unter die Geländeoberkante erfolgt eine weitgehende Sättigung des Bodens mit entsprechend nur mehr eingeschränkter Dynamik und einer zu erwartenden Bodenentwicklung zu Nass- oder Anmoorgleyen. Zur Bewertung der Auswirkungen an einzelnen Standorten sind Modellrechnungen für den Einzelfall zu empfehlen.



## 6 Quellen

- Ad-hoc AG Boden (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung, 5. Auflage (KA5). Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (Hrsg.), Hannover, 438 S.
- Arbeitskreis Standortkartierung (2003): Forstliche Standortaufnahme. Begriffe, Definitionen, Einteilungen, Kennzeichnungen, Erläuterungen. Bearb. u. zugest. vom „Arbeitskreis Standortkartierung“ in der „Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung“. 6. Aufl., Eching, 352 S.
- emc (2011): Donauausbau Straubing-Vilshofen. Modellierung des Bodenwasserhaushaltes an charakteristischen Querschnitten: 1D- und 2D-Modellierungen, Modelldokumentation und Ergebnisse. emc Ges. zur Erfassung und Bewertung von Umweltdaten mbH, Erfurt. 17.02.2011.
- emc (2012a): Donauausbau Straubing-Vilshofen - EU-Studie. Rammkernsondierungen und bodenkundliche Aufbereitung: Entnahme von Bodenproben in Schürfgruben, Laboruntersuchungen und Auswertungen. emc Ges. zur Erfassung und Bewertung von Umweltdaten mbH, Erfurt. 31.10.2012.
- emc (2012b): Donauausbau Straubing-Vilshofen. Modellierung des Bodenwasserhaushaltes an charakteristischen Querschnitten: 1D- und 2D-Modellierungen, Modelldokumentation und Ergebnisse ergänzender 1D-Modellierungen an ausgewählten Standorten. emc Ges. zur Erfassung und Bewertung von Umweltdaten mbH, Erfurt. Version 2.1, 31.10.2012 (digitale **Anlage 2** zu diesem Bericht).
- RMD (2012): Donauausbau Straubing – Vilshofen. Untersuchung Bodenwasserdynamik, Ganglinienermittlung für die Bodenwasser-Modellierungen. RMD Wasserstraßen GmbH, München, 31.10.2012
- Totsche, K. U. (2012): Dichtigkeit von Böden unter besonderer Berücksichtigung der Bodentypen im Vorlandbereich der Donau zwischen Straubing und Vilshofen im Rahmen des Projekts „Donauausbau Straubing – Vilshofen“. Fachgutachterliche Stellungnahme. Lehrstuhl für Hydrogeologie, Friedrich-Schiller Universität Jena, 01.11.2012 (digitale **Anlage 1** zu diesem Bericht).
- Totsche, K. U., Jaesche, Ph. (2012): Untersuchungen zum Bodenwasserhaushalt im Rahmen der EU-Studie, Zusammenfassung Ist-Zustand. Lehrstuhl für Hydrogeologie, Friedrich-Schiller Universität Jena, 05.11.2012.





Jena, den 05.11.2012

gez. Prof. Dr. Totsche

---

Prof. Dr. K. U. Totsche  
Lehrstuhl für Hydrogeologie, FSU Jena

gez. Dr. Jaesche

---

Dr. Ph. Jaesche  
emc GmbH, Erfurt