



Simultec AG  
Hardturmstrasse 261  
8005 Zürich  
Tel. +41 44 563 86 20  
Fax. +41 44 563 86 29  
info@simultec.ch  
www.simultec.ch

Wasserwirtschaftsamt  
Regensburg  
Landshuter Strasse 59  
D-93053 Regensburg

Zürich, 19. September 2018

## Stellungnahme zur Bewertung des Grundwassermodells durch Prof. Malcherek

Sehr geehrter Damen und Herren

Zur Bewertung des Grundwassermodells durch Prof. Malcherek vom 7. September 2018 nehmen wir wie folgt Stellung:

### **1 Aufgabenstellung**

Prof. Malcherek beschreibt als Erstes die Aufgabenstellung für das Grundwassermodell. Seine Sichtweise entspricht nicht dem Auftrag des WWA Regensburg an die Arbeitsgemeinschaft Simultec - tewag. Der im November 2015 erteilte Auftrag umfasst weder ein umfassendes Grundwassermodell, welches die Ursachen aller bisherigen und zukünftigen Probleme mit dem Grundwasser erklären kann, noch die Überprüfung der am 9. April 2017 aufgestellten Thesen von Prof. Malcherek. Gemäß Ausschreibung des WWA sollten mit der Grundwassermodellierung die folgenden Ziele verfolgt werden:

- Berechnung der Auswirkungen des Flutpolderbetriebs auf die Grundwasserstände.
- Entwicklung von Vorschlägen für prinzipielle Abhilfemaßnahmen zur Beherrschung und Reduzierung des Grundwasseranstiegs.
- Gutachterliche Begleitung der Flutpolderplanung.
- Quantifizierung der Auswirkungen auf das Trinkwasserwerk Giffa.

Im Nachgang zur Ausschreibung wurde die Arbeitsgemeinschaft zusätzlich damit beauftragt, die Auswirkungen des Donauausbaus auf die Grundwasserverhältnisse zu untersuchen.

Das Konzept eines Grundwassermodells orientiert sich jeweils an der Zielsetzung. Bei einem Modell handelt es sich um eine Abstraktion der Wirklichkeit. Bei physikalischen Prozessen und Orten, welche für die Beantwortung der Fragestellung nicht relevant sind, weist es einen hohen Abstraktionsgrad auf, während es die wichtigsten Prozesse in Projektnähe detaillierter nachbildet.

## **2 Hydrogeologisches Modell, Modellkonzepte**

### **2.1 Beschränkung auf ein zweidimensionales Grundwassermodell**

Das hydrogeologische Modell wurde vorerst dreidimensional aufgebaut, da eine Verbindung eines durchlässigen Kreidehorizontes mit dem quartären Grundwasserleiter im Gebiet von Seppenhausen vermutet wurde. Aufgrund von Erkundungsbohrungen und geophysikalischen Untersuchungen konnte eine solche Verbindung ausgeschlossen werden. Das Modell wurde deshalb als zweidimensionales horizontales Modell ausgeführt. Mit einer horizontalen Ausdehnung von 10 Kilometern, und einer Grundwassermächtigkeit von 10 Metern kann die Grundwasserströmung als horizontal betrachtet werden. Eine Strömung in der dritten Dimension tritt nur bei der Durchsickerung des ungesättigten Bereiches, sowie allenfalls bei der Unterströmung von Dichtwänden auf. Die vertikale Durchsickerung des ungesättigten Bereiches lässt sich jedoch genauer durch Bodenspeichermodelle abbilden. Diese Modelle haben sich in der Praxis der Grundwassermodellierung bewährt. Es gibt eine große Anzahl von internationaler Fachliteratur zu diesem Thema. Die Unterströmung der Dichtwand lässt sich nicht von der horizontalen Durchströmung der Wand abgrenzen. Beide Effekte können nicht a priori im Modell vorgegeben werden, sondern können nur als Ganzes durch die Kalibrierung bestimmt werden. Die Wahl eines zweidimensionalen Modells ist also begründet und richtig.

### **2.2 Beschränkung auf eindimensionale Gewässerrandbedingungen**

Im Grundwassermodell ist der Austausch zwischen Oberflächengewässern und Grundwasser mit Hilfe eindimensionaler Strukturen nachgebildet. In Wirklichkeit weist die Donau eine Breite von bis zu 300 m auf. Die Donau könnte im Modell also flächenhaft abgebildet werden. Allerdings ist nicht bekannt, ob der Austausch mit dem Grundwasser über die Fläche verteilt, oder konzentriert entlang einer Rinne oder der Ufer stattfindet. Für eine genauere Auflösung fehlen also die Grundlagen. Für die Nachbildung der Grundwasserströme außerhalb der Donau ist es zudem unerheblich, wo genau der Austausch stattfindet. Entscheidend ist die gute Nachbildung der Wassermenge, welche zwischen Donau und Grundwasser ausgetauscht wird. Die gute Übereinstimmung wird mit der guten Nachbildung der Pumpmengen der Schöpfwerke nachgewiesen.

## **3 Modellaufbau, Kalibrierung und Validierung**

Prof. Malcherek erläutert in diesem Kapitel die Modellkalibrierung im Allgemeinen, sowie die automatische Modellkalibrierung im Speziellen. Es muss hier festgehalten werden, dass die erläuterten Vorgehensweisen, mit zeitlich variablen Parametern, in der Grundwassermodellierung nicht üblich sind und im vorliegenden Modell auch nicht angewendet wurden. Dies wurde im Bericht zur Modellerstellung auch klar dargestellt. Erläuterungen zur Vorgehensweise bei der Kalibrierung von Grundwassermodellen finden sich in der Fachliteratur. Die Darstellung einer falschen Vorgehensweise durch Prof. Malcherek ist deshalb an dieser Stelle nicht hilfreich und höchstens manipulativ.

Das von Prof. Malcherek postulierte Ideal eines kalibrierungsfreien Modells wird in der Grundwassermodellierung nicht angestrebt. Die Laborbestimmung der Durchlässigkeit an einem Bohrkern ist nur dann möglich, wenn ungestörte Bodenproben entnommen werden können, also bei bindigen Böden. Dies ist hier nicht der Fall. In Grundwasserleitern werden zur Bestimmung von Durchlässigkeitswerten üblicherweise Pumpversuche durchgeführt. Deren Aussageradius ist von der Dauer des Versuchs abhängig und in der Regel klein im Verhältnis zu den Größenordnungen eines Grundwassermodells. Die Kalibrierung von Grundwassermodellen an Messdaten des Grundwasserspiegels ist also ein erforderlicher Arbeitsschritt.

Die Ausführungen von Prof. Malcherek zur Nicht-Eindeutigkeit von Kalibrierungen sind grundsätzlich korrekt. Das angeführte Beispiel, bei dem zwei Durchlässigkeitszonen mit Hilfe einer einzigen Messung bestimmt werden, ist jedoch irreführend. Beim vorliegenden Grundwassermodell wurden 60 Durchlässigkeitszonen und 20 Leakagezonen anhand von 68'000 Messungen des Grundwasserspiegels in 320 Messstellen und etwa 2500 Messungen der Fördermenge in 8 Schöpfwerken kalibriert. Die gegenseitige Abhängigkeit der Parameter wurde zudem mit einer Kovarianzanalyse untersucht. Das Vorgehen bei nicht vermeidbaren Abhängigkeiten wurde im Bericht aufgezeigt.

Prof. Malcherek bemängelt in seiner Bewertung vom 07.09.2018, dass für den Aufbau des Grundwassermodells keine Durchlässigkeitsversuche durchgeführt wurden. Dies ist nicht korrekt. Es wurden sowohl an den Deckschichten wie auch im Grundwasserleiter Labor- und Feldversuche zur Bestimmung der Durchlässigkeit vorgenommen. Diese sind in Kapitel 2.2 des Berichts zum hydrogeologischen Modell zusammengefasst und in den Anlagen 3 und 4 detailliert dokumentiert.

#### **4 Bewertung der Kalibrierungsergebnisse**

Bei der Bewertung der Kalibrierungsergebnisse stützt sich Prof. Malcherek allein auf die Abweichungen des Modells von den Messungen am 28.03.1988. Bei Hochwasserereignissen wie jenem von 1988 sind die Verhältnisse in Donaunähe sehr komplex. Der Donauwasserspiegel steigt über die Geländeoberfläche an. Dadurch werden Flächen, welche nicht durch Deiche geschützt sind, überflutet, in den Flächen hinter den Deichen tritt entweder Qualmwasser aus oder das Grundwasser wird an den Deckschichten gespannt. In Drainagegräben kann sich Wasser zurückstauen. In solchen Situationen gestaltet sich auch die Messung des Grundwasserstandes schwierig. Pegelschreiber stoßen an die Grenzen des Aufzeichnungsbereichs, durch offene Messrohre kann gespanntes Grundwasser ausfließen oder Oberflächenwasser eindringen. Im Bericht zum Grundwassermodell wurden die Abweichungen an Hand von drei Messstellen erläutert. Daraus wird auch ersichtlich, dass das Modell die Bewegungen des Grundwasserspiegels mit Ausnahme der Hochwasserspitze sehr gut nachbildet und dass mindestens ein Teil der Abweichungen auf Messfehler zurückzuführen sind. Mittels Sensitivitätsstudien wurde dargelegt, dass das Modell auf verschiedene Randbedingungen („überflutet“, „gespannt“, „drainiert“) sensitiv reagiert.

Eine Verbesserung der Übereinstimmung der Hochwasserspitze von 1988 wäre nur über eine Verschlechterung der Übereinstimmung in den übrigen nachgebildeten Zeiträumen oder durch ein lokales Umschalten von Randbedingungen oder Speicherkoeffizienten während des Ereignisses möglich. Da die Nachbildung des Hochwassers von 1988 nicht primäres Ziel des Modells ist, wird darauf verzichtet. Auch eine genauere Analyse jeder einzelnen Messreihe ist 30 Jahre nach dem Ereignis kaum mehr möglich. Die Messrohre sind nur noch zum Teil erhalten geblieben und auf die Originalaufzeichnungen kann nicht mehr zugegriffen werden.

Im Bericht ist zudem eine Darstellung der deutlich kleineren Abweichungen beim Hochwasser 1999 enthalten. In einem weiteren Bericht wurde das Hochwasser 2013 nachgebildet und die Speicherkoeffizienten für den Bereich der Niederterrasse nachkalibriert. Dadurch konnten die durch Prof. Malcherek bemängelten, zu tiefen Modellwerte in diesem Bereich verbessert werden.

Prof. Malcherek folgert aufgrund der Abweichungen vom 28.03.1988 auf systematische Abweichungen des Modells und zieht daraus Schlüsse auf mögliche Verbesserungen der Durchlässigkeitswerte einzelner Zonen. Für eine Beurteilung der Durchlässigkeitswerte reicht es jedoch nicht aus, einen einzelnen Zeitpunkt zu betrachten. Bei der instationären Kalibrierung muss eine Parameteranpassung aus der Gesamtheit aller Zustände gefolgert werden. Bei der Kalibrierung wurde neben der Minimierung der mittleren Abweichung auch ein großes Gewicht auf die korrekte Nachbildung des zeitlichen Verlaufs der Grundwasserstände und Fördermengen der Schöpfwerke gelegt. Die gute Übereinstimmung des zeitlichen Verlaufs der Grundwasserstände ist im Bericht an 21 gleichmäßig über das Modellgebiet verteilten Messstellen dokumentiert. Wird der gesamte Kalibrierungszeitraum betrachtet, so kann in keinem der durch Prof. Malcherek aufgeführten Bereiche eine systematische Abweichung festgestellt werden.

## **5 Auswirkungen der Staustufe Geisling auf die Grundwasserstände**

### **5.1 Allgemeine Aussagen**

Das Grundwassermodell bestätigt die Aussage von Prof. Malcherek, dass der Bau der Staustufe Geisling zu einem Anstieg der mittleren Grundwasserstände im Nahbereich der Donau geführt hat. Im Bericht der Simultec AG wird jedoch auch gezeigt, dass gleichzeitig die maximalen Grundwasserstände gesenkt wurden.

Prof. Malcherek belegt seine Aussage durch die im Gutachten vom 7. April 2017 dargestellte Datenauswertung. Dabei wurden die Messdaten der Zeiträume vom 01.01.1961 bis 31.12.1984 und 01.03.1986 bis 01.03.1996 für jede Messstelle gemittelt. Anschließend wurden die Differenzen der beiden Mittel in einem Dreiecksnetz linear interpoliert. Einen Ausschnitt aus der Datenauswertung zeigt Fig. 1. In der Figur wurden die Messstellennamen ergänzt. Zudem wurde die Geländestufe, welche die Grenze zwischen den Niederterrasse-schottern und der Auestufe darstellt, eingezeichnet.

In der Darstellung fällt auf, dass oberhalb der Geländestufe nur die beiden Messstellen R51A und R49A eine positive Differenz aufweisen. In den übrigen Messstellen ist die Differenz null oder negativ. Die roten Flächen oberhalb der Geländestufe ergeben sich durch die Interpolation zwischen diesen Messstellen und den benachbarten, zum Beispiel R45, R49 oder R52. Bei der Messstelle R51A handelt es sich um den Gewässerpegel des Mühlbachs, bei der Messstelle R49A um jenen des Röhretgrabens. Bei der Interpolation wurden also Wasserspiegel von Oberflächengewässern mit solchen des Grundwassers gemischt. Für eine Aussage zum Grundwasserspiegel ist dies nicht zulässig. Würden nur die Grundwasserspiegel betrachtet, würde die rote Fläche oberhalb der Geländestufe verschwinden.

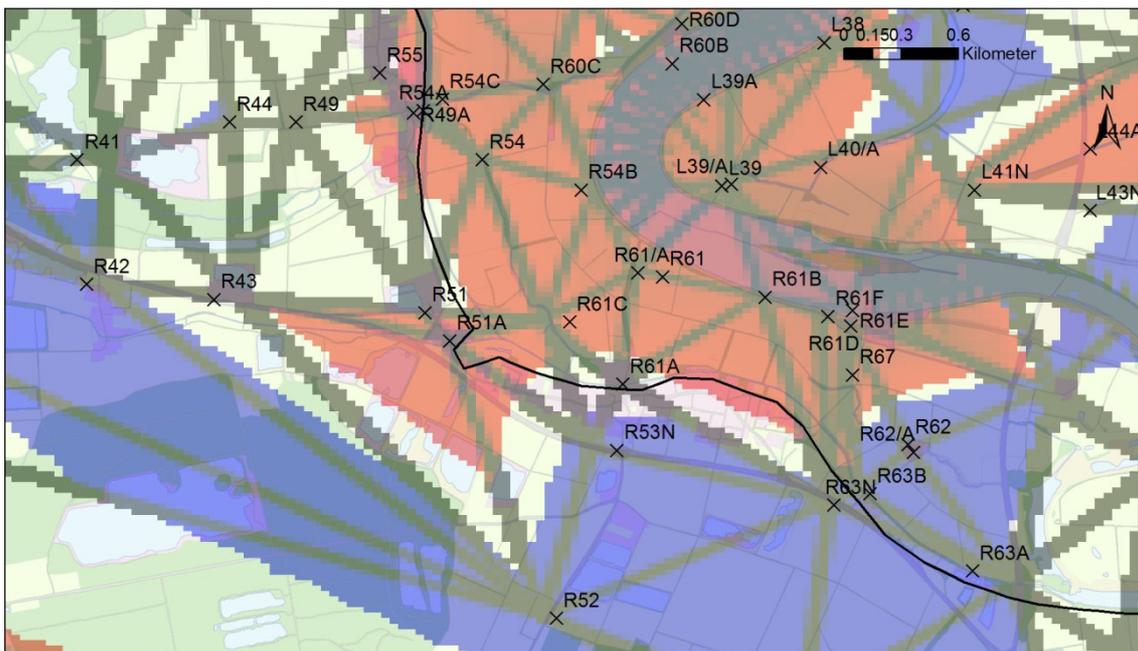


Fig. 1: Ausschnitt aus der Auswertung von Prof. Malcherek zur Staustufe Geisling. Rot: Grundwasseranstieg, blau: Grundwasserabsenkung. Die Darstellung wurde entzerrt und ergänzt durch die Terrassenkante (schwarze Linie) und die Messstellenbezeichnungen.

## 5.2 Frenkhofen

In der Stellungnahme von Prof. Malcherek wird behauptet, das Grundwassermodell würde im Bereich von Frenkhofen die Messungen um Meter verfehlen. Der Bereich von Frenkhofen wird im Grundwassermodell mit einer einzigen Durchlässigkeitszone abgebildet. Trotzdem sind die Übereinstimmungen mit den Messungen nicht so schlecht wie Prof. Malcherek schreibt. Die größten Abweichungen treten beim Hochwasser 1988 mit lokal bis zu 1.5 m auf. Im restlichen Modellzeitraum betragen die Abweichungen wie im übrigen Modell im Mittel etwa 20 cm.

Eine weitere Verfeinerung des Modells ist in diesem Gebiet für die Erreichung der Zielsetzung nicht notwendig. Die genaue Lage von Leckstellen ist für die Prognose der Auswirkungen der Poldervarianten nicht relevant. Wichtig ist lediglich, dass die gesamte Wassermenge, welche durch die Dichtwand in den Projektbereich gelangt, richtig abgebildet wird. Dies wird durch die Nachbildung der Fördermengen des Schöpfwerks Demling gezeigt.

### 5.3 Staustufe Geisling

In der Zusammenfassung behauptet Prof. Malcherek, die Modellergebnisse oberstrom der Stauanlage Geisling seien beim Hochwasser 1988 systematisch zu niedrig. Daraus schließt er auf eine zu geringe Durchlässigkeit der Schmalwand. Die Abweichungen sind am 28.3.1988 mit 8 cm in R61D, -1 cm in R61F, 3 cm in R61B, -6 cm in H41, -21 cm in R61A jedoch sehr klein und nicht systematisch. Zudem existiert bei der Staustufe Geisling die Messstelle R61E, welche zwischen Dichtwand und Donau angeordnet ist. In dieser Messstelle beträgt die Abweichung beim Hochwasser 1988 7 cm. Die Grundwasserspiegeldifferenz von 2.8 m zwischen den innen und aussen an der Dichtwand liegenden Messstellen R61D und R61E wird im Modell also auf 1 cm genau wiedergegeben. Eine gute Übereinstimmung wird auch im übrigen Modellzeitraum erreicht. Dies zeigt, dass die Dichtwanddurchlässigkeit in der Kalibrierung korrekt bestimmt wurde.



Fig. 2: Situation bei der Staustufe Geisling

## 6 Auswirkungen der Staustufe Straubing auf die Grundwasserstände

Bei den Anmerkungen zum Bericht über die Auswirkungen der Staustufe Straubing streicht Prof. Malcherek vorerst die Gemeinsamkeiten mit seiner Datenanalyse vom 9. April 2017 heraus. Am Schluss bezeichnet er jedoch die Resultate des Grundwassermodells auf der linken Donauseite als falsch. Er begründet dies mit den Unterschieden der von ihm durchgeführten Datenanalyse zu den im Modell berechneten Differenzen. Insbesondere sei die Ausdehnung des Grundwasseranstieges bei Mittelwasser in Richtung Wörth im Modell zu klein. Betrachtet man jedoch die Datenauswertung von Prof. Malcherek genauer, so fallen auch hier wieder Unstimmigkeiten auf. Bei den Messstellen L59B und L57A, resp. L57A/A handelt es sich um Lattenpegel im Altarm der Donau und beim Schöpfwerk Tiefenthal. Weitere Messstellen mit positiver Differenz sind L50/A, L54 und L55/A. Es handelt es sich dabei zwar um Grundwassermessstellen, die nachgerechneten Differenzen betragen dort jedoch lediglich 13, 20 und 19 cm. Bei den Resultaten der Grundwassermodellierung wurden nur

Änderungen grösser als 25 cm dargestellt, da dies etwa der Modellgenauigkeit entspricht. Die entsprechende Fläche ist dort deshalb nicht eingefärbt.

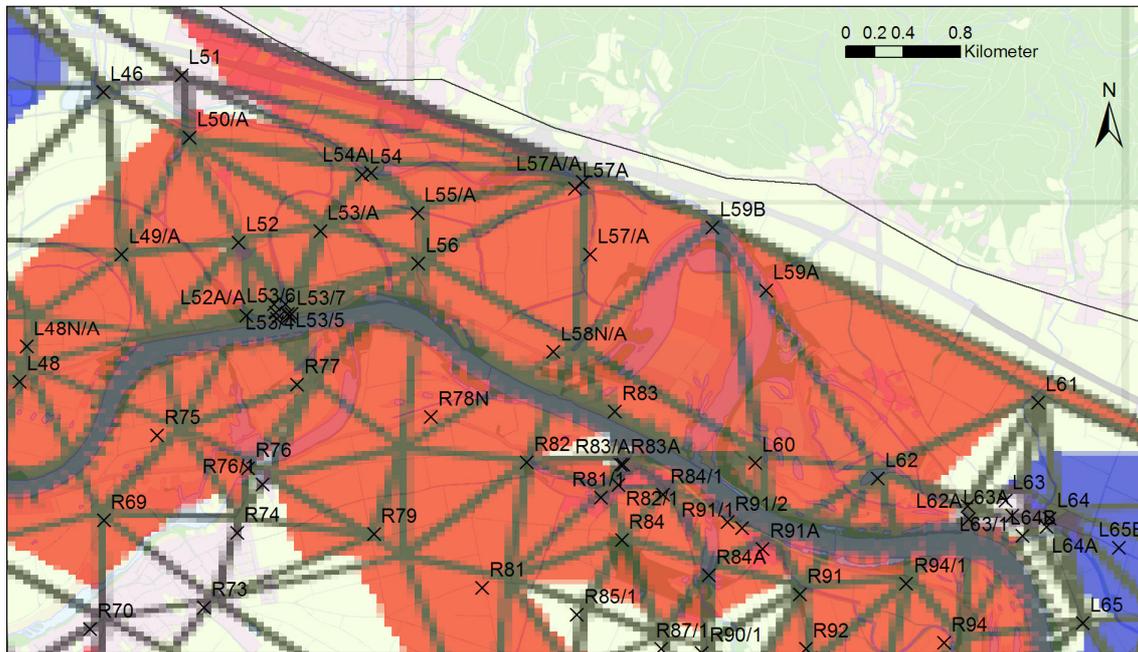


Fig. 3: Ausschnitt aus der Auswertung von Prof. Malcherek zur Staustufe Straubing. Rot: Grundwasseranstieg, blau: Grundwasserabsenkung. Die Darstellung wurde entzerrt und ergänzt durch die Messstellenbezeichnungen.

Die Datenauswertung von Prof. Malcherek hält wissenschaftlichen Anforderungen nicht stand. Neben der Vermischung von Oberflächenpegeln und Grundwasserständen können folgende Mängel aufgeführt werden:

- Es werden Zeiträume mit unterschiedlichen klimatischen Bedingungen verglichen, ohne die Unterschiede zu dokumentieren.
- Die Resultate sind nicht lesbar, da für Grundwasserabsenkung und -anstieg praktisch einheitlich blaue und rote Farbtöne verwendet wurden.
- Es wird nicht dokumentiert, welche Messstellen verwendet resp. weggelassen wurden.
- Es wird nicht dokumentiert, wie mit Messfehlern umgegangen wurde.
- Die Messungen umfassen abhängig von der Messstelle unterschiedliche Zeiträume. Dies wird nicht dokumentiert.
- Die verglichenen Zeiträume entsprechen nicht Zuständen vor und nach Inbetriebnahme der Staustufe. Die Inbetriebnahme erfolgte zu Beginn des Jahres 1995.

Es kann aus diesen Gründen nicht akzeptiert werden, dass Prof. Malcherek aus den Unterschieden zwischen seiner Datenauswertung und den Modellaussagen den Schluss zieht, das Modell sei falsch. Für einen Vergleich müssten zudem die Resultate der Datenauswertung in einer Farbabstufung vorliegen, welche überhaupt einen Vergleich erlaubt.

## **7 Grundwasserhochstand im März 2013**

Die Nachbildung des Grundwasserhochstandes im Jahr 2013 wurde am jour fixe vom 17.10.2017 durch Herrn Lichtl als Sprecher der IV GW-Geschädigte der Gemeinde Pfatter verlangt. Die Unterstützung bei der Erklärung von Kellervernässungen muss als Erweiterung der Modellaufgabe betrachtet werden. Für diese Fragestellung musste deshalb das Modell im Bereich Pfatter – Griesau überarbeitet werden.

Gemäß Aussage von Spezialisten (Klaus Bücherl, tewag GmbH, Oliver Bauer, Geobüro Ulm) sind Kellervernässungen nur in seltenen Fällen auf Grundwasserhochstände zurückzuführen. Kellervernässungen müssen im Einzelfall unter Berücksichtigung der lokalen Situation (Hinterfüllung, Abdichtung, Höhe und Neigung von Gelände und lokalen Stauerschichten, etc.) durch ein geotechnisches Büro abgeklärt werden. Eine Interpretation der Modellergebnisse ohne Einbezug der lokalen Umstände ist nicht sinnvoll. Die Nachbildung der Grundwasserhochstände mit dem Modell kann deshalb höchstens als Beitrag zu detaillierteren Abklärungen betrachtet werden, sofern diese durch die Eigentümer veranlasst werden.

Die im Jahr 2018 durchgeführte Nachkalibrierung des Modells am Zeitraum von 2010 bis 2017 ist im Bericht zum Grundwasserhochstand 2013 dokumentiert. Die Nachkalibrierung wurde möglich, weil das Wasserwirtschaftsamt im Jahr 2016 ein neues Messstellennetz erstellt hat. Die resultierenden Durchlässigkeitswerte und Speicherkoeffizienten sind im Bericht zum Modelleinsatz dargestellt. Wir sind uns mit Prof. Malcherek einig, dass der Kalibrierungsbericht thematisch der bessere Ort für die Dokumentation der Nachkalibrierung ist. Die Simultec AG wurde in der Zwischenzeit mit einer Ergänzung des Berichts beauftragt.

Bei der Nachkalibrierung handelt es sich um eine Modellpflege im Sinne der technischen Regel DVGW W 107 (A). Es ist dabei nicht erforderlich, alle zuvor durchgeführten Kalibrierungs- und Validierungsrechenläufe zu wiederholen. Zur Validierung der Nachkalibrierung wurde der Zeitraum 1997 – 1999 eingesetzt. Die Validierung wurde im Bericht zum Grundwasserhochstand dokumentiert.

### **7.1 Grundwasserhochstände in Pfatter und Griesau**

Prof. Malcherek stellt fest, dass die Ursachen der langandauernden Grundwasserhochstände in Pfatter und Griesau mit dem Modell nicht identifiziert wurden. Dies stimmt für die vorgelegten Berichte. Jedoch wurde am jour fixe vom 11.10.2017 die Nachbildung des Grundwasserhochstandes vom Januar 2003 präsentiert. Als Ursache für diesen Hochstand wurden die grossen Niederschlagsmengen im Winter 2002 / 2003 identifiziert. Es wurde auch gezeigt, dass die langandauernde Vernässung der Oberflächen durch die schlechte Durchlässigkeit der Deckschicht und damit das verzögerte Einsickern des Niederschlages bedingt sein kann.

## 8 Zusammenfassung

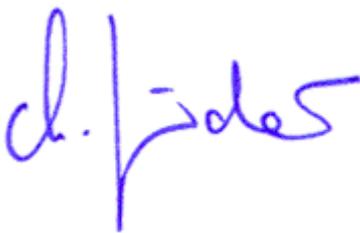
In der zusammenfassenden Bewertung stellt Prof. Malcherek fest, dass das Modell gut validiert und damit aussagefähig sei. Er weist nochmals auf vier Unstimmigkeiten hin, welche aus seiner Sicht bestehen:

1. Modellabweichungen bei Frenkhofen
2. Auswirkungen der Staustufe Straubing am linken Donauufer bis nach Wörth
3. Zu geringe Schmalwanddurchlässigkeit oberstrom der Staustufe Geisling
4. Ergänzung des Kalibrierungsberichts durch Ergebnisse der Nachkalibrierung

Die Punkte 2 und 3 wurden durch obenstehende Ausführungen widerlegt. Eine Ergänzung des Kalibrierungsberichts (Punkt 4) wurde bereits im Juli durch das WWA zugesichert. Eine Modellpflege beinhaltet jedoch nicht die Wiederholung aller bisher durchgeführten Berechnungen. Die beim Hochwasser 1988 auftretenden lokalen Abweichungen bei Frenkhofen (Punkt 1) sind aus unserer Sicht tolerierbar, da lokale Durchlässigkeitsunterschiede in diesem Gebiet die Aussage des Modells bezüglich der Auswirkungen der geplanten Flutpolder nicht beeinflussen.

Zusammenfassend kann deshalb festgehalten werden, dass das Grundwassermodell für die Prognose der Polderflutungen eingesetzt werden kann und aussagefähig ist.

Mit freundlichen Grüßen,  
Simultec AG



Christian Gmünder

## 9 Literaturhinweise

Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., Smith M. (2006): Crop Evapotranspiration. *FAO Irrigation and Drainage Paper No 56*.

DVGW (2016): Aufbau und Anwendung numerischer Grundwassermodelle in Wassergewinnungsgebieten, *Technische Regel – Arbeitsblatt DVGW W 107 (A)*.