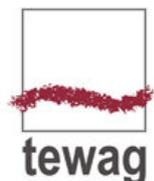




Grundwassermodell Flutpolder Eltheim und Wörthhof

Auswirkungen der Staustufe Straubing auf die Grundwasserspiegel

Januar 2018



Arbeitsgemeinschaft Simultec – tewag

Simultec AG, Hardturmstr. 261, CH-8005 Zürich, +41 44 563 86 20, www.simultec.ch

tewag GmbH, Blumenstr. 24, D-93055 Regensburg, +49 941 208633-60, www.tewag.de

Grundwassermodell Flutpolder Eltheim und Wörthhof, Auswirkungen
der Staustufe Straubing auf die Grundwasserspiegel

Inhalt

1	Einleitung, Ziel	1
2	Vorgehen	2
2.1	Vorgehenskonzept.....	2
2.2	Wahl von Vergleichszeiträumen.....	2
2.2.1	Zeitraum der Bauarbeiten	2
2.2.2	Klimatische Bedingungen	3
2.2.3	Kolmation der Donausohle	5
3	Einsatz des Grundwassermodells	6
3.1	Randbedingungen im Bereich der Stauhaltung Straubing	6
3.2	Grenzen der Modellaussagekraft	6
3.3	Fallstudien	8
3.4	Vergleich 1993 – 2007	8
3.5	Vergleich 1993 mit und ohne Staustufe Straubing.....	9
3.6	Vergleich 2007 mit und ohne Staustufe Straubing.....	11
3.7	Hochwasser 1988 mit und ohne Staustufe Straubing.....	12
4	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	14
5	Literatur	15

1 Einleitung, Ziel

Vorgeschichte

Die Staustufe Straubing wurde in den Jahren 1983 bis 1995 erstellt. Mit dem Aufstau wurde der Wasserspiegel der Donau erhöht. Da die Donau mit dem umgebenden Grundwasserleiter verbunden ist, wurden die Sperre und die Donaudämme entlang der Stauhaltung mit einer Dichtwand versehen. Landseitig wurde eine Binnenentwässerung erstellt. Das anfallende Wasser wird mit Schöpfwerken in die Donau zurück gepumpt.

Bestehende Untersuchung

Nach dem Aufstau der Staustufen Geisling und Straubing beklagten sich Anwohner über ungewöhnlich hohe Grundwasserstände. Das Landratsamt Regensburg beauftragte Prof. Malcherek von der Universität der Bundeswehr München mit einer Untersuchung. Aufgrund eines Vergleichs der gemittelten gemessenen Grundwasserspiegel der Zeiträume 1961 – 1984, 1986 – 1996 und 1997 - 2015 kam dieser zum Schluss, dass sich die flussnahen Grundwasserstände durch den Donauausbau erheblich erhöht haben [1].

Grundwassermodell

Im Rahmen des Raumordnungsverfahrens für die Flutpolder Eltheim und Wörthhof wurde ein Grundwassermodell erstellt [4][5]. Es umfasst den Schottergrundwasserleiter zwischen Regensburg und Pondorf. Mit Hilfe dieses Modells wurden die Auswirkungen der Staustufe Geisling quantifiziert [6]. Die Staustufe Straubing liegt ausserhalb des Grundwassermodells. Der oberste Abschnitt der Stauhaltung wird jedoch im Modell erfasst. Mit dem Modell sollen deshalb zusätzlich die Auswirkungen dieses obersten Abschnitts bestimmt werden.

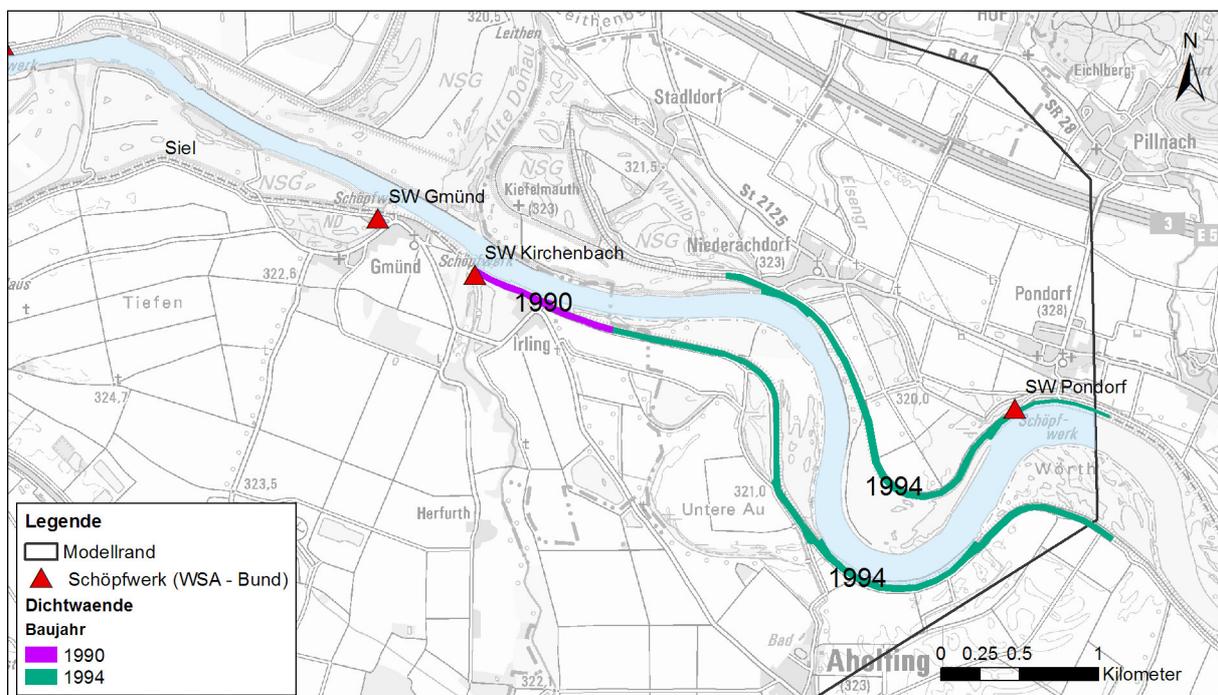


Abbildung 1: Lage und Baujahr der Dichtwände der Staustufe Straubing.

2 Vorgehen

2.1 Vorgehenskonzept

Problematik	<p>Ein direkter Vergleich zwischen den Zuständen vor und nach dem Bau der Staustufe Straubing ist praktisch unmöglich, da die Grundwasserstände gleichzeitig durch Bauarbeiten, veränderliche klimatische Bedingungen und die zunehmende Kolmatierung der Donausohle beeinflusst wurden.</p> <p>Um diese Faktoren möglichst auszuschliessen wurden die beiden folgenden Vorgehensweisen gewählt:</p>
Lösungsansatz 1	<p>Für die Zustände vor und nach dem Bau der Staustufe wurde je ein Zeitraum gesucht, bei welchem die klimatischen Bedingungen im Mittel praktisch gleich sind. Damit können die Auswirkungen der klimatischen Randbedingungen ausgeschlossen werden. Bei der Quantifizierung der Auswirkungen verbleiben nur noch die Kolmation und allfällige Beeinflussungen durch Bauarbeiten.</p>
Lösungsansatz 2	<p>Mit dem Grundwassermodell steht ein Instrument zur Verfügung, mit welchem die einzelnen Einflussfaktoren voneinander getrennt betrachtet werden können. Für den Vergleich wurde ein einziger klimatische Zeitraum verwendet. Dabei wurden in einer Modellvariante die Elemente der Stauhaltung eingebaut und in einer zweiten Modellvariante nicht. Aus dem Vergleich der beiden Varianten errechnet sich die durch die Stauhaltung verursachte Veränderung des Grundwasserspiegels.</p>

2.2 Wahl von Vergleichszeiträumen

2.2.1 Zeitraum der Bauarbeiten

Bauarbeiten	<p>Vom Baubeginn im Jahr 1983 bis zum Aufstau der Staustufe Straubing im Jahr 1995 wurden im Modellgebiet praktisch jedes Jahr Bauarbeiten ausgeführt, welche den Grundwasserspiegel beeinflussen. Da nur die Auswirkungen im obersten Abschnitt des Stauraums betrachtet werden, beschränken sich die baulichen Eingriffe auf den Zeitraum 1990 bis 1995:</p>
1990	<p>Bau des obersten Dichtwandabschnitts und Inbetriebnahme des Schöpfwerks Gmünd</p>
1991	<p>Inbetriebnahme der Schöpfwerke Kirchenbach und Pfatter</p>
1994	<p>Bau der Dichtwand im Modellbereich. Inbetriebnahme des Schöpfwerks Pondorf. In diese Periode fällt vermutlich auch ein Ausbau der Binnenentwässerung.</p>
1995	<p>Aufstau der Staustufe Straubing</p>

2.2.2 Klimatische Bedingungen

Einflussfaktoren Neben der Beeinflussung durch Bauarbeiten wurden die Grundwasser-
 verhältnisse auch durch die klimatischen Bedingungen und die
 Abflüsse der Donau und deren Nebengewässer beeinflusst. Als Er-
 stes wurde deshalb untersucht, ob und in welchen Zeiträumen die kli-
 matischen Bedingungen vor und nach dem Bau der Staustufe
 Straubing vergleichbar sind. Massgebend sind insbesondere die Do-
 nauabflüsse und die Grundwasserneubildung. Dabei interessieren
 sowohl Mittel- wie Spitzenwerte.

Auswertungen Abbildung 2 zeigt den Donauabfluss von 1970 bis 2014, zusammen
 mit den Bauphasen der Staustufen Geisling und Straubing. Abbildung
 3 und Abbildung 4 zeigen die klimatischen Bedingungen über ein und
 fünf Jahre gemittelt. Für den Vergleich der Zustände vor und nach
 dem Bau der Staustufe Straubing muss ein Zeitraum zwischen 1985
 und 1995 und ein Zeitraum nach 1995 gefunden werden, bei wel-
 chem die Verhältnisse ähnlich sind.

Resultate Es zeigt sich, dass die Jahre 1993 und 2007 klimatisch vergleichbar
 sind und etwa dem langjährigen Mittel entsprechen. Diese Zeiträume
 wurden deshalb für den Vergleich der Zustände vor und nach dem
 Bau der Staustufe Straubing ausgewählt.

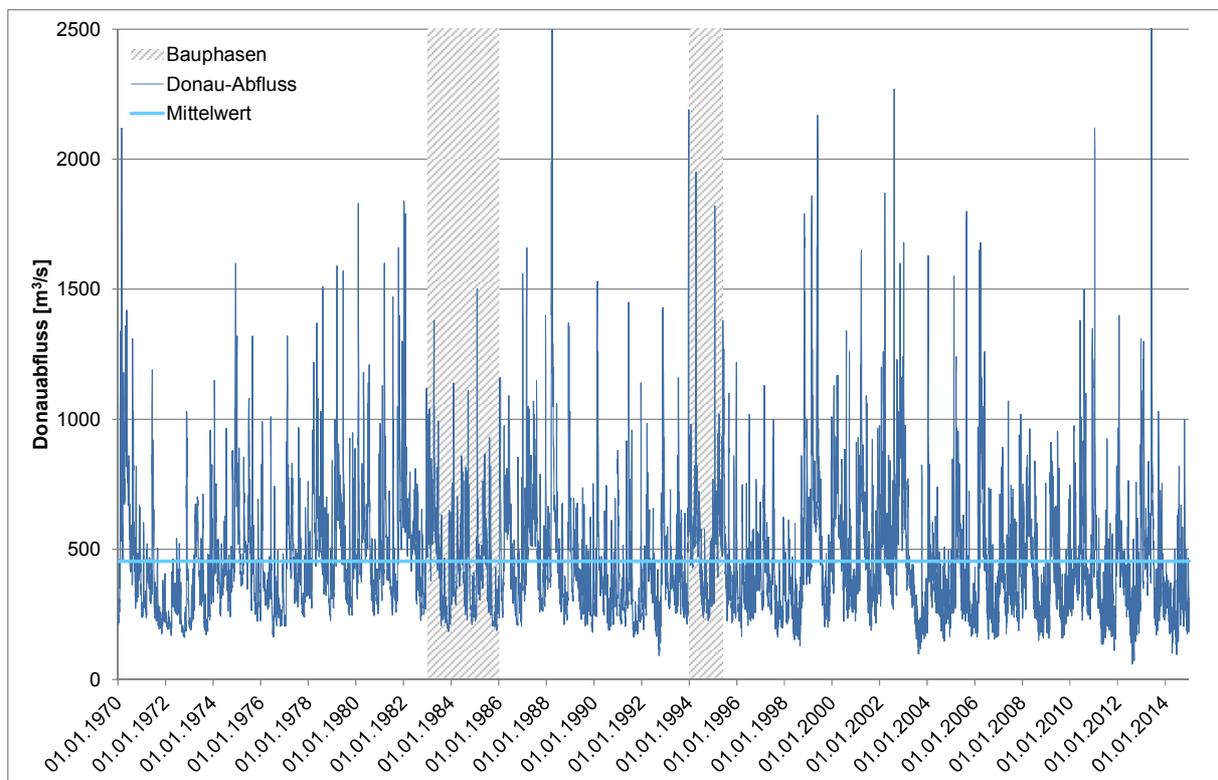


Abbildung 2: Abflussmenge der Donau bei Schwabelweis

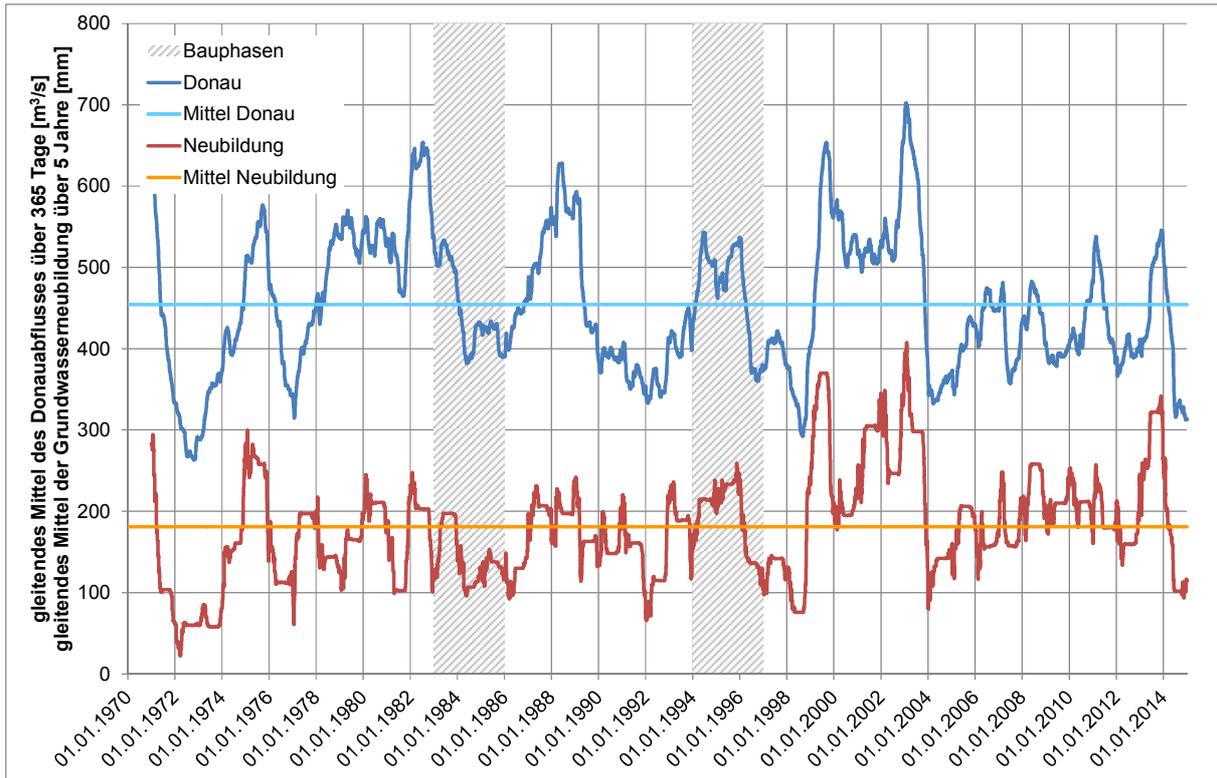


Abbildung 3: Gleitendes Jahresmittel des Donauabflusses und der Grundwasserneubildung auf Ackerfläche (Hackfrüchte)



Abbildung 4: Gleitendes Mittel über 5 Jahre des Donauabflusses und der Grundwasserneubildung auf Ackerfläche (Hackfrüchte)

2.2.3 Kolmation der Donausohle

Ablagerung von
Feinmaterial

Beim Aufstau der Donau durch die Staustufe Geisling wurde die Fließgeschwindigkeit im Stauraum deutlich reduziert. In der Folge lagerte sich an der Donausohle feineres Geschiebe ab, welches die Sohle kolmatierte. Die Sohlendurchlässigkeit nimmt deshalb seit dem Aufstau ab. Dies konnte mit dem Grundwassermodell anhand der Schöpfwerksdaten des Schöpfwerks Auburg nachvollzogen werden.

Eine Kolmation ist auch im Stauraum der Staustufe Straubing zu erwarten. Da das Grundwassermodell nur den obersten Bereich des Stauraums umfasst, kann die Entwicklung mit dem Grundwassermodell nicht exakt quantifiziert werden.

3 Einsatz des Grundwassermodells

3.1 Randbedingungen im Bereich der Stauhaltung Straubing

Modellumriss	Der Modellumriss enthält knapp einen Drittel des Stauraums der Stauhaltung Straubing. Von den sieben Schöpfwerken, welche während des Baus der Staustufe Straubing errichtet wurden, liegen drei innerhalb des Modells. Die Schöpfwerke Gmünd und Kirchenbach liegen allerdings westlich der Dichtwand und das Schöpfwerk Pondorf fördert neben Grundwasser auch eine grosse Menge an Wasser, welches vom nördlichen Talrand zuströmt.
Ostrand	Am Ostrand des Modells wurde der Modellrand zwischen Schönach und Aholting entlang einer Stromlinie gelegt, d.h. als undurchlässig betrachtet. Zwischen Aholting und der Donau wird aus der Potentialdifferenz zwischen dem Randpotential und der Oh ein Abfluss berechnet.
Staustufe Straubing	<p>Der Aufstau der Staustufe Straubing wurde mit folgenden Elementen im Modell berücksichtigt:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Der Wasserstand der Donau wird aus dem Donaumodell des Jahres 2013 berechnet (Donauquerschnitte und vorgegebenes Stauziel). – Den Dichtwänden wird eine Durchlässigkeit von 2×10^{-6} m/s zugeordnet – Dem Drainagegewässer zwischen Irling und Aholting wird eine um den Faktor drei erhöhte Sohlendurchlässigkeit zugeordnet.

3.2 Grenzen der Modellaussagekraft

Problematik	<p>Aufgrund des begrenzten Umrisses ist das Grundwassermodell nicht in der Lage, die Durchlässigkeit der Dichtwand der Staustufe Straubing mit der Kalibrierung zu bestimmen. Innerhalb des Modellbereichs gibt es zwar keine Hinweise auf Dichtwandbereiche mit erhöhter Durchlässigkeit. Diese könnten jedoch ausserhalb des Modellgebietes durchaus vorhanden sein.</p> <p>Auch die Erhöhung der Sohlendurchlässigkeit des Drainagegewässers zwischen Irling und Aholting ist weder durch eine historische Erkundung, noch durch Abflussmessungen überprüft. Um das Zusammenspiel von Dichtwand und Drainagen korrekt zu erfassen, müsste das Modell bis zur Staustufe weitergeführt und an den Fördermengen der Schöpfwerke kalibriert werden.</p>
Einfluss Modellrand	Es stellt sich die Frage, wie weit die Modellresultate innerhalb des Modellgebietes durch Veränderungen ausserhalb des Modellgebietes beeinflusst werden. Diese Frage soll durch die nachfolgenden Überlegungen zu den Modellrandbedingungen geklärt werden:

- Schönach** Entlang des Modellrandes bei Schönach ist der Grundwasserstand vor allem durch den Wasserstand in der Grossen Lauer beeinflusst. Ein Einfluss von der Staustufe Straubing kann hier praktisch ausgeschlossen werden.
- Schönach bis Aholfing** Zwischen Schönach und Aholfing wäre eine Beeinflussung über den Modellrand möglich. Dies wäre dann der Fall, wenn sich in diesem Gebiet die Strömungsrichtung verändert hat und damit der Modellrand nicht in beiden Zuständen als Stromlinie betrachtet werden kann. Der Grundwasserstand ist in diesem Abschnitt von den Wasserständen im Kirchenbach und im Johannesgraben beeinflusst, aber nicht massgebend bestimmt. Ein Einfluss der Staustufe Straubing kann nicht ausgeschlossen werden, insbesondere da die Distanz zur Donau in- und ausserhalb des Modells etwa gleich ist.
- Nördlich Aholfing** Nördlich von Aholfing sind die berechneten Grundwasserstände vor allem von den Annahmen zur Berücksichtigung der Staustufe abhängig. Diese sind realistisch und können insbesondere auch durch Grundwasserspiegelmessungen validiert werden. Unsicherheit besteht darüber, ob an der Oh im Rahmen des Bauvorgangs Veränderungen ausgeführt wurden.
- Aussagegrenze** Grundsätzlich nimmt der Einfluss der Randbedingungen ab, je grösser die Distanz zum Modellrand ist. Dies insbesondere weil die Hauptrichtung der Strömung parallel zum Rand gerichtet ist. In Abbildung 5 ist, gestützt auf die obenstehenden Überlegungen, die Grenze eingezeichnet, innerhalb derer das Modell verlässliche Aussagen liefern kann.

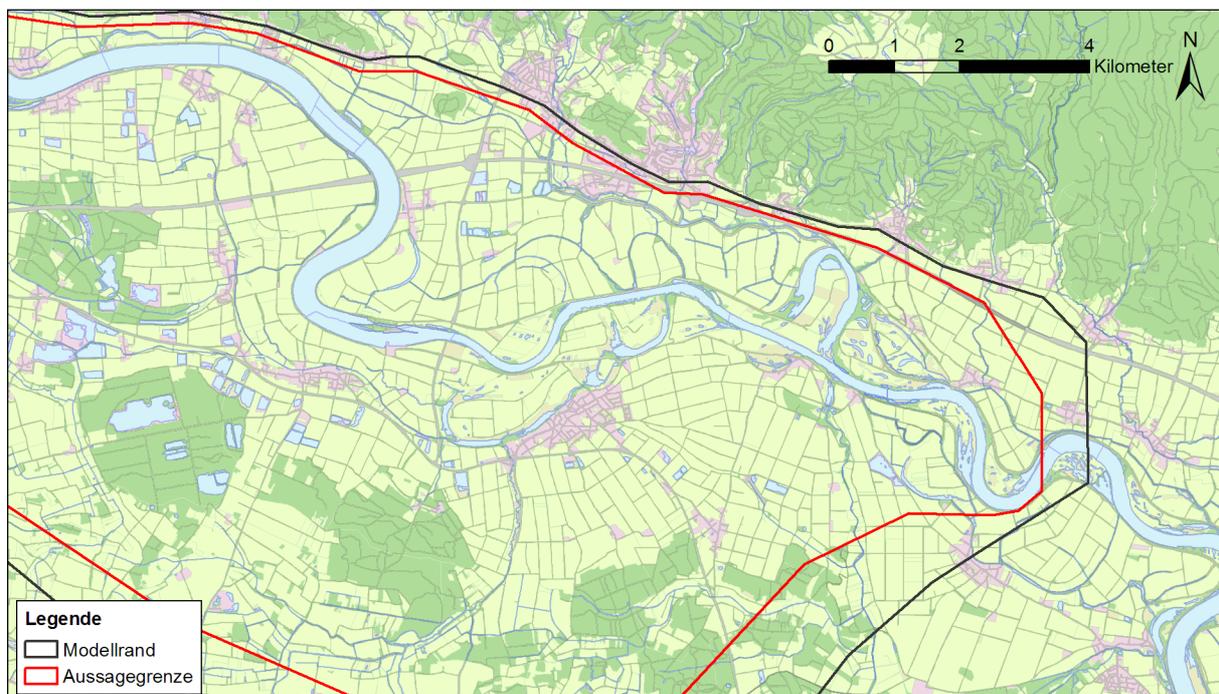


Abbildung 5: Lage der Dichtwände und Schöpfwerke

3.3 Fallstudien

Untersuchte Fälle

Um belastbare Resultate zu erhalten, wurde der Vergleich zwischen den Zuständen mit und ohne Staustufe Straubing für verschiedene Zeiträume durchgeführt:

1. Nachbildung der Zeiträume 1993 und 2007. Diese Zeiträume weisen etwa die gleichen mittleren Donauabflüsse und Grundwasserneubildungsraten auf. Zudem entsprechen diese etwa mittleren Verhältnissen. Die Güte des Modells 1993 kann anhand der gemessenen Grundwasserspiegel überprüft werden. Die Modelle eignen sich nur für den Vergleich der gemittelten Grundwasserspiegel.
2. Nachbildung des Zeitraums 1993, Prognose mit Staustufe Straubing für das Jahr 1993. Vergleich der gemittelten Grundwasserspiegel.
3. Nachbildung des Zeitraums 2007, Prognose ohne Staustufe Straubing für das Jahr 2007. Vergleich der gemittelten Grundwasserspiegel.
4. Nachbildung des Zeitraums 1988, Prognose mit Staustufe Straubing für das Jahr 1988. Am 28. März 1988 gab es ein Donauhochwasser. Es werden die maximalen Grundwasserspiegel im Zeitraum vom 28.3.1988 bis 3.4.1988 miteinander verglichen. Da die klimatischen Verhältnisse des Jahres 1988 nicht den mittleren Verhältnissen entsprechen, kann dieser Zeitraum nur zur Ermittlung der Auswirkungen bei Hochwasser genutzt werden.

Ohne Staustufe	Mit Staustufe	Darstellung
Nachbildung 1993	Nachbildung 2007	Mittelwerte
Nachbildung 1993	Prognose 1993	Mittelwerte
Prognose 2007	Nachbildung 2007	Mittelwerte
Nachbildung 1988	Prognose 1988	Hochwasserstand

Tabelle 1: Zusammenstellung der untersuchten Fälle

3.4 Vergleich 1993 – 2007

Vergleich

Abbildung 6 zeigt den Vergleich zwischen den gemittelten, mit dem Modell nachgebildeten Grundwasserhöhen der Jahre 2007 und 1993. Flächen in blauer Farbe bedeuten eine Erhöhung des mittleren Grundwasserspiegels infolge der Staustufe, Flächen in roter Farbe eine Absenkung. In den donaanahen Bereichen östlich Pfatter führt die Staustufe Straubing zu einem Anstieg des mittleren Grundwasserspiegels.

Kein Anstieg kann in den bebauten Bereichen von Pfatter und Griesau festgestellt werden.

Im Gebiet der Staustufe Geisling zeigt der Vergleich der Jahre 2007 und 1993, dass der mittlere Grundwasserspiegel gesunken ist. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Sohlendurchlässigkeit in Folge der Ablagerung von Feinsedimenten im Stauraum abgenommen hat. Dadurch infiltriert weniger Wasser aus der Donau ins Grundwasser.

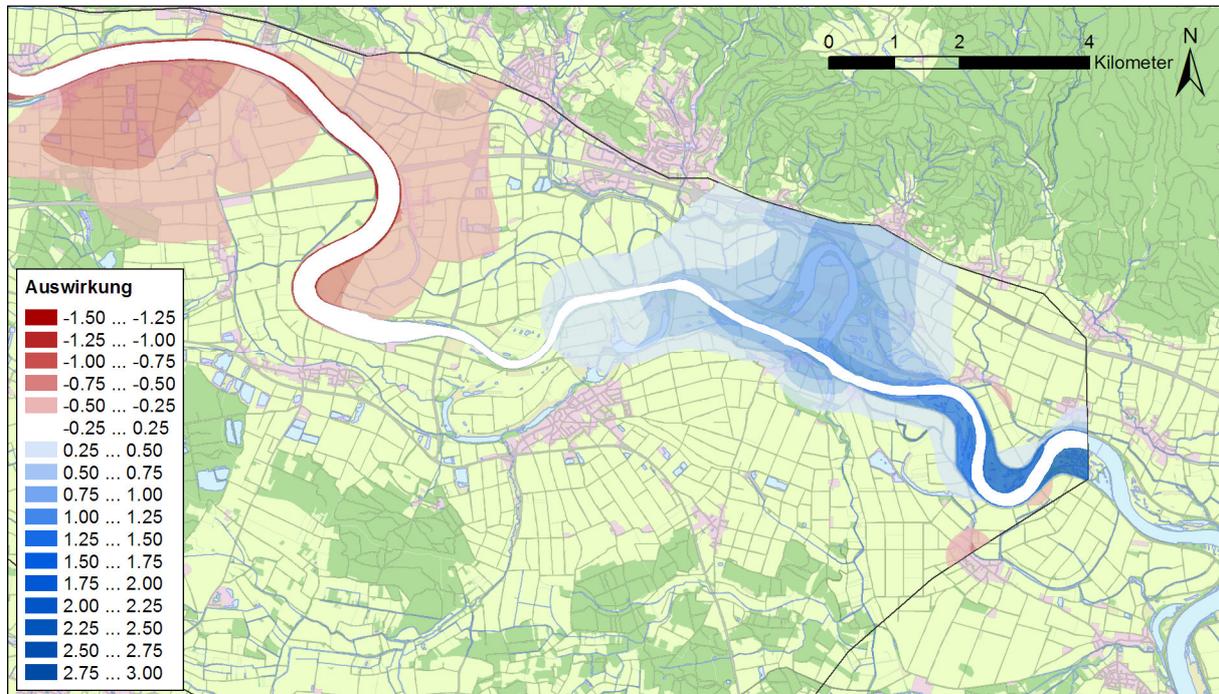


Abbildung 6: Differenz zwischen den Mittelwerten der nachgebildeten Grundwasserspiegel der Jahre 2007 und 1993.

3.5 Vergleich 1993 mit und ohne Staustufe Straubing

Mittlere
Wasserspiegel

Werden in das Nachbildungsmodell des Jahres 1993 die Elemente der Staustufe Straubing integriert, so können die Einflüsse der unterschiedlichen klimatischen Randbedingungen ausgeschlossen werden. Im Bereich östlich Pfatter ergeben sich beinahe identische Anstiege der mittleren Grundwasserspiegel wie beim direkten Vergleich der Nachbildungen der Jahre 2007 und 1993.

Zeitkurven

Wenn man die Zeitkurven des Grundwasserspiegels im donaunahen Gebiet miteinander vergleicht, werden die Auswirkungen verdeutlicht (Abbildung 8). Der Anstieg des Grundwasserspiegels findet vor allem zu Zeiten niedriger Grundwasserstände statt, während bei hohen Grundwasserständen eine Absenkung prognostiziert wird. Die Abbildung 8 zeigt auch die gute Nachbildung der zeitlichen Variation des Grundwasserspiegels im Zustand ohne Staustufe.

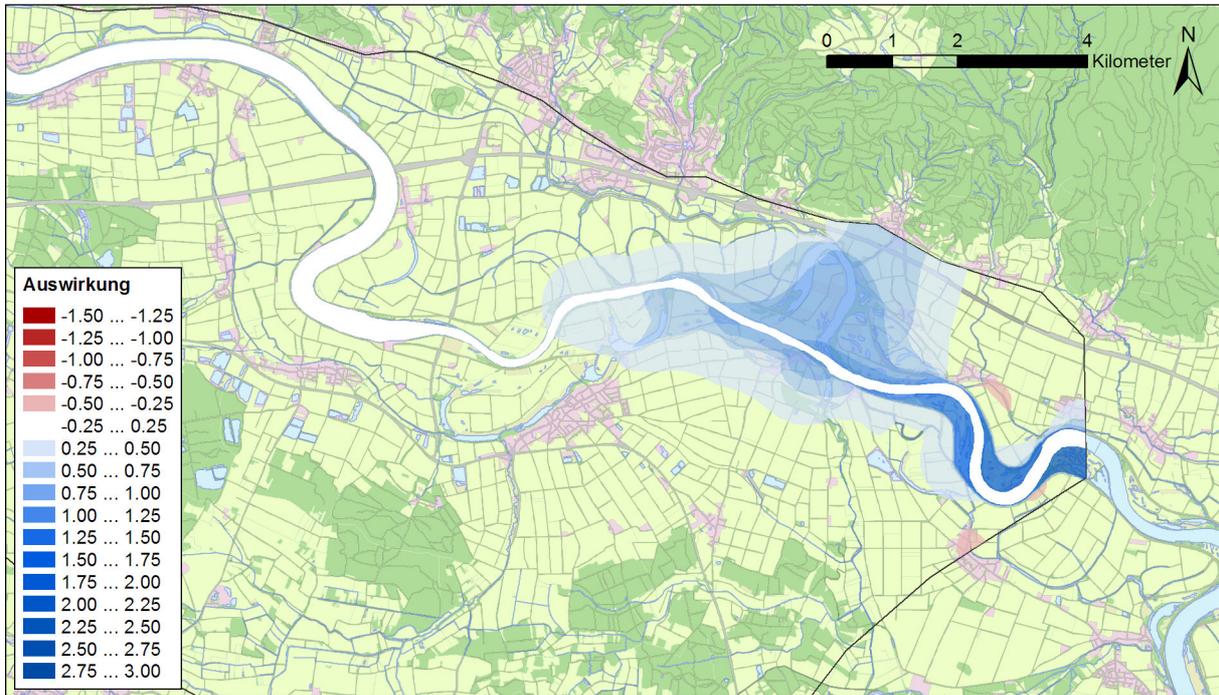


Abbildung 7: Differenz zwischen den Mittelwerten der (prognostizierten) Grundwasserspiegel des Jahres 1993 mit ins Modell eingebauter Staustufe und den Mittelwerten der (nachgebildeten) Grundwasserspiegel des Jahres 1993

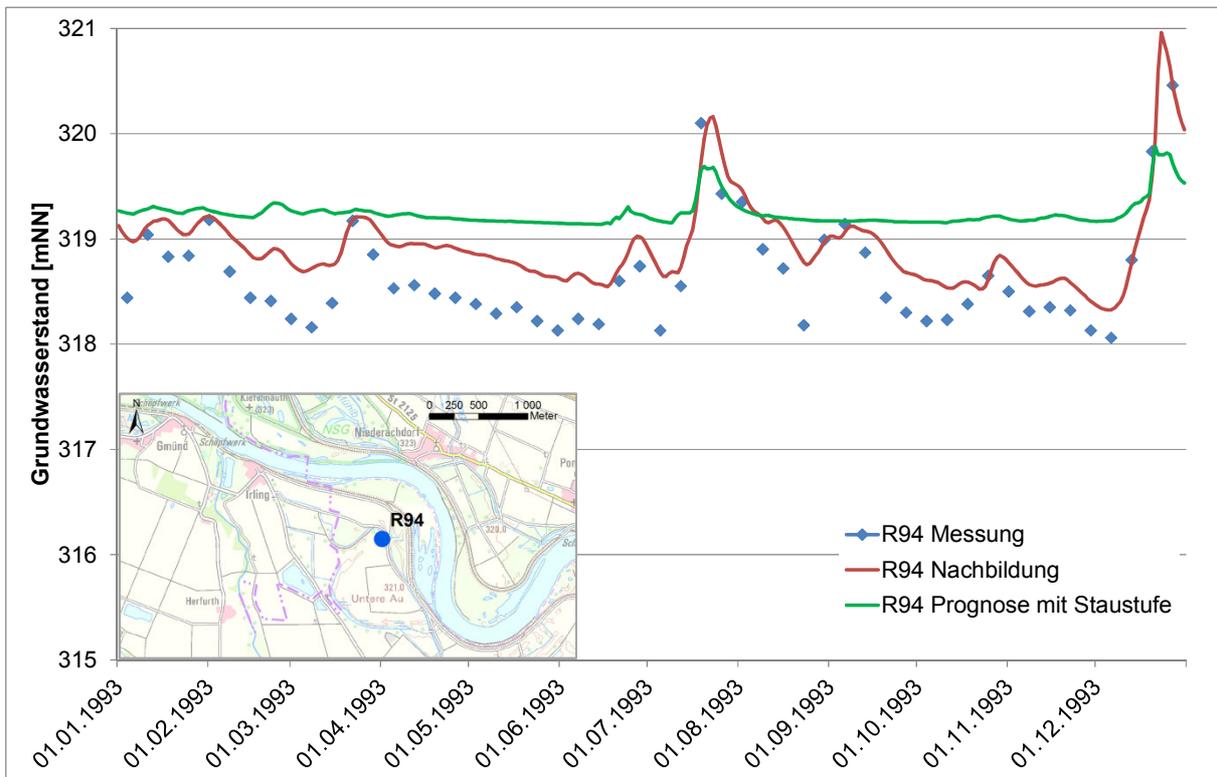


Abbildung 8: Zeitkurve des nachgebildeten Grundwasserspiegels ohne Staustufe und des prognostizierten Grundwasserspiegels mit Staustufe an der Messstelle R94.

3.6 Vergleich 2007 mit und ohne Staustufe Straubing

Mittlere
Wasserspiegel

Werden die Elemente der Staustufe Straubing aus dem Nachbildungsmodell des Jahres 2007 entfernt, so können die Einflüsse der unterschiedlichen klimatischen Randbedingungen ausgeschlossen werden. Östlich von Pfatter ergeben sich beinahe identische Anstiege der mittleren Grundwasserspiegel wie beim direkten Vergleich der Nachbildungen der Jahre 2007 und 1993.

Zeitkurven

Abbildung 10 zeigt die Zeitkurven der Modelle an der Messstelle R94. Für den Zeitraum 2007 existieren leider keine Messdaten, so dass die Güte des Modells für das Jahr nicht überprüft werden kann.

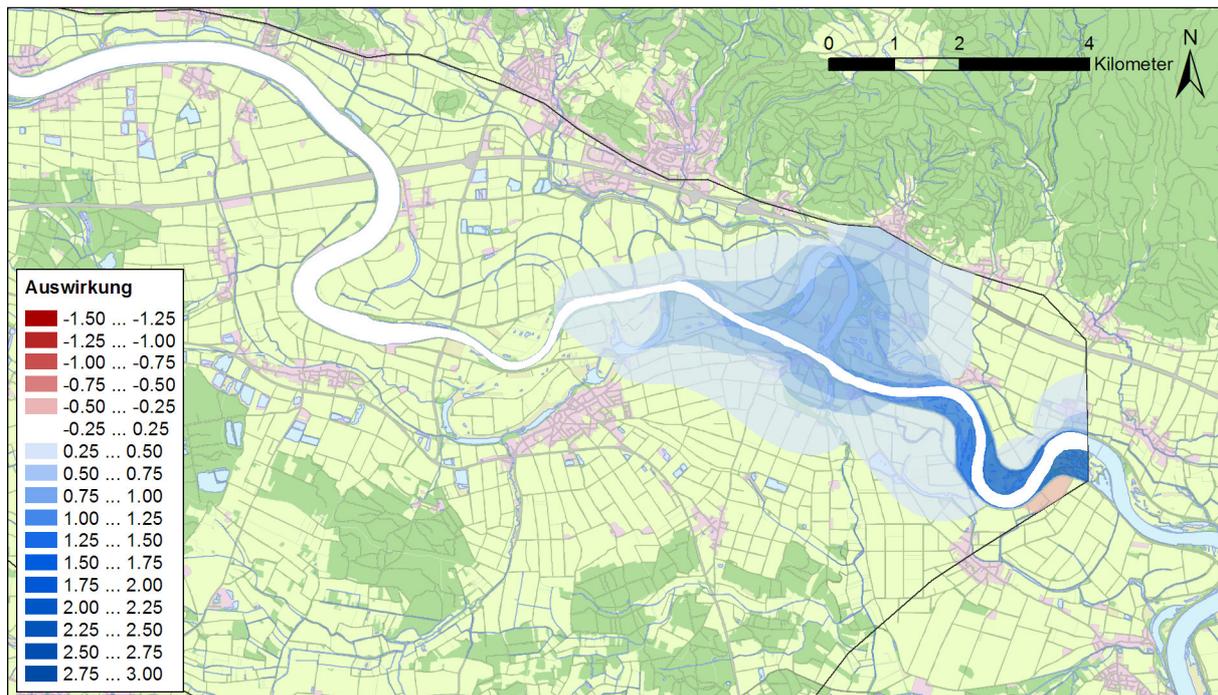


Abbildung 9:

Differenz zwischen den Mittelwerten der (nachgebildeten) Grundwasserspiegel des Jahres 2007 und den Mittelwerten der (prognostizierten) Grundwasserspiegel des Jahres 1977 ohne Staustufe

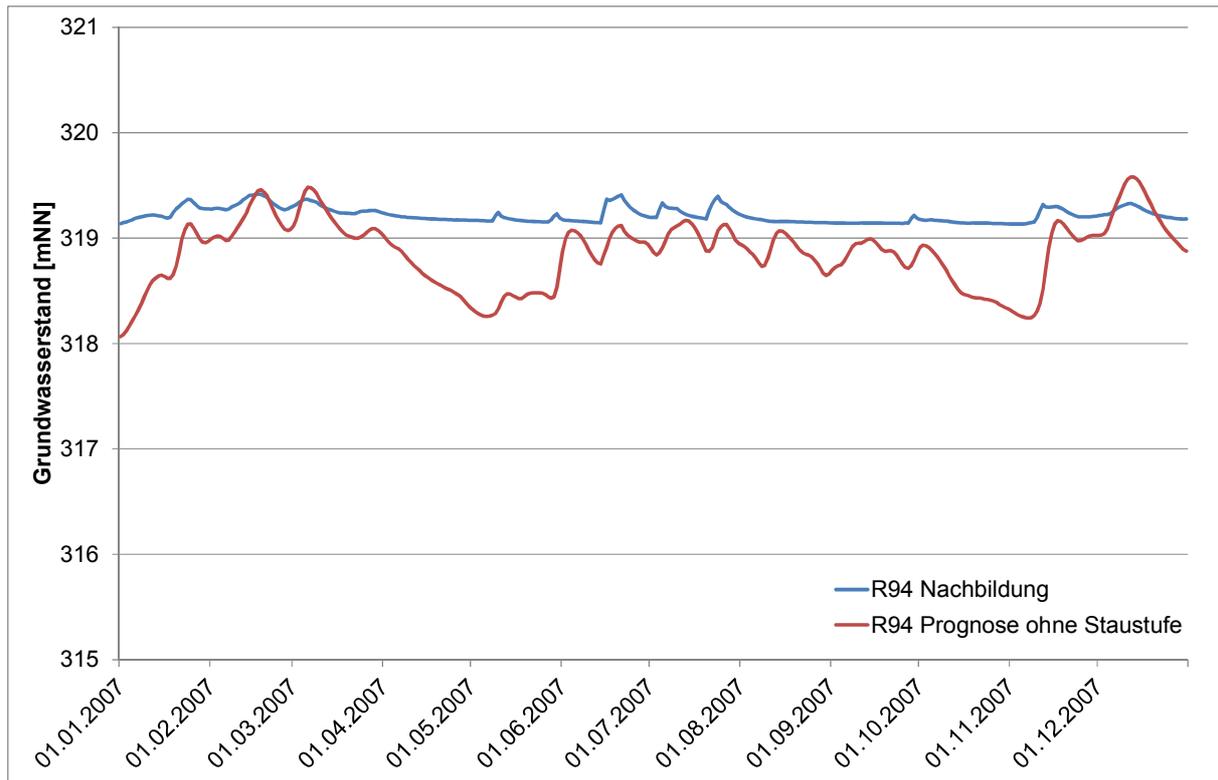


Abbildung 10: Zeitkurve des nachgebildeten Grundwasserspiegels mit Staustufe und des prognostizierten Grundwasserspiegels ohne Staustufe an der Messstelle R94.

3.7 Hochwasser 1988 mit und ohne Staustufe Straubing

Hochwasser Das Jahr 1988 wurde für den Vergleich herangezogen, weil in diesem Jahr ein Hochwasser stattfand. In die Nachbildung des Jahres 1988 wurden alle Elemente der Staustufe Straubing hinzugefügt. Abbildung 11 zeigt den Vergleich der maximalen Grundwasserstände mit und ohne Staustufe während der Hochwasserspitze. Die Abbildung zeigt, dass der Donauausbau bei Hochwasser eine Absenkung des Grundwasserstandes bewirkt. Die Absenkung beschränkt sich ebenfalls auf den donanahen Bereich. Die Grundwasserspiegel bei Pfatter und Griesau bleiben unbeeinflusst.

Zeitkurve Die Dämpfung der Hochwasserspitze im Grundwasser wird auch durch die Zeitkurve an der Messstelle R94 illustriert. Abbildung 12 zeigt zudem die gute Nachbildung des Hochwasserdurchgangs im Grundwasser im Zustand ohne Staustufe.

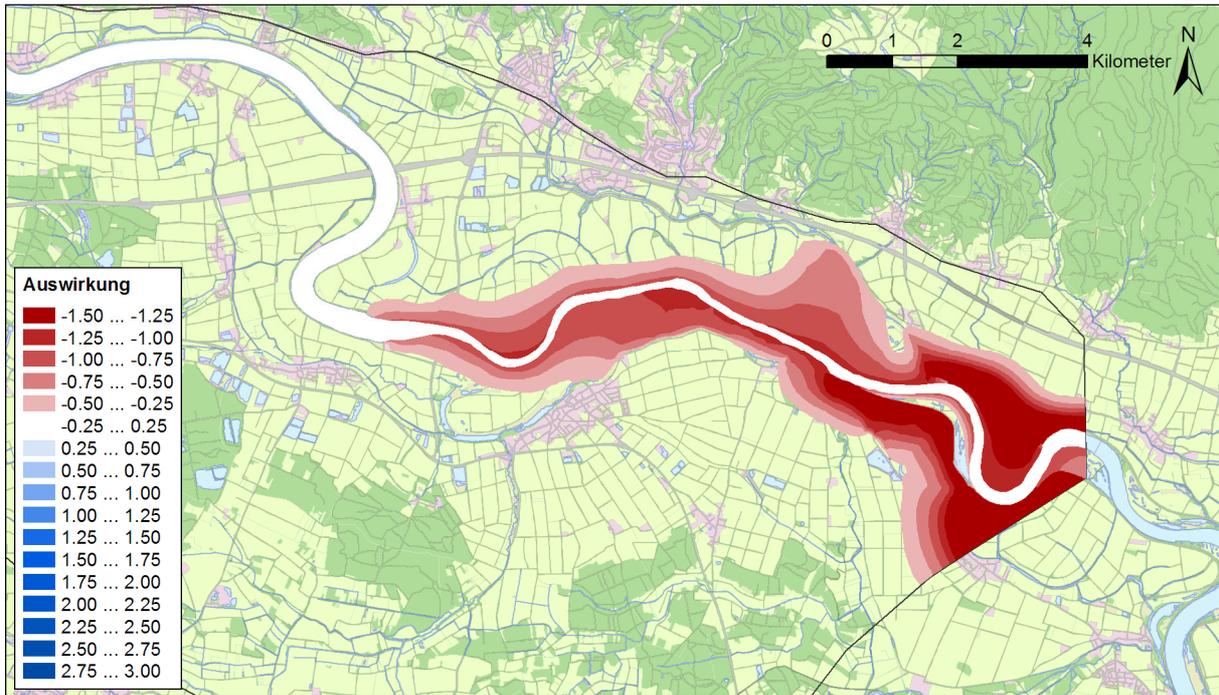


Abbildung 11: Differenz zwischen dem (prognostizierten) maximalen Grundwasserspiegel während des Hochwassers 1988 mit Staustufe und (nachgebildetem) maximalen Grundwasserspiegel ohne Staustufe.

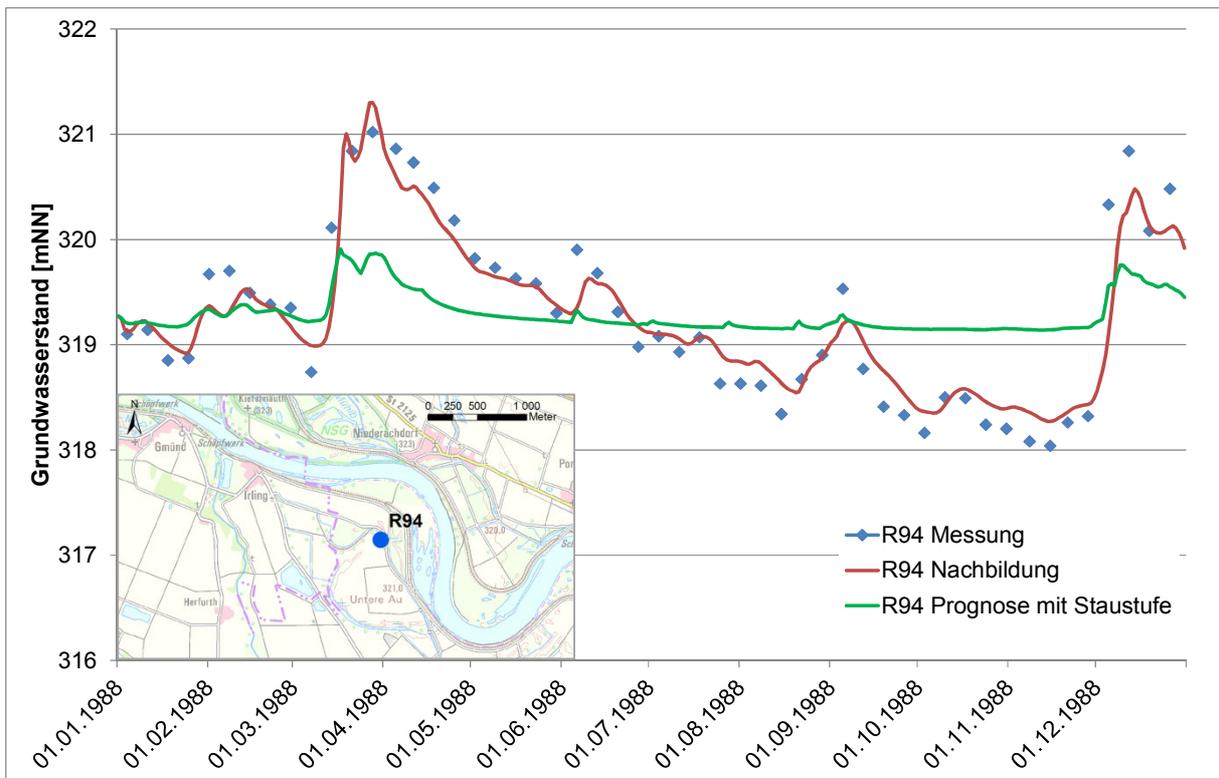


Abbildung 12: Zeitkurve des nachgebildeten Grundwasserspiegels ohne Staustufe und des prognostizierten Grundwasserspiegels mit Staustufe an der Messstelle R94.

4 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Situation	<p>Im Rahmen des Raumordnungsverfahrens für die Flutpolder Eltheim und Wörthhof wurde ein Grundwassermodell erstellt. Es umfasst den Schottergrundwasserleiter zwischen Regensburg und Pondorf. Dieses Grundwassermodell wurde dazu eingesetzt, die durch den Bau der Staustufe Straubing verursachten Veränderungen der Grundwassersituation zu quantifizieren. Da nur etwa ein Drittel des Stauraums innerhalb des Modellgebiets liegt, beschränkt sich die Aussage auf dieses Teilstück.</p>
Vorgehen	<p>Zur Quantifizierung der Auswirkungen wurden jeweils ein Zustand mit Staustufe und ein Zustand ohne Staustufe miteinander verglichen. Für den Vergleich wurden Zeiträume gesucht, deren klimatische Bedingungen ähnlich sind und die möglichst dem langjährigen Mittel entsprechen. Zur Gewinnung der Zustände wurden folgende Berechnungen vorgenommen:</p> <ul style="list-style-type: none">- Nachbildung des Jahres 1993 ohne Staustufe Straubing, Prognose des Zustandes mit Staustufe Straubing durch Einbau der Staustufe in das Modell.- Nachbildung des Jahres 2007 mit Staustufe Straubing, Prognose des Zustandes ohne Staustufe Straubing durch Entfernen der Staustufe aus dem Modell.- Nachbildung des Jahres 1988 ohne Staustufe Straubing, Prognose des Zustandes mit Staustufe Straubing durch Einbau der Staustufe in das Modell.
Aussagegenauigkeit	<p>Da die Genauigkeit der Modellaussage von der Übereinstimmung des Modells mit der gemessenen Wirklichkeit abhängig ist, wurde die Güte der Kalibrierung für die verwendeten Zeiträume und Zeitpunkte untersucht und in [6] dargelegt. Im betroffenen, donaanahen Gebiet beträgt die Abweichung im Mittel etwa 20 cm. Die Genauigkeit der Aussagen bewegt sich deshalb im Bereich von 0 (wenn beide Modelle in die gleiche Richtung abweichen) bis 40 cm (bei gegenläufigen Abweichungen).</p>
Einfluss Straubing	<p>Die Staustufe Straubing bewirkt bei mittleren klimatischen Verhältnissen einen Anstieg des Grundwasserspiegels in den donaanahen Bereichen östlich von Pfatter. Die Gemeinden im Bereich des Niederterrassenschotter oberhalb der Terrassenkante sind vom Bau der Staustufe Straubing nicht betroffen.</p>
Hochwasser	<p>Betrachtet man die Verhältnisse bei Hochwasser, so stellt man gegenüber dem Zustand vor dem Donauausbau eine Absenkung der Grundwasserspiegel fest. Insgesamt wird durch die Staustufe also der natürliche Schwankungsbereich des Grundwasserspiegels gedämpft.</p>

5 Literatur

- [1] Malcherek A. (2017): Gutachterliche Stellungnahme zur Grundwassersituation im Landkreis Regensburg. *Im Auftrag des Landratsamts Regensburg*
- [2] WSV (2016): Stellungnahme zum „Sachstandsbericht zur GW-Situation im LK Regensburg“
- [3] Dr. Blasy – Dr. Øverland (2002): Die Hochwassersituation südlich der Gemeinde Pfatter, Winter 2002/2003. *Im Auftrag der Gemeinde Pfatter.*
- [4] Simultec - tewag (2017): Grundwassermodell Flutpolder Eltheim und Wörthhof: Modellaufbau, Hydrogeologisches Modell und Modellkonzepte. *Im Auftrag des WWA Regensburg*
- [5] Simultec - tewag (2017): Grundwassermodell Flutpolder Eltheim und Wörthhof: Modellaufbau, Kalibrierung und Validierung. *Im Auftrag des WWA Regensburg.*
- [6] Simultec - tewag (2017): Grundwassermodell Flutpolder Eltheim und Wörthhof: Auswirkungen der Staustufe Geisling auf die Grundwasserspiegel. *Im Auftrag des WWA Regensburg.*