

# **Das regionale instationär kalibrierte Grundwassermodell als wasserwirtschaftliche Entscheidungshilfe – Beispiel nördliches Tullner Feld**

Johann FANK

## **1. Einleitung**

Basierend auf den Anforderungen von Wirtschaft und Verwaltung (Wasserwirtschaftliche Planung, Umweltverträglichkeitsprüfung, Wasserversorgung, Abwasserentsorgung) müssen gesicherte Prognosen über die Auswirkungen von Eingriffen auf komplexe Umweltsysteme erstellt werden. Diese Fragestellung und die Ableitung von Lösungsansätzen bedürfen dabei jedenfalls einer Analyse der multikausalen Zusammenhänge von Gesamtsystemen, wobei ein Schwerpunkt auch in der Analyse der Wechselwirkungen zwischen den Teilkomponenten liegen muss.

Die numerische Modellierung von Grundwasser-Gesamtsystemen unter Berücksichtigung der flächenhaften Neubildung, der Interaktion des Grundwasserkörpers mit den Oberflächengewässersystemen und den randlichen Zuflüssen in ihrer raum-zeitlichen Variabilität sowohl im Hinblick auf die Fließ- aber zukünftig verstärkt auch auf die Transportvorgänge bildet eine wesentliche Grundlage für die Entwicklung von Decision-Support-Systemen. Diese können in weiterer Folge als Planungsinstrument und zur Unterstützung der Entscheidungsfindung in wasserwirtschaftlichen aber auch raumplanerischen Fragekomplexen dienen. Fragen der Auswirkungen von anthropogenen Maßnahmen und natürlichen Veränderungen auf Ökosysteme können quantifiziert werden.

Seitens des Amtes der Niederösterreichischen Landesregierung wurde JOANNEUM RESEARCH – RESOURCES, Institut für Wasser, Energie und Nachhaltigkeit beauftragt, für das Grundwassergebiet des nördlichen Tullner Feldes – abgegrenzt nach der Wasserrahmenrichtlinie – ein, für einen langen Zeitraum (1993 bis 2007) instationär auf Tagesbasis kalibriertes Grundwasserströmungsmodell zu erstellen, in dem die dominanten Prozesse die Einfluss auf die Grundwasserströmungsverhältnisse nehmen, inkorporiert sind. Dieses Modell wurde in der Folge genutzt, um die Einzugsgebiete der Trink- und Nutzwasserversorgungen abzugrenzen, Trinkwasserhoffungsgebiete im nördlichen Tullner Feld zu ermitteln, die Grundwasserressourcen in ihrer räumlichen und zeitlichen Verteilung zu bilanzieren. Das Modell kann generell verwendet werden, um die Auswirkungen von anthropogenen Maßnahmen auf die Grundwasserströmungsverhältnisse vor deren Realisierung zu prognostizieren.

## **2. Regionale Grundwasserströmungsmodellierung**

Grundlage jeder Grundwasserströmungsmodellierung bildet die Vorstellung des (Hydro-)geologen und Hydrologen über das Strömungsverhalten des Grundwassers, der Interaktion des Grundwasserkörpers mit den Oberflächengewässern, den relevanten Prozessen der Grundwassererneuerung und der Interaktion des zu untersuchenden Grundwasserkörpers mit den benachbarten Teilsystemen über die Randbedingungen. Diese Vorstellungen und Annahmen, die auch die Auftrennung aller physikalischen Einflussnahmen auf den Grundwasserkörper in relevante und weniger bedeutsame Prozesse beinhaltet, bildet das grundlegende hydrogeologische Konzeptmodell. Durch die Anwendung hydrologischer Verfahren, der Auswertung von Messdaten und der Interpretation von geologischen und geophysikalischen Datengrundlagen wird die Geometrie des zu untersuchenden Grundwasserkörpers abgegrenzt und die auf das Grundwasser wirkenden Einflussgrößen quantifiziert. In den gering mächtigen Talgrundwasserleitern am Rande der Alpen generieren diese Einflüsse (Grundwasserneubildung aus infiltrierenden Niederschlägen, die Wechselwirkung des Grundwassers mit Oberflächengewässern oder die Randzuflüsse aus angrenzenden hydrogeologischen Einheiten) ein hochgradig instationäres Verhalten des zeitlichen Verlaufes des

Grundwasserspiegels, das in der Natur durch Messungen an Grundwasserstandsmessstellen in einem definierten zeitlichen Intervall erfasst wird. Bekannte Einwirkungen menschlicher Aktivitäten auf die Grundwasserverhältnisse, wie z.B. Grundwasserentnahmen müssen für eine möglichst genaue Beschreibung erfasst und deren Arbeitsweisen durch Daten belegt werden. Die Ergebnisse hydrogeologischer Detailuntersuchungen (z.B. Pumpversuche) stellen punktuelle Aussagen über die Durchlässigkeit der Sedimente oder über das verfügbare Porenvolumen zur Wasserspeicherung zur Verfügung. Üblicherweise ist in der regionalen Grundwasserströmungsmodellierung die horizontale Ausdehnung des Untersuchungsgebietes in Relation zur Mächtigkeit des Grundwasserleiters außerordentlich hoch, sodass meist mit mittleren Werten hydrogeologischer Parameter über die vertikale Achse gearbeitet wird.

Wie in fast allen Bereichen der Natur- und Ingenieurwissenschaften basieren die Untersuchungsmethoden auch in der Analyse der Grundwasserströmung auf einem Verständnis der physikalischen Prozesse, die in den meisten Fällen durch mathematische Formeln und Gleichungen beschrieben werden können. Die grundlegende Fließgleichung ist das Gesetz von Darcy. In Kombination mit der Kontinuitätsgleichung, die den Massenerhalt an Wasser während des Flusses durch ein poröses Medium beschreibt, resultiert eine partielle Differentialgleichung der Grundwasserströmung. Für die mathematische Lösung der Strömungsgleichung existieren analytische und numerische Verfahren. Für regionale Strömungsprobleme sind die Voraussetzungen der analytischen Lösungen im Allgemeinen nicht erfüllt. Deshalb muss diese numerisch gelöst werden. Ein numerisches Strömungsmodell stellt eine räumlich und zeitlich diskretisierte Wasserbilanz eines Gebietes dar. Die Finite Elemente Methode stellt eine diskrete Beschreibungsmöglichkeit der Grundwasserströmung dar, die direkt von den physikalischen Bedingungen der Grundwasserströmung ausgeht, nämlich von der Gültigkeit des Darcy'schen Gesetzes und von der Kontinuitätsbedingung. Die Erfüllung der Kontinuitätsbedingung ist vom Diskretisierungsgrad abhängig. Je kleiner die Dreieckselemente sind, desto besser kann der exakte Verlauf der Potentialverteilung approximiert werden. Eine zweite Abhängigkeit zur Erfüllung der Kontinuität ist durch die Form der Dreieckselemente gegeben. Ein gleichseitiges Dreieck stellt dabei die beste Form der Elemente dar. Die Methode der Finiten Elemente ermöglicht es, über die physikalische Beschreibung im Innern und an den Rändern der Elemente die Potentialhöhen in den Knotenpunkten zu bestimmen. Dabei sind die Durchflussmengen als Knotenpunktergiebigkeiten aufzufassen. Ergebnis der Berechnung der Knotenpunktergiebigkeiten für alle Knotenpunkte eines Strömungsmodells bildet ein lineares Gleichungssystem, dessen Lösung die diskrete Potentialhöhenverteilung in dem Strömungsfeld liefert.

Ein Grundwassermodell ist der Versuch der Nachbildung eines realen natürlichen Systems mittels mathematischer Beschreibung zur Lösung der Strömungsgleichung. Im Grundwassermodell werden fragmentarisches Wissen über Teile des Aquifersystems und bekannte anthropogene Einflüsse (Nutzungen) zu einem Gesamtsystem zusammengefasst. Aufgrund der niemals bis ins letzte Detail sowohl in flächenmäßiger Ausprägung als auch in zeitlicher Entwicklung bekannten Randbedingungen kann das Grundwassermodell auch bei größtmöglicher Sorgfalt niemals fehlerfrei sein. Einer der entscheidenden Vorteile der Verwendung von Grundwasserströmungsmodellen ist aber, dass die unterschiedlichen Komponenten die von Außen und Innen auf die Grundwasserverhältnisse wirken in das Modell integriert werden. Eine realitätsnahe Nachbildung realer Verhältnisse ist aufgrund der hochgradigen Variabilität der Randbedingungen in seichtliegenden freien Aquiferen nur durch eine instationäre Modellierung mit kurzen Zeitschritten möglich.

Im Zuge der Entwicklung eines regionalen Grundwasserströmungsmodells werden auf Basis der im Vorfeld definierten Randbedingungen (Höhenlage des Grundwasserstauers, Zuflüsse von Außen in das Modellgebiet, flächenhafte Grundwasserneubildung, Grundwasserentnahmen, ...) und der Verwendung des an die reale Geometrie angepassten Netzes der Finiten Elemente die Systemparameter Durchlässigkeit und speicherwirksames Porenvolumen in einem iterativen Prozess kleinräumig differenziert variiert, um die berechneten Grundwasserspiegellagen best möglich an die gemessenen Daten anzupassen. Das Ergebnis ist na-

turgemäß umso besser, je besser die erste Anschätzung der Verteilung ist und je mehr Daten der zeitlichen Entwicklung der Grundwasserspiegellagen für die Modellkalibration zur Verfügung steht. Ein spezifisches Problem stellt dabei die Abbildung der Interaktion des Grundwassers mit den Oberflächengewässern dar. Um die In- bzw. Exfiltration von Oberflächengewässern zu beschreiben, kann das Leakageprinzip benutzt werden. Dabei kombiniert der Leakagefaktor die beiden Größen Durchlässigkeit und Dicke der kolmatierten Schicht. Die treibende Kraft, welche die In- bzw. Exfiltration bestimmt, ist die Differenz zwischen der Grundwasserhöhe und dem Wasserspiegel des Oberflächengewässers. Fällt der Grundwasserspiegel unter die Sohle des Oberflächengewässers, so wird der Durchfluss unabhängig von der Höhenlage des Grundwasserspiegels. Werte für Leakagefaktoren können praktisch nicht empirisch gewonnen werden, sondern werden üblicherweise im Zuge des Kalibrationsprozesses ermittelt.

Steht ein ausreichend gut kalibriertes und verifiziertes Grundwasserströmungsmodell zur Verfügung, das in seiner zeitlichen Dimension einen Großteil der auftretenden hydrologischen Situationen umfasst (Modellgültigkeit für Niederwasserverhältnisse, Hochwasserverhältnisse und für unterschiedliche jahreszeitliche Verläufe der Grundwasserstandsverhältnisse), kann die Auswirkung von Eingriffnahmen in das Grundwassersystem vor deren tatsächlichen Realisierung nicht nur interpretativ-qualitativ diskutiert, sondern quantitativ prognostiziert werden. Ist die Kalibration des Modells über einen ausreichend langen Zeitraum erfolgt und hat der Modellierungszeitraum Gültigkeit für das langfristige Verhalten des Grundwasserkörpers in seiner Wechselwirkung mit den dominanten Systemkomponenten, kann die Auswirkung von Eingriffen dadurch quantifiziert werden, dass in das instationäre Modell die Eingriffnahme bei unveränderten Randbedingungen über den gesamten Modellzeitraum simuliert wird. Der Vergleich der Kalibrationsergebnisse mit den Simulationsergebnissen erlaubt in der Folge eine Bewertung der Auswirkungen der geplanten Maßnahmen. Das Grundwassermodell kann damit als wasserwirtschaftliche Entscheidungshilfe herangezogen werden. Aufgrund der auch im best-kalibrierten Modell vorhandenen Unsicherheiten muss das Rechenergebnis aber jedenfalls interpretiert und für die Entscheidungsfindung aufbereitet werden.

### **3. Das Grundwasserströmungsmodell nördliches Tullner Feld**

Das nördliche Tullner Feld stellt ein wasserwirtschaftlich bedeutendes und auch intensiv durch Trink- und Nutzwasserversorgungsanlagen genutztes Grundwasservorkommen dar. Zur Abstimmung der unterschiedlichen derzeitigen und zukünftigen Nutzungsansprüche (Trinkwasserversorgung, Kiesgewinnung, landwirtschaftliche Beregnungen etc.) für diesen Grundwasserbereich wurde die Erstellung eines instationären Grundwasserströmungsmodells in Auftrag gegeben. Oberstes Ziel aus wasserwirtschaftlicher Sicht war dabei die Schaffung von Grundlagen und Instrumenten zur Sicherstellung des Grundwasserdargebotes im nördlichen Tullner Feld im Sinne einer langfristig ausgeglichenen Bilanz (nachhaltige Nutzung der vorhandenen Ressourcen). Das Grundwassermodell soll als fachliche Grundlage zur Überarbeitung und Neuausweisung von Schutz- und Schongebieten sowie zur Festlegung von Entnahmekonsensen im Rahmen wasserrechtlicher Bewilligungsverfahren herangezogen werden.

#### **3.1. Modellentwicklung und –kalibration**

Auf der Basis des aus den zur Verfügung stehenden Unterlagen erarbeiteten hydrogeologischen Konzeptmodells wurden die dominanten Einflussgrößen auf das Grundwassersystem abgeleitet und diese Parameter des Modells durch Auswertung unterschiedlichster Datengrundlagen flächendeckend für den Modellierungszeitraum erarbeitet. Die Morphologie des Grundwasserstauers wurde auf Basis der existierenden Bohrungen und der geophysikalischen Untersuchungen nach fachlichen Überlegungen unter Einbeziehung der möglichen Erosions- und Sedimentationsgeschichte des Tullner Feldes östlich von Krems in einem konstruktiven Verfahren erstellt. Der Modellierungszeitraum wurde so gewählt, dass die unterschiedlichen hydrologisch auf das System wirkenden Größen durch das Modell abgebildet

werden mussten und somit die Gewähr gegeben ist, dass das Modell prognosefähig ist. Durch einen Vergleich der schlussendlich gewählten Modellierungsperiode von 1993 bis 2007 mit dem Langzeitverhalten des Grundwassers wurde dies schließlich überprüft.

Eine Analyse der wesentlichen Einflussgrößen auf das Grundwassersystem des nördlichen Tullner Feldes und dessen Dynamik ergab neben der Wechselwirkung des Grundwassers mit den Oberflächengewässern eine hohe Relevanz der Grundwasserentnahmen für die landwirtschaftliche Bewässerung und der örtlich differenzierten Grundwasserneubildung aus infiltrierenden Niederschlägen. Aus vielen Untersuchungen ist bekannt, dass diese neben den meteorologischen Rahmenbedingungen vor allem durch die auftretenden Bodenverhältnisse und der landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsweise und Kulturführung geprägt ist. Es wurde ein Modellverbund implementiert, der es erlaubt, die räumlich und zeitlich differenzierte Grundwasserneubildung aus dem Niederschlag zu berechnen, wobei die landwirtschaftlichen Bewässerungsentnahmen und deren Auswirkung auf die Neubildung best möglich Berücksichtigung fanden. Die Entnahmemengen der relevanten Grundwasserbrunnen wurden in ihrer zeitlichen Entwicklung erhoben und in das Modell übernommen. Die Randzuflüsse über den nördlich gelegenen Wagram wurden aus Einzugsgebietshydrologischen Überlegungen abgeleitet.

Die aus dem hydrogeologischen Konzeptmodell abgeleiteten Randbedingungen wurden im Zuge der Modellkalibration innerhalb plausibler Größen variiert, um zu einem in sich möglichst stimmigen und plausiblen Kalibrationsergebnis zu gelangen. Letzteres gilt v.a. für die durch Messungen praktisch nicht fassbaren Leakage-Werte an den Oberflächengewässern, aber auch für die Zu- und Abflüsse über den nördlichen Modellrand. Die Verteilung der Durchlässigkeiten zeigt im Untersuchungsgebiet für derartige Aquifere typische Größenordnungen: Im überwiegenden Bereich liegen die Durchlässigkeiten im mittleren  $10^{-3}$  m/s – Bereich. Die Zone mit den geringsten Durchlässigkeiten findet sich am Nordwestrand des nördlichen Tullner Feldes ( $< 10^{-3}$  m/s). Grundsätzlich sind abnehmende Durchlässigkeiten von der Donau in Richtung des Wagram zu erkennen.

Die Arbeiten im Zuge der Modellkalibration haben gezeigt, dass die komplexen Fließvorgänge im nördlichen Tullner Feld nur mittels Einsatz komplexer Methoden zur Ermittlung von zeitlich und räumlich hoch aufgelösten Grundwasserneubildungsraten, Bewässerungsentnahmen und Interaktionen zwischen Oberflächengewässern und Grundwasser im Modell nachgebildet werden können. Die im Mittel gute Kalibrationsqualität ist aus der Gegenüberstellung der gemessenen mittleren Grundwasserspiegellage zur berechneten mittleren Grundwasserspiegellage ersichtlich. Wie der Vergleich der gemessenen Grundwasserstandsganglinien mit den Berechnungsergebnissen an allen Kalibrationsmessstellen zeigt, weist das Modell keinen systematischen Fehler dahingehend auf, dass bestimmte Zeiträume unter- bzw. überschätzt werden. Auch wenn in Teilbereichen des Modellgebietes eine Nachbildung des zeitlichen Verlaufes des gemessenen Grundwasserspiegel weniger gut möglich war, so kann die Kalibrationsqualität des Grundwasserströmungsmodells unter Berücksichtigung der Messstellendichte und deren Verteilung sowie der Unsicherheiten bei der Definition der Randbedingungen grundsätzlich als sehr gut bezeichnet werden. Somit können mittels des Modells eine Vielzahl von Fragestellungen beantwortet werden. Die Prognosesicherheit des Modells ist jedoch stark von der Fragestellung und der konkreten Lage der Maßnahmen abhängig und muss von Fall zu Fall bewertet werden.

Zur Dokumentation der Grundwasserströmungsverhältnisse wurden die Niederwasserverhältnisse (Stichtag 1.1.1995), die Mittelwasserverhältnisse (1.1.2000) und die Hochwasserverhältnisse (8.8.2002) dargestellt. Für diese Darstellungen wurden Messtermine gewählt, an denen an einer möglichst großen Zahl von Messstellen in etwa Nieder-, Mittel- bzw. Hochwasserverhältnisse im Untersuchungszeitraum herrschten. Es ist wichtig zu beachten, dass diese Darstellungen auf Grund der sich immer wieder in unterschiedlicher Form überlagernden hochgradig instationären Einflussgrößen (Oberflächengewässer, Grundwasserneubildung, Entnahmen...) mehr oder weniger „einzigartige Momentaufnahmen“ der Grundwasserströmung darstellen.

Zur Grundwasserbilanzierung wurden neben den äußeren Rändern (Donau, Nordrand) und der flächenhafte Grundwasserneubildung aus infiltrierenden Niederschlägen, auch definierte innere Ränder sowie auch Fließgewässer (Krems, Kamp, Schmida...) bilanziert. Zur Darstellung der Wasserflüsse wurde sowohl eine Bilanz für das gesamte Modell als auch eine Bilanzierung von ausgewählten Teilgebieten durchgeführt. Als charakteristischer Wert für die eigentlich hoch instationären Bilanzglieder wurden Tagesmittel über den gesamten Modellierungszeitraum zusammengefasst.

## **3.2. Modellanwendung als wasserwirtschaftliche Entscheidungshilfe**

Auf der Basis diverser Besprechungen im Laufe der Projektdurchführung wurden basierend auf Projektzwischenenergebnissen mehrere Modellauswertungen durchgeführt. Des Weiteren wurde aufgrund auftretender Probleme mit vernässten Kellern (v.a. im Raum Absdorf) und auch großflächigen Vernässungen ackerbaulich genutzter Flächen im nördlichen Tullner Feld das Grundwasserströmungsmodell genutzt, um die Auswirkung von Maßnahmen am Gießgangsystem auf die Grundwasserspiegellagenentwicklung zu untersuchen, und um die Wirkung von groß angelegten Pumpmaßnahmen auf die Grundwasserstandsverhältnisse zu prognostizieren.

### **3.2.1. Auswirkung der dauernden Konsensentnahmen an den Brunnen der Wasserversorgungsanlagen im Vergleich zu den im Modell verwendeten Realentnahmen**

Naturgemäß zeigen sich im Nahbereich bzw. Anströmbereich der Wasserversorgungsanlagen die höchsten Differenzen, da im Normalfall nicht ständig die Konsensmenge entnommen wird. Großflächig ist auffällig, dass v.a. im Bereich der Korneuburger Bucht und der Kremser Bucht bei dauernder Entnahme der Konsenswassermenge an den bewilligten Trinkwasserversorgungsbrunnen gegenüber dem aktuellen Zustand mit einer deutlichen Reduktion des Grundwasserspiegels um mehr als 1 m gerechnet werden muss. Ähnliches wäre auch im Zentralraum um Absdorf zu erwarten, wo eine dauernde Entnahme der Konsenswassermenge an den Brunnen Neuaigen, Möllersdorf und Neustift im Felde zu einer Reduktion des mittleren Grundwasserspiegels um bis zu 0,5 m führen würde.

### **3.2.2. Instationäre berechnete Brunneneinzugsgebiete**

Basierend auf den instationären Modellergebnissen des Grundwassermodells nördliches Tullner Feld für den Zeitraum 1.1.1993 bis 31.12.2007 wurden die instationär berechneten Einzugsgebiete für Trinkwasserversorgungsanlagen auf Basis einer dauernden Entnahme der Konsenswassermenge ermittelt und deren Lage und Grundwasserverweilzeit im Anstrom dargestellt.

### **3.2.3. Trinkwasserhoffungsgebiete**

Innerhalb des zusammenhängenden Grundwasserkörpers wurden Teilgebiete und deren Zustrombereiche ermittelt, deren Bedeutung für die Trinkwasserversorgung (=zukünftige Trinkwasserversorgung) so groß ist, dass erhöhtes wasserwirtschaftliches Interesse gegeben ist (wasserwirtschaftliche Vorranggebiete). Der Planungszeitraum für Vorsorgemaßnahmen wird als unendlich angenommen, weshalb die Eigenschaft Grundwasserqualität (= nicht geogene Belastungen des Grundwassers) nicht als Beurteilungsparameter verwendet wird, da der weitere (zukünftige) Verlauf der Grundwasserqualität nicht bekannt ist. Aus der Auswertung der Modellergebnisse ist ersichtlich, dass praktisch das gesamte nördliche Tullner Feld mit Ausnahme eines kleinen Bereiches um Grafenwörth und Jettsdorf bereits Teil von Einzugsbereichen von Wasserversorgungsanlagen sind. Damit sind auch die Trinkwasserhoffungsgebiete und deren Zustrombereiche ausschließlich in diesem Bereich angesiedelt. Als Endergebnis zeigt sich demnach, dass zusätzliche wasserwirtschaftlich schutzwürdige Bereiche im nördlichen Tullner Feld ausschließlich im Bereich Jettsdorf – Grafenwörth zu finden sind

### **3.2.4. Auswirkung einer Absenkung des Gießgangwasserspiegels auf die Grundwasserströmungsverhältnisse im Untersuchungsgebiet**

Im Bereich des nördlichen Tullner Feldes werden seit dem Hochwasser im Jahre 2002 durchwegs hohe bis sehr hohe Grundwasserstände gemessen, die in mehreren Teilbereichen zu andauernder Vernässung von Kellern und im Frühjahr 2009 auch zu flächigen Überflutungen von ackerbaulich genutzten Flächen führten. Seitens der betroffenen Bevölkerung wird als eine der möglichen Ursachen für diese Entwicklung eine verminderte Vorflutwirkung des Gießganges des KW Greifenstein nicht ausgeschlossen.

Eine Absenkung des Grundwasserspiegels im Aubeereich durch eine technisch einfach realisierbare dauernde Reduktion des Wasserspiegels des Gießganges um maximal 0,8 m würde nach derzeitigem Kenntnisstand gravierende negative Auswirkungen auf das Grundwassersystem, die Auwaldbewirtschaftung und das biologische und ökologische System des Aubeereiches haben. Demgegenüber steht im besten Falle im Raum Absdorf eine Absenkung des Grundwasserspiegels um maximal 20-30 cm. Eine Absenkung des Gießgang-Wasserspiegels um maximal 80 cm zwischen Juli und März jedes Jahres zeigt für das Hinterland (Raum Absdorf) eine Reduktion des mittleren Grundwasserspiegels von nur wenigen Zentimetern. Diese berechnete Reduktion ist annähernd in der gleichen Größenordnung wie die Unsicherheiten in der Modellkalibration. Daraus ist demnach keine gesicherte Auswirkung einer derartigen Maßnahme ableitbar.

### **3.2.5. Grundwasserströmungsverhältnisse ohne Kraftwerk Greifenstein**

Die Simulation Zustand ohne KW Greifenstein (mit Durchflussganglinien der Donau vor Kraftwerkerrichtung und Ausschaltung der Gießgang-Wirkung) ergibt für den Bereich Absdorf einerseits eine geringfügige Verschwenkung der GW-Strömungsrichtung in Richtung Donau und andererseits einen im Mittel ~ 0,5 m niedrigeren GW-Stand. Ein Vergleich (Plausibilität) der generierten Modellwerte mit den tatsächlich gemessenen Werten vor Kraftwerkerrichtung zeigt aber nur eine teilweise Übereinstimmung. Das heißt, es muss auch schon vor Kraftwerkerrichtung in Teilbereichen der Au ein funktionierendes natürliches Gießgang-System (Altarme etc.) gegeben haben, das regulierend auf die Grundwasserströmungsverhältnisse einwirkte. Die Modellaussagen eines generell tieferen Grundwasserspiegels bei Nichterrichtung dieses Kraftwerkes besitzen nur im Nahbereich der Donau eine hohe Aussagekraft, für das weitere Hinterland (Absdorf) ist diese Aussage mit großen Unsicherheiten behaftet und daher fachlich nicht abgesichert.

### **3.2.6. Auswirkungen eines Langzeit-Pumpbetriebes mit großen Fördermengen an unterschiedlichen Standorten im nördlichen Tullner Feld auf die Grundwasserspiegellagen**

Mit Hilfe des instationär kalibrierten Grundwasserströmungsmodells des nördlichen Tullner Feldes wurden zwei Lastfälle mit unterschiedlicher Anzahl von Pumpstandorten und unterschiedlichen Pumpzeiten berechnet und die Ergebnisse hinsichtlich der zu erwartenden Grundwasserspiegelabsenkung in räumlicher und zeitlicher Sicht dokumentiert. Nach Abschluss der Pumpmaßnahmen mit Ende Juni 2011 und der darauf folgenden Aufspiegelungsphase sollen

- die Messergebnisse mit den prognostizierten Auswirkungen verglichen werden,
- die gewonnenen Messdaten für eine Verbesserung der Kalibrationsqualität des Grundwasserströmungsmodells des nördlichen Tullner Feldes genutzt und damit
- verbesserte Grundlagen für wasserrechtliche Bewilligungsverfahren von Pumpmaßnahmen zur Regulierung der Grundwasserstandsverhältnisse im nördlichen Tullner Feld geschaffen werden.

# Grundwasserhochstände im Tullnerfeld Nord – Folgen für Siedlungsgebiete und Gegenmassnahmen

Christoph BRAUNSTEIN

## Allgemeines und Hintergrund

Während 2002 der Begriff „Hochwasser“ in den Gebieten entlang der Donau und ihren Einzugsgebieten in aller Munde war, gewann der Begriff „Grundwasser“ in der Region Tullnerfeld Nord ab ca. 2003 mindestens die selbe Bedeutung.

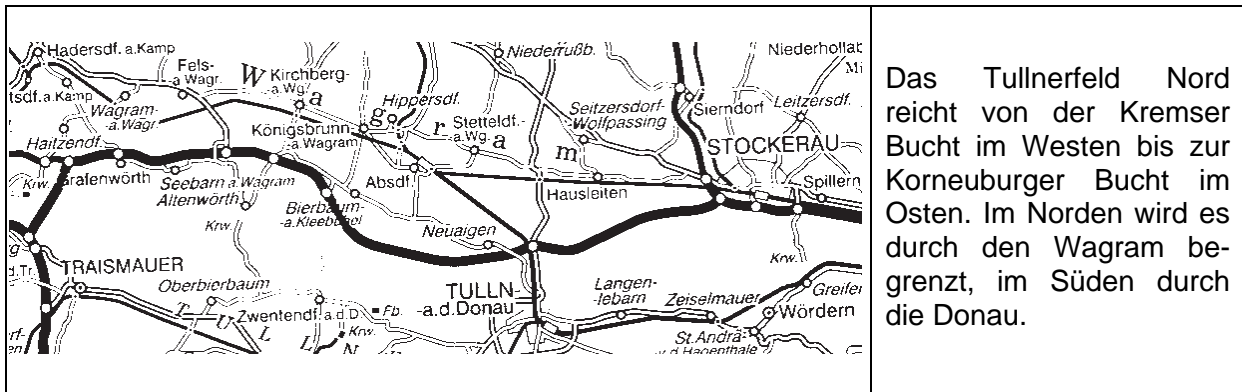


Abb. 1: Übersichtskarte

Mit dieser Bedeutung stieg aber bedauerlicher Weise auch die Sorge und Verzweiflung der von den Grundwasserhochständen betroffenen Bevölkerung.

Waren es vorerst nur landwirtschaftlich intensiv genutzte Flächen, die vernässt waren, so standen Anfang 2003 bereits zahlreiche Keller unter Wasser.

Trug man es vorerst noch im Rahmen der Möglichkeiten gelassen, stellte sich bald heraus, dass in absehbarer Zeit, wenn nicht die mittleren Jahresniederschläge signifikant abnehmen würden, eine Verbesserung nicht zu erwarten war.

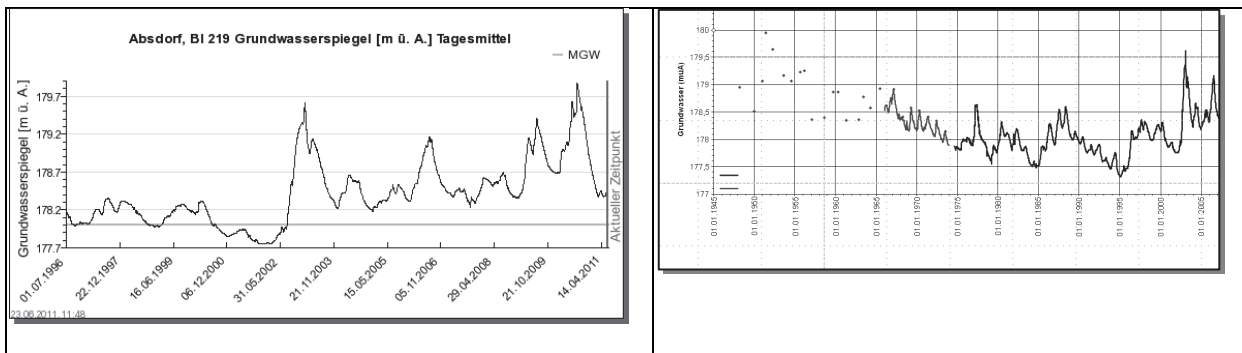


Abb. 2: GW-Messstelle Absdorf, Beobachtungszeitraum 06 2006 bis 06.2011  
Quelle Homepage, NÖLR

Abb. 3: GW-Messstelle Absdorf, garantiert seit 1970  
Beobachtungszeitraum 1947 bis 2007  
Quelle Homepage, NÖLR

Da sich in den Jahren 2005 bis 2006 wieder neue Extremgrundwasserstände einstellten, wurde der Ruf nach Unterstützung durch das Land Niederösterreich immer lauter.

Nach dem Hochwasser 2002 wurden bereits umfangreiche Pumpmaßnahmen durchgeführt, die vorübergehend örtlichen Erfolg zeigten. Die Kehrseite war aber der hohe Aufwand an Energie- und Materialkosten, zumal die Ableitungssysteme der Pumpanlagen große Distanzen zum nächsten Vorfluter überwinden mussten.

Im Jahr 2007 beruhigte sich die Situation kurzfristig; als der Grundwasserspiegel aber neuerlich Anstieg, wurde ein Studie erstellt, mit dem Ziel, vor allem den besonders leidgeprüften Bewohnern der Gemeinde Absdorf zu helfen.

Nach Beendigung der Studie musste man feststellen, dass die Kosten z.B. für eine 5-jährlichen Pumpenbetrieb mit den dazu erforderlichen Ableitungssystemen immens teuer war und da sich gleichzeitig die nächste natürliche Grundwasserspiegelabsenkung abzeichnete, nahm man vorerst Abstand von diesen Maßnahmen.

Die Regenfälle und Abflüsse an den Hauptfließgewässern der Region waren aber in den Jahren 2009 und 2010 so stark, dass sich die Grundwassersituation neuerlich massiv verschlechterte.

Daraus folgende Abwanderungstendenzen von Versorgungsbetrieben wie Arztpraxen und die gesundheitliche Gefährdung, die durch permanente Schimmelbildung in den Keller- und teilweise Wohnräumen zu befürchten war, sowie der explosive Anstieg der Zahl von betroffenen Objekten von Grafenwörth bis Stockerau veranlassten schließlich die Bürgermeister der Region vereint im Wasserverband „Donauhochwasserschutz Tullnerfeld Nord“ den für entsprechende Gegenmaßnahmen. Diese Maßnahmen umfassten kurzfristige, mittelfristige und langfristige Maßnahmen und wurden in einem **MASTERPLAN** zusammengefasst, verabschiedet.

#### **Ziel dieses Masterplanes war es,**

**kurzfristig** mit folgenden Maßnahmen die bestmögliche GW-Entspannung zu schaffen:

- Absenken von Sohlrampen im Stockerauer Arm sowie an der Schmida
- Aktivieren bestehender Grabensysteme zwischen den Vorflutgräben
- Totholzentfernung in den Hauptentwässerungsgräben des Tullnerfeldes Nord
- Pilotprojekte Erstellen für Abpumpmaßnahmen und flächendeckende Pumpmaßnahmen

**mittelfristig** mit folgenden Maßnahmen die Verbesserung der Abflussfunktion der bestehenden Haupt- und Nebengewässer zu schaffen:

- Aktivierung und Intensivierung der Abflussverhältnisse bestehender Vorflutgräben bzw. Neuschaffung von Ersatzentwässerungsgräben
- Anbindung von Gräben, die durch zahlreiche Großbaumaßnahmen keine Vorflut mehr haben

**langfristig** durch Aktivierung und Neuschaffung von Retentionsraum die anfallenden Wässer besser zu organisieren aber auch Faktoren für eine Verlandung zu reduzieren.

Bevor auf diese Maßnahmen eingegangen wird, soll in aller Kürze ein Blick auf die natürlichen bzw. Kulturland bedingten Randbedingungen geworfen werden.

Dabei wird bewusst auf fachliche Details verzichtet, um Raum für einen umfassenden Überblick zu schaffen.

#### **TOPOGRAFISCHE VERHÄLTNISS UND GEWÄSSERSYSTEM**

Das Tullnerfeld Nord weist ein Längsverhältnis von ca. 1,5 ‰ (45m auf 37,5km) und ein Quergefälle zur Donau von ca. 0,5 bis 1 ‰ auf.

Die wesentlichen Gewässersysteme lassen sich neben der Donau wie folgt einteilen:

Wie der Abbildung 4 zu entnehmen ist, sind vor allem der Gießgang, die Schmida und der Scharbauergraben jene Gewässer, die ihre Entwässerungsfunktion optimal erfüllen müssen, um den übrigen Grabensystemen die Möglichkeit zu geben, einen adäquaten Vorfluter vorzufinden.



Problematisch ist dabei, dass die genannten Gewässer vorwiegend in der Au abfließen und daher zum einen hinsichtlich der Waldbewirtschaftung einen entsprechenden Mindestgrundwasserspiegel erreichen müssen, zum anderen durch massiv auftretendes Totholz und dichten Aubewuchs eine niedrige Fließgeschwindigkeit und damit auch eine niedrige Abflusskapazität aufweisen.

Von Grafenwörth bis Tulln			
	←Zubringer 1. Ordnung	←←Zubringer 2. Ordnung	←←←Zubringer 3. Ordnung
<b>Kamp</b>			→ Donau
	<b>Mühlkamp</b>		
<b>Gießgang</b>			→ Donau
	<b>Schinderlahn</b>	<b>Dorfgraben Winkl</b> <b>Krampugraben</b>	
	<b>Scharbauergraben</b>	<b>Grabensystem Mollersdorf</b> <b>Steggraben/Brombeergraben</b>	<b>Entwässerungs- system Absdorf</b>
Von Tulln Richtung Stockerau			
<b>Gießgang</b>			→ Donau
	<b>Augraben</b>	<b>Bahngraben</b>	
<b>Schmida</b>			→ Stockerauer Arm
	<b>Auszugsgraben</b> <b>Schmida Mühlbach</b> <b>Zaina Ortsgraben</b> <b>Stranzendorfer Bach</b>		
<b>Stockerauer Arm</b>			→ Gießgang
	<b>Sechtelbach</b> <b>Göllersbach</b>		

**Abb. 4:** Gewässernetz

Neben den Grabensystemen sind es vor allem der Straßendamm der S5 und zahlreiche Verkehrsverbindungen zwischen Nord und Süd und schließlich die Begleitdämme der Donau, die das oberflächliche Abströmen im Vorland verlangsamen.

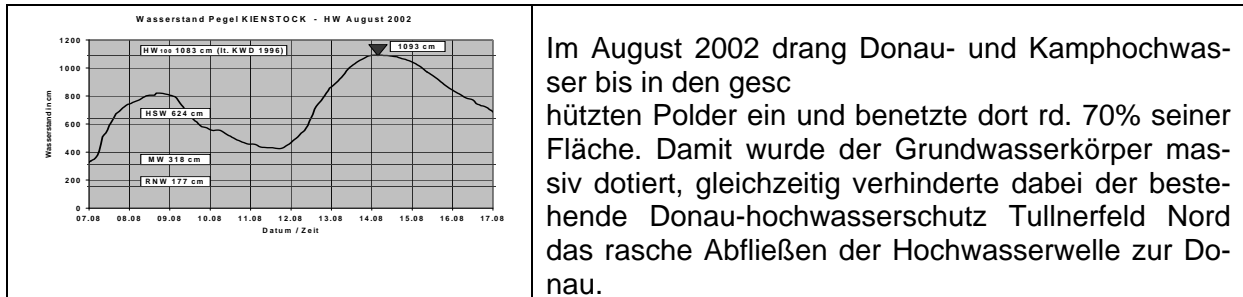
#### **GEOLOGISCHER UND HYDROGEOLOGISCHER HINTERGRUND**

Vereinfacht beschrieben, ist das Becken des Tullnerfeld Nord weitgehend mit mehreren 10 Metern Donauschotter aufgefüllt, auf dem eine bis zu 3 m im Mittel rd. 1,5 m mächtige Aubodenschicht vorzufinden ist.

Die Grundwasserströmung verläuft parallel bis spitzwinkelig zum Donaustrom. Grundwasserentnahmestellen und geologische Besonderheiten, wie der Durchbruch der Schmida durch den „Wagram“ bedingen Abweichungen vom homogenen GW-Netz. Vor allem die Schmida steht mit dem Grundwasser in intensivem Kontakt und weist eine hohe Infiltrationsrate im Tullnerfeld Nord nördlich der Au auf, wenn der Grundwasserspiegel niedriger liegt, eine Grundwasserdotation, wenn der Grundwasserspiegel höher liegt.

## OBERFLÄCHENABFLUSS

Im Jahr 2002 kam es zweimal zu extremen Hochwasserereignissen, wobei im April 2002 die Donauauen massiv von Donauhochwasser geflutet wurden.



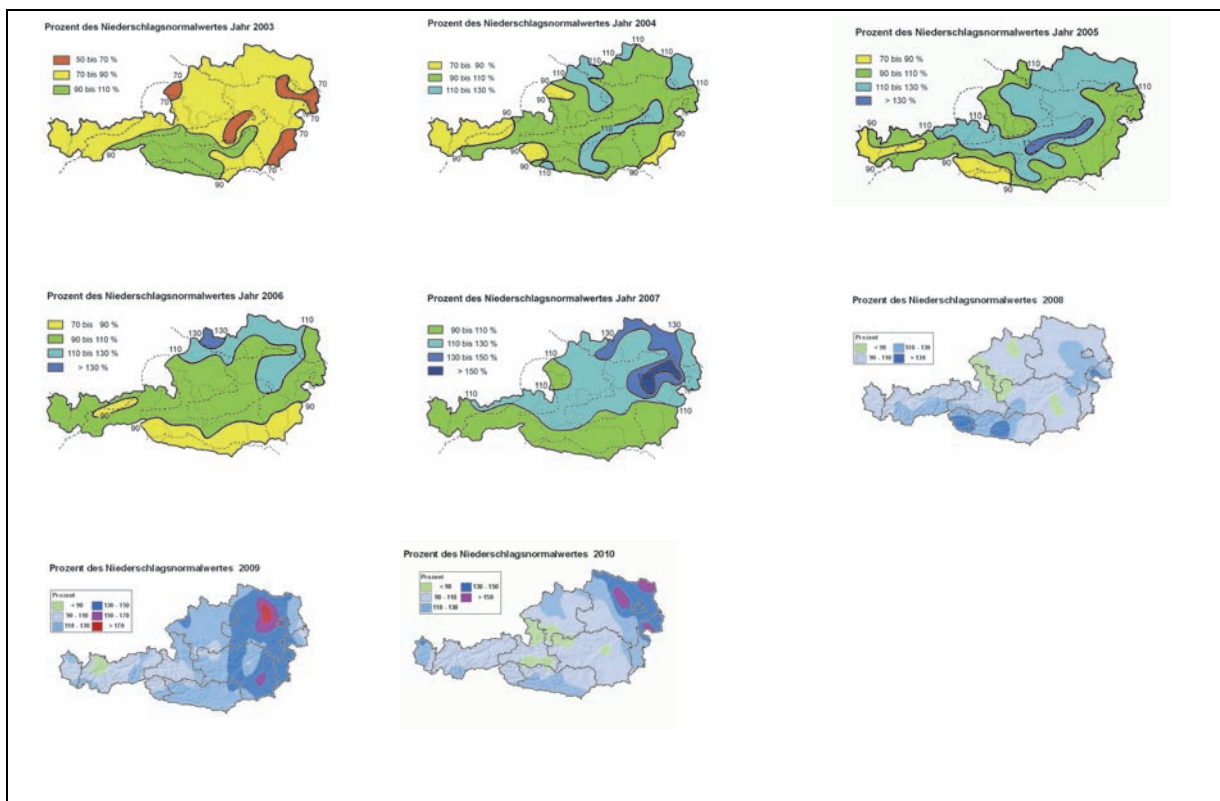
**Abb. 5:** Hochwasserganglinie der Donau

Quelle: Hochwassererfahrungsbericht 2002, HYDROINGENIEURE UMWELTECHNIK GmbH

Neben diesen Extremhochwasserereignissen traten an der Donau vor allem in den Jahren 2006, 2007, 2009 und 2010, und 2011 Donauhochwässer auf, die die Mittelwasserführung der Donau deutlich überschritten. Neben anderen Hochwasser führenden Gewässer dieser Region wies vor allem das Gewässer Schmida allein 2009/2010 3 Hochwässer auf, die massiv zur Neubildung des Grundwassers in der Au aber auch im Raum Absdorf beigetragen haben.

## NIEDERSCHLAG

Ursache für die großen Abflüsse waren zuallererst die in der Region auftretenden Niederschläge.

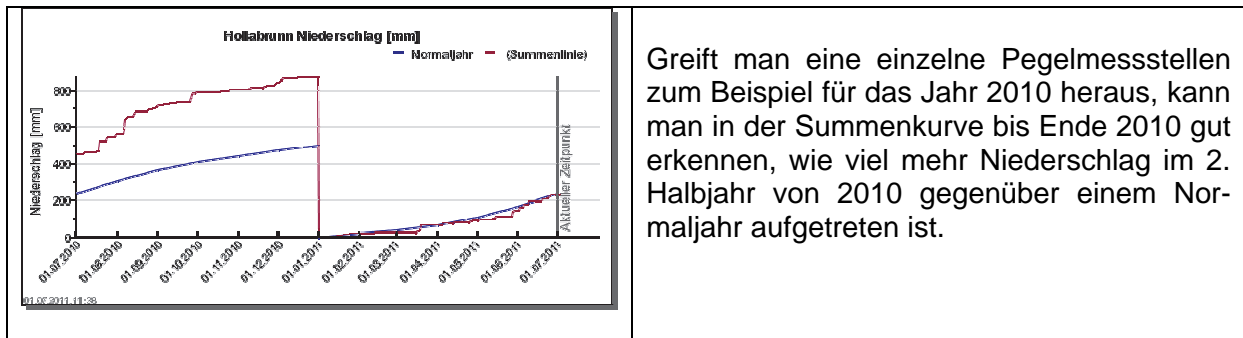


**Abb. 6:** Prozent des Niederschlagsnormalwertes für die Jahre 2003 bis 2010.

Quelle Homepage ZAMG

Während auf der Donau und am Kamp sowie auch an der Schmida Hochwasser bedingende Niederschläge nicht automatisch Oberflächenhochwasser vor Ort explizieren, verursachen regionale Niederschläge eine entsprechende Neubildung des Grundwassers. Betrachtet man die Jahresniederschläge seit 2003, so lässt sich leicht erklären, warum sich der Grundwasserkörper bis zum Jahr 2010 nicht entspannen konnte.

Die nachfolgenden Grafiken geben für die Jahre 2003 bis 2010 an, um wie viel Prozent die aufgetretenen Niederschlagssummen die mittleren Niederschlagssummen über- oder unterschritten haben. Auffallend dabei sind vor allem die Jahre 2005, 2006, 2007 sowie 2009 und 2010.



Greift man eine einzelne Pegelmessstellen zum Beispiel für das Jahr 2010 heraus, kann man in der Summenkurve bis Ende 2010 gut erkennen, wie viel mehr Niederschlag im 2. Halbjahr von 2010 gegenüber einem Normaljahr aufgetreten ist.

**Abb. 7:** Niederschlagstelle Hollabrunn  
Beobachtungszeitraum 01.07.2010 bis 01.07.2011  
Quelle Homepage, NÖLR

## **MASSNAHMENBESCHREIBUNG**

*Aus den erwähnten Maßnahmengruppen wird in der folgenden Darstellung ausschließlich auf die Pumpmaßnahmen eingegangen.*

**Ziel** der Pumpmaßnahmen war es, den extremen Grundwasserspiegel unter speziellen Randbedingungen abzusenken bzw. die Mächtigkeit des Grundwasserkörper dauerhaft zu reduzieren.

Aus Erfahrungen vergangener Pumpversuche und Pumpmaßnahmen war bekannt, dass ein dauerhaftes Absenken ausschließlich durch Pumpmaßnahme nicht möglich ist. Gleichzeitig wusste man auch, dass es nach temporären Pumpmaßnahmen wieder zu entsprechenden Aufspiegelungen kommen wird.

## **Daher erwartete man sich folgende Erkenntnisse und Auswirkungen durch die Pumpversuche und Pumpmaßnahmen**

- Absenkung der extremen Grundwasserverhältnisse für die Dauer der Pumpmaßnahmen auf ein Maß, das vorerst weitgehend trockene Keller sicher stellt
- Reduktion des Grundwasserkörpers in etwa um 5 bis 10 Mio. Kubikmeter
- Erkenntnisse über Auswirkungen spezieller Pumpstandorte für eine eventuelle Weiterführung dieser Maßnahmen
  - Wirksamkeit von bestehenden Gräben
  - Bestandsanalyse von Gräben nach Reduktion der Wasserführung durch Pumpen
  - Auswirkung auf die Nachhaltigkeit von Absenkungen bestimmter Standorte
  - Tatsächliche Energiekosten
  - Erkenntnisse über die Verträglichkeit der Pumpmaßnahmen bezogen auf Bauwerke und bestehende Grundwasser bezogene Wasserrechte

## **Welche Planungsarbeiten und Maßnahmen waren erforderlich?**

- Abschätzung der Absenktrichter durch die Modellierung der Pumpenstandorte im Grundwassermodell Tullnerfeld Nord (Die Abschätzung wurde durch Joanneum Research Graz durchgeführt, danach die Verteilung der Standorte optimiert.)
- Festlegung der Vorflutgräben für die gepumpten Grundwässer (Höhenverhältnisse, Lage der Druckleitungen, Hindernisse für die Druckleitung)
- Einholung von Zustimmungserklärungen für die Benutzung der erforderlichen Grundflächen für die Pumpenstandorte, die Energieversorgung und die Druckleitungen
- Bereitstellung der Energieversorgung in nächster Umgebung der Pumpenstandorte
- Auswahl von Pumpen, die bei den vorhandenen Höhenverhältnissen den optimalen Wirkungsgrad erzielen (Dafür war eine Vermessung jedes einzelnen Standortes erforderlich.)
- Unterstützung der Gemeinden durch Einbringung von Eigenregieleistungen zur Kostenreduktion (Eigenregien, Private, etc.)
- Beweissicherungsverfahren für jeden einzelnen Standort

### **Umfang der tatsächlich durchgeführten Maßnahmen**

- In Summe entstanden rd. 17 Pumpenstandorte – verteilt auf das gesamte Tullnerfeld Nord.
- Teilweise war es erforderlich, zwei Pumpstationen hinter einander zu schalten.
- Durch den Einsatz von speziell auf die Höhenverhältnisse ausgerichtete Pumpen konnten die Energiekosten gegenüber vorlaufenden Schätzungen massiv reduziert werden.
- Im Mittel wurden während einer Dauer von rd. 3 Monaten rd. 1,3 m<sup>3</sup>/s gepumpt. Daraus ergibt sich eine Gesamtfördermenge von rd. 10 Mio. Kubikmeter.

### **Resümee**

- Die Pumpmaßnahmen führten größtenteils zu den erwarteten Ergebnissen und Erkenntnissen.
- Die betroffenen Keller konnten weitgehend trocken gelegt werden.
- Einige Standorte werden auch zukünftig erforderlich sein, um einen verträglichen GW-Spiegel sicherzustellen (unter Berücksichtigung der wasserrechtlich relevanten Auflagen).
- Trotz der Absenkung entstanden keine nennenswerten Schäden an Objekten, noch wurden Versorgungseinrichtungen wie Brunnen oder Wärmepumpen signifikant gestört.
- Die Gesamtbilanz der gepumpten Wassermenge konnte am erhöhten Abfluss im Gießgang nachvollzogen werden. Damit konnte nachgewiesen werden, dass das Grundwasser tatsächlich aus der Region abgeflossen ist und nicht im Kreis gepumpt wurde.
- Ein Dauerbetrieb aller Pumpen ist nicht finanzierbar, daher sind mit den gewonnenen Kenntnissen neben den **Mittelfristigen Maßnahmen** wie die Adaptierung und Erweiterung bestehender Gräben und Entwässerungssysteme nur noch wenige Standorte für extreme Verhältnisse aufrecht zu erhalten.
- Eine nachhaltige Verbesserung ist nur dann möglich, wenn
  - eine gesamtheitliche Betrachtung aller Entwässerungssysteme mit der definierten und möglicher Weise noch erforderlichen Anpassungen von Betriebseinrichtungen und Betriebsvorschriften erfolgt,
  - der Blick auf ein gemeinsames Vorgehen der Gemeinden, der zuständigen Abteilungen der Landesregierung, der Besitzer und Großgrundbesitzer, der Energiekonzerne und der zuständigen Behörden gerichtet wird,
  - ein notwendiges Maß an Akzeptanz für teilweise nicht beherrschbare Naturgegebenheiten vorliegt und
  - eine Eigenverantwortung im Hinblick auf manche kritischen Standorte für Siedlungsgebiete und Bewirtschaftung eingebracht wird.