

Einsatz des neuen Grundwassermodells im Rahmen der 2. Thurgauer Thurkorrektur

Autor(en): **Baumann, Marco / Hoehn, Eduard / Jordan, Peter**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft**

Band (Jahr): **63 (2009)**

PDF erstellt am: **23.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-593754>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Einsatz des neuen Grundwassermodells im Rahmen der 2. Thurgauer Thurkorrektur

Marco Baumann, Eduard Hoehn und Peter Jordan

1 Einführung

Dass man den Teufel nicht mit dem Belzebug austreiben sollte, ist eine alte Weisheit. Auf die 2. Thurgauer Thurkorrektur (*Baumann & Enz 2007, Baumann 2009*) übertragen heisst das, dass man verhindern möchte, mit der Erneuerung der Hochwasserschutzmassnahmen zwar die Überflutungsgefahr zu bannen, sich dafür aber anderswo, insbesondere beim Grundwasser, neue Probleme zu schaffen. Dies gilt nicht nur für die eigentlichen Hochwasserschutzmassnahmen, wie z.B. Dämme, sondern auch für ergänzende oder flankierende Massnahmen wie z.B. ökologische Aufwertungen (*Baumann 2009*). Unter dem Thurtal zwischen Bürglen und Niederneunforn befindet sich ein grosses Grundwasservorkommen, das eine wichtige Rolle für die regionale Trink- und Brauchwasserversorgung hat (*Baumann et al. 2009b*). Bereits *Büchi & Müller (1988)* weisen auf die komplexen Zusammenhänge zwischen Oberflächennutzung, Oberflächengewässer und Grundwasser im Thurtal hin. Bevor die baulichen Hochwasserschutzmassnahmen in Angriff genommen werden können, müssen darum bereits in der Projektierungsphase Modelle bereitgestellt werden, welche eine möglichst präzise Voraussage der zukünftigen, langfristigen Auswirkungen der vorgeschlagenen Massnahmen erlauben (*Baumann et al. 2009a*).

2 Das Grundwassermodell als Entscheidungshilfe

Die jüngste Modellierung des Thurtaler Grundwasserstroms (*Baumann et al. 2009a, Gmünder & Spring 2009a*) gibt ein kohärentes Bild des Thurtaler Grundwasserstroms. Besonders im Bereich der Grundwasserspeisung durch Niederschläge und Oberflächengewässer liegen zusätzliche Fakten und deutlich verbesserte Modellansätze vor. Das Postulat von *Büchi & Müller (1988)*, dass erhebliche Anteile des Thurtaler Grundwasserstroms durch Thur-Infiltrat gebildet wird, konnte bestätigt und präzisiert werden (*Gmünder & Spring 2009b*). Dabei erfolgt die Infiltration nicht gleichmässig, sondern ist bedeutenden lokalen und zeitlichen Schwankungen unterworfen (*Hoehn 2009, Gmünder & Spring 2009b, Scholtis & Hoehn 2009*). Eine wichtige Rolle spielen die Nebengewässer der Thur, namentlich die Binnenkanäle. Deren Wasserführung hängt wiederum vom lokalen Niederschlag, dem Grundwasserspiegel und vor allem von der Wasserführung der Thur ab (*Jecklin & Hunziker 2009, Gmünder & Spring 2009b*). Die Bedeutung der Nebengewässer und ihrer Wechselwirkungen mit dem Grundwasser als Infiltrat oder Exfiltrat mindert sich mit zunehmendem Verbauungsgrad (*Weber 1953, Baumann 2009*). In der Thur wiederum spielen die Gerinnebreite, die Breite der periodisch überfluteten Vorländer, das Strömungsregime, die Dynamik der Geschiebefracht und die Tiefenerosion (*Baumann 2009*) eine wichtige Rolle für das Ausmass dieser Wechselwirkungen (*Gmünder & Spring 2009b*).

Diese Vorgänge fügen sich zu einem komplex vernetzten System, dessen Reaktion auf Veränderungen schwierig voraussehbar ist. Während die Auslöser von Veränderungen bis vor 150 Jahren vor allem natürlicher Art waren, gehen sie in jüngster Zeit zunehmend auf bewusste oder unbewusste menschliche

Eingriffe zurück. Die wohl grössten Einflüsse waren die 1. Thurkorrektur und die Meliorationsprojekte der 1930er- bis 1950er-Jahre (*Baumann 2009*). Die Folgen der natürlichen Veränderungen und künstlichen Eingriffe können sich auf das Grundwasserdargebot, die Richtung und Geschwindigkeit der Grundwasserströmung sowie auf die Grundwasserqualität auswirken (*Scholtis & Hoehn 2009, Gmünder 2009*). Dokumentiert werden diese Parameter und somit auch ihre Veränderungen unter anderem durch das Umweltbeobachtungsnetz des Kantons Thurgau, das für die Kalibrierung des Grundwassermodells erheblich ausgebaut wurde (*Wyss & Dünnenberger 2009, Scholtis & Hoehn 2009*). Mit den verschiedenen Klimastationen, Grund- und Oberflächengewässer-Pegeln sowie Messstellen für chemische und physikalische Parameter können die kurz- und langfristigen Veränderungen aufgezeichnet und analysiert werden.

Das Umweltbeobachtungsnetz und das neue Grundwassermodell dienen in erster Linie der Beschreibung des Thurtaler Grundwasserstroms in seiner Gesamtheit. Für die Beurteilung konkreter Massnahmen sind zusätzlich lokale Modelle notwendig, welche in das Hauptmodell integriert werden können. Diese sogenannten «Modelllupen» können, dank einem dichteren Beobachtungsnetz und einer engeren «Maschenweite» der Knoten im numerischen Modell, in Verbindung mit einer differenzierteren Auflösung der Beschaffenheit des Untergrundes, die lokalen Verhältnisse und die projektbedingten Veränderungen besser abbilden. Für manche Fragestellungen muss das instationäre zweidimensionale Modell auch in die dritte Dimension erweitert oder auf ein stationäres Modell reduziert werden (*Gmünder 2009*). Um die Fernwirkungen des Eingriffs zu beurteilen, wird die Modelllupe in das Gesamtmodell integriert (*Gmünder & Spring 2009b*).

3 Anwendung des Grundwassermodells zur Beurteilung von Projektvarianten im Raum Weinfelden–Bürglen

3.1 Ausgangslage

Im Rahmen der 2. Thurgauer Thurkorrektur wird das vorhandene Schutzsystem (bestehend aus den Dämmen, dem Vorland und dem Mittelgerinne) überprüft und wo sinnvoll und zweckmässig erneuert, verstärkt oder aber durch weitere Massnahmen ergänzt oder ersetzt. So sollen im Raum Weinfelden–Bürglen gemäss Konzept 2002 (*Baumann et al. 2009*) einerseits Rückhaltevolumen in Form von stehender oder fliessender Retention geschaffen und andererseits die Gerinnkapazität vergrössert werden. Zusätzlich wird verlangt, dass die Hochwasserschutzmassnahmen mit einer ökologischen Aufwertung einhergehen sollen, welche auch Aspekte der Erholung und Freizeitgestaltung mit einbeziehen soll (*Baumann 2009*). Unter stehender Retention versteht man die Abminderung einer Hochwasserwelle durch Ableiten des Wassers in ein isoliertes Becken oder eine Geländemulde. Ab einem bestimmten Wasserspiegel wird das überschüssige Wasser in das Becken eingeleitet und so bis zum Abschwellen des Hochwassers zurückgehalten. Bei der fliessenden Retention erfüllt diese Funktion eine grossflächige Flussauenlandschaft, die vom Hochwasser überflutet werden kann.

Im Verlauf der Planung wurden für den Abschnitt Weinfelden–Bürglen verschiedene Varianten ausgearbeitet von denen zwei bis auf Stufe Vorprojekt weiterentwickelt wurden. Die Variante «Grubenau» sieht ein grosses Rückhaltebecken vor, welches nur bei extremem Hochwasser geflutet und anschliessend wieder

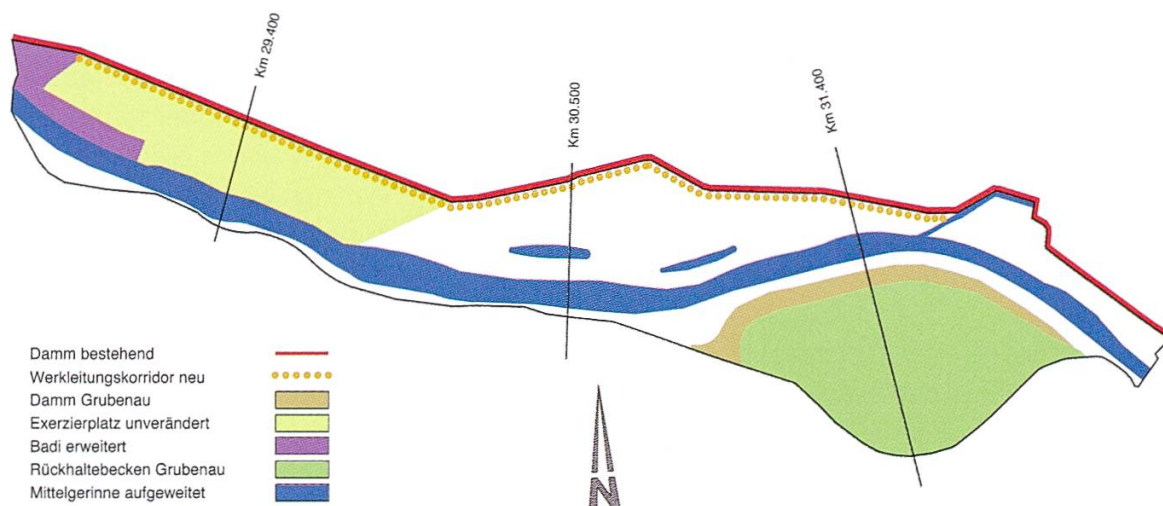


Abbildung 1: Konzeptschema Variante «Grubenau» (stehende Retention)
 Fliessrichtung Thur von rechts nach links. Das obere Ende des Projektperimeters bildet die Istighoferbrücke, das untere Ende die Rothenhauserbrücke resp. das Wehr «Model-Meyerhans». Nach Norden begrenzt der bestehende Hochwasserdamm den Projektperimeter.

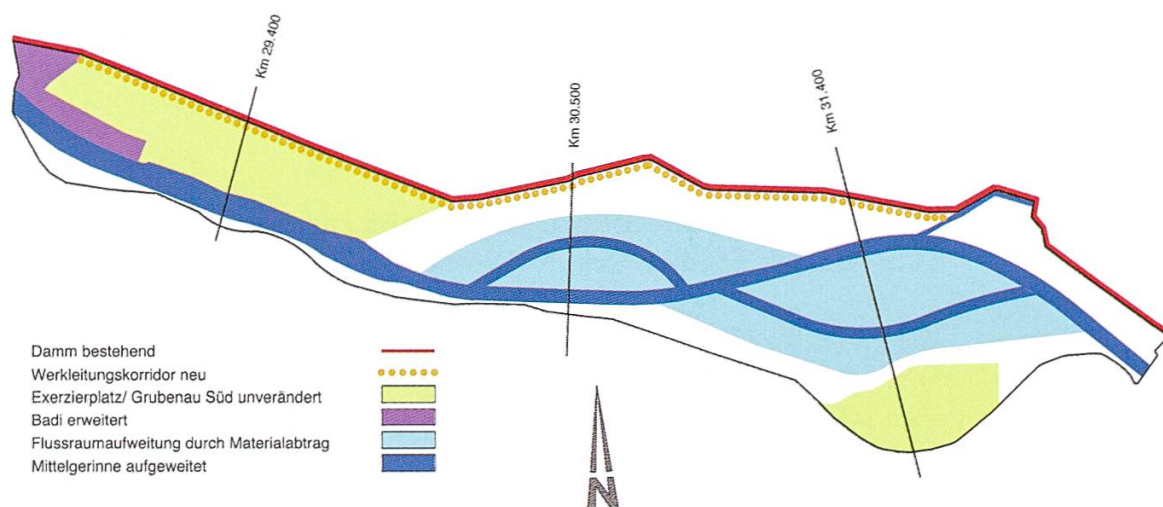


Abbildung 2: Konzeptschema Variante «Pendelband» (fliessende Retention)
 Fliessrichtung Thur von rechts nach links. Das obere Ende des Projektperimeters bildet die Istighoferbrücke, das untere Ende die Rothenhauserbrücke resp. das Wehr «Model-Meyerhans». Nach Norden begrenzt der bestehende Hochwasserdamm den Projektperimeter.

entwässert wird (Abbildung 1). Die Variante «Pendelband» verbreitert den gesamten Flussraum und schafft zwei neue Gerinne, welche auch bei Niedrigwasser durchflossen werden (Abbildung 2).

3.2 Grobbeurteilung

Die Planung der beiden Varianten erfolgte vorerst unabhängig von den Erkenntnissen des parallel erarbeiteten Grundwassermodells. Massgebend für die Pla-

nung waren in erster Linie hydraulische, raumplanerische und ökologische Überlegungen. Die für das Grundwassermodell erarbeiteten geologischen Grundlagen ergaben, dass die Thur im Projektgebiet abwechslungsweise über undurchlässigen Molassefels, gering durchlässige Eiszeitablagerungen und hochdurchlässigen Schotter, also über einem hydrogeologisch sehr heterogenen Untergrund verläuft (Naef & Frank 2009). Im Bereich der Schotter findet bereits heute eine erhebliche, für die Gesamtwasserbilanz bedeutende Infiltration von Thurwasser in den tiefer liegenden Grundwasserstrom statt (Gmünder & Spring 2009a). Die Schotter stellen die Füllung eines älteren, tieferliegenden Thurarms dar, dessen Verlauf nicht mit dem heutigen übereinstimmt. Entsprechend liegen die wichtigen Elemente der beiden Projektvarianten, so das Rückhaltebecken (Abbildung 1) oder die erweiterten und zusätzlich erstellten Thurarme (Abbildung 2), z.T. über diesen gut durchlässigen Schottern oder z.T. aber über schlechter durchlässigen Lockergesteinen. Es musste somit davon ausgegangen werden, dass die Infiltrationsverhältnisse durch die Realisierung der einen oder anderen Variante verändert werden, was quantitative und qualitative Einflüsse auf den Thurtaler Grundwasserstrom haben könnte. Da die Menge des infiltrierenden Thurwassers aber von einer Vielzahl von Faktoren abhängt, neben der Art des Untergrundes auch von Gerinnebreite, der Wassertiefe und der Kolmation, d.h. der Versiegelung der Flusssohle durch Feinpartikel und organisches Material, ist eine Quantifizierung der Veränderungen ohne ein räumliches numerisches Modell nicht möglich. Dies gilt auch für die Abschätzung der Auswirkungen einer Veränderung der infiltrierenden Wassermenge auf den Thurtaler Grundwasserstrom.

3.3 Nachbildung mit einer Modelllupe

Für eine zuverlässige quantitative Prognose musste das bestehende Modell im Bereich der Projektvarianten so verfeinert werden, dass sowohl die heutigen Verhältnisse als auch die in Zukunft geplanten Gerinne möglichst präzise abgebildet werden können. Die Quantifizierung der heutigen Infiltrationsbedingungen ist dabei von zentraler Bedeutung. Die im Modell verwendete Funktion für die Infiltration wurde anhand von Pegeldaten in Thurnähe geeicht. Die durch die Projektvarianten verursachte Veränderung der Infiltrationsbedingungen muss ebenfalls prognostiziert werden (Leakagewert, d.h. Wert für das Mass der Versickerung von Thurwasser durch die Thursohle ins Grundwasser). Dieser Wert variiert in Abhängigkeit der Sohlenbreite (Fläche für Versickerung), der Sohlenkolmatierung (Geschiebe und Vegetation) und des Abflussgeschehens. Als Grundlage für die Abschätzung der Infiltrationseigenschaften der Gerinneaufweitungen und der neu geschaffenen Gerinne dienen:

- Überlegungen der Kolmationstheorie (Schälchli 1993)
- Forschungsergebnisse der EAWAG (Hoehn 2009)
- Nachbildung der Auswirkungen realisierter Aufweitungen bei Niederneunforn (Gmünder & Spring 2009b).

Die angenommenen Parameter wurden mit Sensitivitätsanalysen variiert und deren Einfluss auf die Resultate wurde quantifiziert. Bei den durchgeführten Szenarienrechnungen zeigte es sich, dass die angenommenen Leakage-Werte

für die neuen Gerinne die massgebende Grösse darstellt, die den Grundwasseranstieg steuert.

Die Szenarienberechnungen wurden – entsprechend dem Gesamtmodell – zweidimensional und instationär ausgeführt. Die Simulation erfolgt anhand eines bekannten, repräsentativen und durch das Modell gut abgebildeten Zeitabschnitts. Für die Szenarienberechnungen wird angenommen, dass die eine oder andere Variante bereits früher, vor dem betreffenden Zeitabschnitt, realisiert wurde. Die projektrelevanten Rahmenbedingungen werden angepasst, die übrigen Parameter entsprechen den im betreffenden Zeitraum tatsächlich gemessenen Werten oder dem ursprünglichen Modell für diesen Zeitraum. Durch den Vergleich des ursprünglichen Modells mit dem projektspezifisch angepassten Modell können die projektbedingten Veränderungen lokalisiert und quantifiziert werden. Für die Simulationen wurden zwei Zeitabschnitte ausgewählt. Der Zeitraum vom September 1998 bis zum August 1999 enthält mehrere Thurhochwasser nach einem anfänglich tiefen Grundwasserstand. Das Hochwasser vom Mai 1999 entspricht etwa einem hundertjährlichen Hochwasser (HQ₁₀₀). Der Zeitraum vom September 2002 bis zum September 2003 enthält eine lange Trockenwetterphase, welche zu einem Niedrigwasserstand im Herbst 2003 führt.

3.4 Resultate

Beide Projektvarianten verursachen, wie vermutet, eine zusätzliche Speisung des Grundwassers und damit einen Anstieg des Grundwasserspiegels im Gebiet Weinfeld–Bürglen. Der Einfluss auf die Fliessrichtungen des Grundwassers ist lokal begrenzt (*Gmünder & Spring 2009b*).

Variante «Grubenau» (Abbildung 1):

Der Einfluss wurde unter Normalbedingungen (d.h. Abfluss bis HQ₁₀₀) und bei Auftreten eines Extremhochwassers (EHQ) getrennt betrachtet. Unter Normalbedingungen verursacht diese Variante zwischen Grubenau (südliche Talseite) und Weinfeld (nördliche Talseite) einen Anstieg des Grundwassers um etwa einen Meter. Der Anstieg fällt bereits westlich von Weinfeld unter 0,5 m.

Bei einem Extremhochwasser infiltriert im Rückhaltebecken über eine begrenzte Zeitspanne zusätzliches Wasser ins Grundwasser. Dies führt im Gebiet Grubenau zu einem lokal begrenzten Grundwasseranstieg von 3 m. Bereits nördlich der Thur beträgt der Anstieg nur noch 1,5 m. Bis Weinfeld beträgt er noch einen Meter. Die Auswirkungen des EHQ-Abflusses sind zeitlich begrenzt.

Variante «Pendelband» (Abbildung 2):

Diese Projektvariante verursacht zwischen Grubenau (südliche Talseite) und Weinfeld (nördliche Talseite) einen Anstieg des Grundwassers um 2,5 m bis 3 m. Nach Westen nimmt der Anstieg schnell ab und erreicht bei Wigoltingen bereits einen Wert unter 0,5 m. Im Bereich von Weinfeld verursacht die Variante einen Einstau von Tiefbauten (es wurden in einer ersten Phase nur Werkleitungen überprüft) und belasteten Standorten (hauptsächlich aufgefüllte Kiesgruben, Deponien).

Mit einer Parametervariation wurde die Sensitivität der Resultate auf die Annahmen untersucht. Es zeigt sich, dass der prognostizierte Grundwasseranstieg zwar sensitiv auf die Annahmen des Leakagewertes reagiert, die Grössenordnung der Resultate aber nicht in Frage stellt. Aus dem Vergleich zwischen der Variante «Grubenau» und der Variante «Pendelband» geht zudem hervor, dass die neuen Seitengerinne einen grossen Einfluss auf die prognostizierte Grundwassererhöhung besitzen.

3.5 Schlussfolgerungen für den Abschnitt Weinfelden–Bürglen

Mit den durchgeführten modellmässigen Abklärungen und Prognosen konnte schon im Rahmen der Bewertung von Vorprojekten die Auswirkungen eines neuen Flussraumes (breites Mittelgerinne, neue Thurgerinne) auf das Grundwasser berücksichtigt werden. Die Berechnungen zeigten, dass im Bereich der vorgesehenen neuen Gerinne eine regional wichtige Infiltration aus der Thur stattfindet (Abbildung 3) und durch die geplante Gerinneaufweitung sowie die Schaffung der neuen Gerinne die Infiltration vergrössert wird.

Wenn eine der beiden entwickelten Varianten realisiert wird, bewirkt dies einen Grundwasseranstieg, der sich bis nach Weinfelden ausdehnt. Dies hätte die folgenden lokalen Auswirkungen:

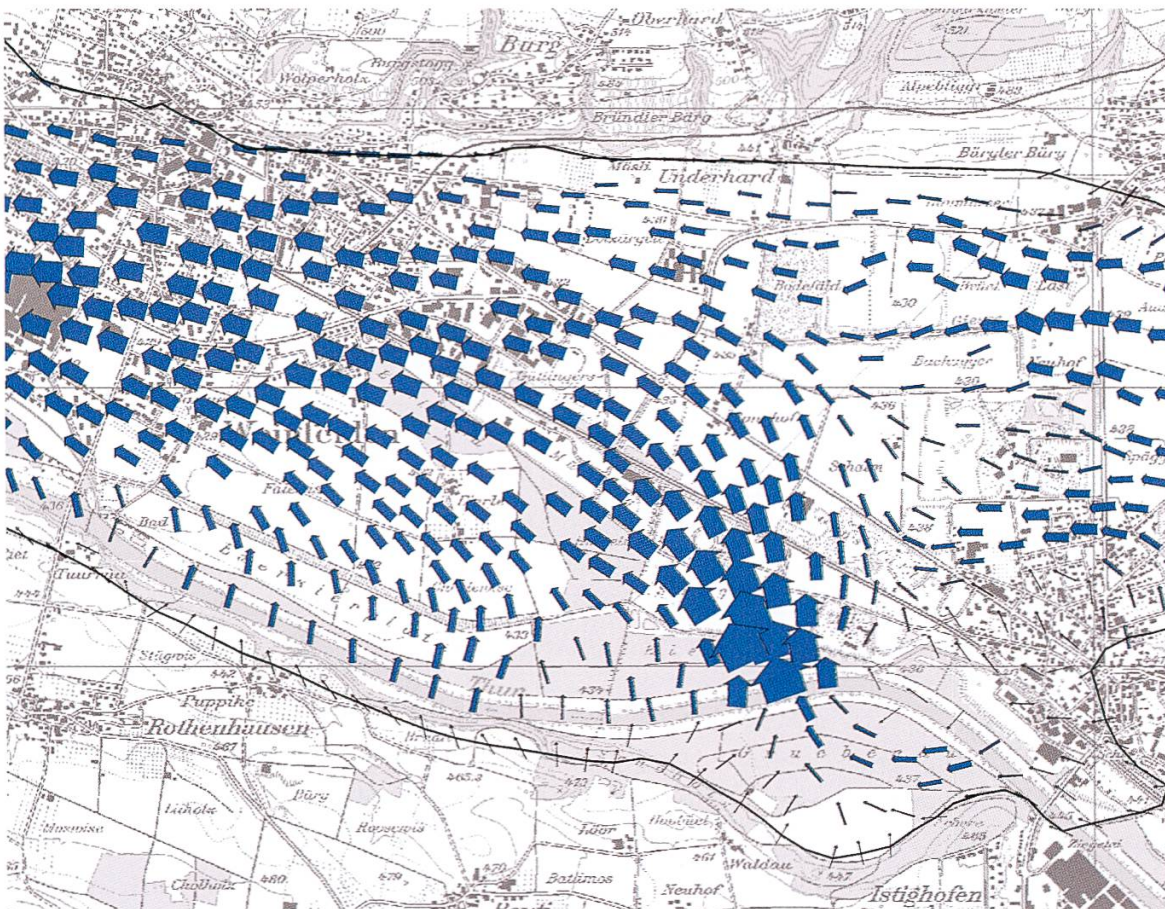


Abbildung 3: Ausschnitt aus dem Strömungsbild im Abschnitt Bürglen–Weinfelden, Situation am 12.09.2006. Die Orientierung der Pfeile gibt die Richtung der Grundwasserströmung an. Die Dicke der Pfeile ist proportional zum Durchfluss über einen Querschnitt durch den Grundwasserleiter. Hintergrundkarte reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (BA091018).

- Es steht mehr Grundwasser für die Nutzung zur Verfügung.
- Verschiedene Bauten und Anlagen sowie künstliche Auffüllungen werden wegen des höherliegenden Grundwasserspiegels eingestaut.
- Es resultieren Veränderungen der Strömungsrichtung und Anströmung von bestehenden Grundwasserfassungen.
- Es sind tiefenmässige Nutzungsbeschränkungen für neue Bauten und Anlagen festzulegen (neuer maximaler Grundwasserspiegel, der bei Bauprojekten zu berücksichtigen ist).

Die Befürchtung einer Übernutzung des Grundwasservorkommens, wie sie noch von *Büchi & Müller (1988)* formuliert wurde, hat sich bis heute nicht bewahrheitet. Zwischenzeitlich hat sich die Tendenz sogar umgekehrt und die Nutzung ist rückläufig (*Baumann et al. 2009b*). Eine künstliche Grundwasseranreicherung durch eine forcierte Infiltration steht aus dieser Sicht somit nicht mehr im Vordergrund. Andererseits kann nicht ausgeschlossen werden, dass die direkte Grundwasserneubildung durch Niederschläge zukünftig aufgrund menschlicher Aktivitäten, insbesondere durch Oberflächenversiegelung, oder durch klimatische Änderungen, abnimmt. Dies könnte eine zusätzliche Grundwasserneubildung durch wasserbauliche Eingriffe als durchaus attraktiv erscheinen lassen.

Ein wichtiger Aspekt bei der Beurteilung von flussbaulichen Massnahmen ist die Definition des Ausgangszustandes. Namentlich bei der Beurteilung von Neukonzessionierungen von Flusskraftwerken wird ins Feld geführt, dass der Neu- oder Umbau nicht mit der heutigen Situation, sondern mit jener vor dem Bau des aktuellen Kraftwerkes zu vergleichen sei. Auf die vorliegende Fragestellung übertragen, würde das heissen, dass die zukünftige Situation mit jener vor der 1. Thurkorrektur und vor den Meliorationsmassnahmen der 1930er- bis 1950er-Jahre verglichen werden müsste. Dies ist hier von besonderem Interesse, da eine allfällige Mehreinspeisung von Thurwasser durch stehende oder fliessende Retention eine Annäherung an diesen «Urzustand» bringen könnte. Aus der Zeit vor der 1. Thurkorrektur liegen kaum konkrete, verwertbare Daten zum Grundwasser vor. Aber die langjährigen Pegelmessungen in den Pumpwerken Mauern (Berg), Schachen und Untere Au (Weinfeld) belegen, dass der durchschnittliche Grundwasserspiegel hier vor dem 2. Weltkrieg deutlich höher lag (*Jäckli & Weber 1964*). Ein projektbedingter Grundwasseranstieg könnte somit als Wiederherstellung der ursprünglichen Verhältnisse betrachtet werden.

Andererseits ist zu berücksichtigen, dass sich in den vergangenen Jahren insbesondere im Raum Weinfeld–Bürglen öffentliche wie private Bauherren auf einen vergleichsweise tiefen Grundwasserspiegel eingestellt haben. Ein Wiederanstieg könnte hier zu erheblichen Problemen bei bestehenden Bauten führen. Aus dieser Sicht ist ein Projekt, das zu einer erheblichen zusätzlichen Infiltration führt, als eher ungünstig zu betrachten. Dazu kommt die angeführte Altlastenproblematik.

Aufgrund der neuen Erkenntnisse wurde der Lösungsansatz für den Hochwasserschutz zwischen Weinfeldern und Bürglen angepasst: Bei der Schaffung von zusätzlichem Raum zur Retention der Hochwasserspitzen wird das vorhandene Deckschichtmaterial, das eine schlechtere Sickerfähigkeit aufweist als das darunter liegende Kies, nicht abgeführt, sondern wieder eingebaut. So wird die Versickerung von Thurwasser reduziert. Ebenfalls werden die erkannten lokalen Bereiche gemieden, wo die Hauptversickerung von Oberflächenwasser erfolgt. Neue Seitengerinne werden dort nicht oder nur eingeschränkt geschaffen.

4 Variantenstudien im Raum Frauenfeld–Weinfeldern

Im Abschnitt Frauenfeld–Weinfeldern ist die Planung noch nicht so weit gediehen wie im Abschnitt Weinfeldern–Bürglen. Auch hier soll die Erneuerung des bestehenden Schutzsystems durch naturnahe Ergänzungen gemäss Konzept 2002, namentlich Gerinneaufweitungen, verbessert werden. In diesem Thurabschnitt können die Erkenntnisse des Grundwassermodells bereits bei der Entwicklung und somit nicht erst beim Vergleich der Varianten einfließen. Es ist vorgesehen, das regionale Grundwassermodell für die folgenden Fragestellungen einzusetzen:

- Welche Auswirkung hat die Verbreiterung des Mittelgerinnes auf die Grundwasserinfiltration und die Grundwasserverhältnisse?
- Welche Geometrie der Zuströmungsmuster weisen die bestehenden Grundwasserfassungen auf?
- Wie lange fliesst das Wasser im Untergrund, bis es ein Pumpwerk erreicht und welcher Anteil an Thur-Infiltrat weist das geförderte Grundwasser auf?

5 Schlussfolgerungen

Das neue regionale Grundwassermodell erlaubt die Nachbildung der Grundwasserverhältnisse und hilft, die dynamischen Prozesse der Grundwasserbilanz zu verstehen. Es kann auch als Entscheidungshilfe eingesetzt werden. Für konkrete Fragestellungen muss es jedoch immer hinterfragt und allenfalls angepasst werden. Es liefert quantitative Aussagen zu den Auswirkungen auf die Wasserbilanz, den Grundwasserspiegel und die Fliessrichtungen, ermöglicht den Vergleich verschiedener Varianten und hilft, Unsicherheiten bei den Annahmen zu erkennen und deren Auswirkungen zu quantifizieren.

Mit dem Grundwassermodell konnten die Auswirkungen von flussbaulichen Massnahmen auf das Grundwasser in einem frühen Projektstand aufgezeigt werden. Dadurch war es möglich, ein auch in Bezug auf das Grundwasser optimales Projekt weiterzuentwickeln. Das regionale Grundwassermodell soll in Zukunft für weitere Hochwasserschutzprojekte der Thur sowie für Bachprojekte im Einzugsgebiet des Grundwasservorkommens eingesetzt werden.

6 Literatur

- *Baumann M. & Enz A., 2007*: Die 2. Thurkorrektur im Thurgau – ein Fluss verändert sich. Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft, Band 62, 33–57.
- *Baumann M., 2009*: Die Thur und das Thurtal. Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft, Band 63.
- *Baumann M., Hoehn E., Jordan P., 2009a*: Die 2. Thurgauer Thurkorrektur erfordert einen neuen Blick auf das Thurtaler Grundwasser. Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft, Band 63.
- *Baumann M., Hoehn E., Holzschuh R., Jordan P., Kuratli E., Rist O., 2009b*: Das regionale Grundwassermodell – ein Instrument für die Grundwasser-schlussfolgerungsartikel. Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft, Band 63.
- *Büchi & Müller AG, 1988*: Simulation und Bilanzierung der Grundwasserströmungen im Thurtal; mit 50 Beilagen. Ausgearbeitet im Auftrag des Amtes für Umweltschutz und Wasserwirtschaft des Kantons Thurgau. Frauenfeld, im Dezember 1988, unpubl. Bericht.
- *Gmünder Chr. & Spring U., 2009a*: Grundwasserströme und Grundwasserbilanz – Grundwassermodell Thurtal. Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft, Band 63.
- *Gmünder Chr. & Spring U., 2009b*: Interaktion zwischen Thur und Grundwasser aus der Sicht der 2. Thurkorrektur. Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft, Band 63.
- *Gmünder Chr., 2009*: Modellgestützte Ermittlung der Einzugsgebiete von Grundwasserfassungen. Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft, Band 63.
- *Hoehn E., 2009*: Methoden zur Bestimmung der Wechselwirkungen zwischen Thur und Grundwasser – Wichtigste Ergebnisse von Untersuchungen der Eawag an der Thur. Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft, Band 63.
- *Jäckli H. & Weber A., 1964*: Geologisch-hydrogeologische Begutachtung des Grundwassergebietes im Thurtal im Hinblick auf die Grundwassernutzung und Kiesgewinnung mit 9 graphischen Beilagen. Ausgearbeitet im Auftrag des Wasserwirtschaftsamtes des Kantons Thurgau und des Tiefbauamtes des Kantons Thurgau. Zürich, 15. Juni 1964.
- *Jecklin Chr. & Hunziker R., 2009*: Hydraulik der Oberflächengewässer im Thurtal. Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft, Band 63.
- *Naef H. & Frank S., 2009*: Neue Erkenntnisse zur Entstehung und zum Aufbau des Thurtaler Grundwasserträgers zwischen Bürglen und Niederneunforn. Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft, Band 63.
- *Schälchli U., 1993*: Die Kolmation von Fliessgewässersohlen: Prozesse und Berechnungsgrundlagen. Dissertation ETH Zürich.
- *Scholtis A. & Hoehn E., 2009*: Beschaffenheit des Grundwassers im Thurtal. Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft, Band 63.
- *Weber A., 1953*: Die Grundwasserverhältnisse des Kantons Thurgau, inkl. Karte der öffentlichen Grundwassergebiete 1:100'000, nachgeführt bis Ende 1952. Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft, Band 36, 3-125.

- *Wyss R. & Dünnenberger U., 2009: Grundwassermonitoring – dem Grundwasser auf der Spur. Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft, Band 63.*

Adressen der Autoren:

Dr. Marco Baumann
Leiter Abteilung Wasserwirtschaft/Wasserbau, Amt für Umwelt Kanton Thurgau
CH-8510 Frauenfeld

Dr. Eduard Hoehn
Hydrogeologe, Eawag, Wasserforschungsinstitut des ETH-Bereichs
CH-8600 Dübendorf

Dr. Peter Jordan
Leiter Abteilung GIS/Geologie, Böhlinger AG, CH-4104 Oberwil

