Hydraulik der Oberflächengewässer im Thurtal

Autor(en): **Jecklin, Christian / Hunziker, Roni**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft**

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

PDF erstellt am: **29.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-593748

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Hydraulik der Oberflächengewässer im Thurtal

Christian Jecklin und Roni Hunziker

Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft, Band 63
9 Seiten • 4 Abbildungen, 1 Tabelle • Frauenfeld 2009

1 Einführung und Ausgangslage

Für die Erfassung und Beschreibung der Interaktion zwischen dem Grundwasser und den Oberflächengewässern im Thurtal sollten als Eingangsgrösse für das Grundwassermodell Thurtal die Wasserspiegel- und Sohlenlagen im Oberflächengewässernetz des Thurtals zwischen Bürglen und Niederneunforn bestimmt werden. Das komplexe Gewässernetz im Thurtal wird in einem hydraulischen Staukurvenmodell ab- und nachgebildet. Mit Hilfe des Staukurvenmodells werden die massgebenden Wasserspiegellagen als Randbedingungen für das Grundwassermodell berechnet.

2 Das System der Oberflächengewässer im Thurtal

2.1 Charakteristiken der Oberflächengewässer

Im Thurtal[1] sind verschiedene Oberflächengewässertypen anzutreffen. Das Abflussregime im Thurtal wird durch die Wildbäche Thur und Murg dominiert. Innerhalb des Untersuchungsperimeters befinden sich mit dem Ellikerbach, dem Chemebach und dem Weinfelder Giessen noch weitere Wildbäche. Diese weisen ein stark niederschlagsabhängiges Abflussregime auf. Im Thurtal gibt es auch diverse Fabrikkanäle, welche hauptsächlich mit ausgeleitetem Thurwasser die Kleinwasserkraftwerke speisen. Innerhalb der vorliegenden Studie wurden der Grüneckkanal bei Mühlheim/Pfyn und der Fabrikkanal Weinfelden näher untersucht. Die maximale Abflussmenge in den Fabrikkanälen entspricht der Konzessionswassermenge. Der alte Ellikerbach, der Elliker und Felber Gillgraben und der Mooskanal sind Drainagebäche. Deren Abfluss ist vom Grundwasserstand abhängig.

Die fünf Binnenkanäle entlang der Thur sind bezüglich des Abflussregimes ähnlich den Drainagegräben. Sie werden durch Grundwasser und durch Uferfiltrat der Thur gespiesen. In *Abbildung 1* und *Tabelle 1* sind sämtliche Oberflächengewässer, welche im Grundwassermodell berücksichtigt wurden, zusammengestellt. Zur Beschreibung der Gewässer für die hydraulischen Berechnungen werden Querprofilaufnahmen der Gewässer verwendet. In den grossen Talflüssen werden die Querprofile systematisch in bestimmten Perioden vermessen. Für die Grundwassermodellierung wurden zusätzliche Querprofile in den Binnenkanälen und Seitengewässern aufgenommen. Aus den Querprofilaufnahmen werden die gewässerrelevanten Grössen bestimmt: mittlere Sohle, Talweg (tiefster Punkt auf der mittleren Sohle), Bankhöhen (höchster Punkt auf der mittleren Sohle) sowie die Uferhöhen.

2.2 Gewässermorphologie der Thur und der Murg

Die Thur fliesst auf einer Länge von ca. 45 km zwischen Bischofszell und Niederneunforn durch den Kanton Thurgau. Auf dieser Strecke befinden sich

---

[1] *Als Thurtal wird im vorliegenden Artikel der Bereich zwischen der Zürcher Schwelle in der Thur (Gemeinde Neunforn) und Bürglen bezeichnet.*

Gewässername	Modelllänge [km]	Beschreibung
Thur	ca. 35 (bis Bürglen)	
Murg	4,6 (bis Königswehr)	Frauenfeld
Binnenkanal 1 Süd	10,3	Thalheim-Frauenfeld
Binnenkanal 2 Süd	4,8	Allmend Frauenfeld
Binnenkanal 3 Süd	2,6	Felben-Wellhausen
Binnenkanal 1 Nord	4,6	Niederneunforn-Uesslingen
Binnenkanal 2 Nord	3,1	Pfyn
Grüneckkanal	4,2	Grüneck-Pfyn
Fabrikkanal Weinfelden	2,8	Weinfelden
Alter Ellikerbach	4,7	Ellikon-Altikon
Ellikerbach	2,5	Ellikon
Elliker Gillgrabe	nicht modelliert	Horgenbach
Mooskanal	nicht modelliert	Frauenfeld
Felber Gillgrabe	1,2	Felben
Chemebach	4,3	Märstetten-Hasli
Giessen Weinfelden	4,1	Weinfelden

Tabelle 1: Zusammenstellung der im Grundwassermodell berücksichtigten Oberflächengewässer.

5 Wehre, 16 Schwellen und 20 Brücken. Die Thur durchfliesst das Thurtal zwischen Bürglen und Niederneunforn mehrheitlich in einem Doppeltrapezprofil, d.h. die Thur besteht aus einem Hauptgerinne und einem Vorland, welches erst bei mittleren Hochwasserabflüssen benetzt wird. In *Abbildung 2* ist ein Ausschnitt des Längenprofils der Thur unterhalb der Murgmündung dargestellt. Der modellierte Abschnitt der Murg ist 4,6 km lang und reicht von der Thur-Mündung bis zum Königswehr oberhalb der Stadt Frauenfeld. In diesem Abschnitt befinden sich diverse Wehre und Schwellen und die Uferböschungen sind im Stadtbereich teilweise hart verbaut.

2.3 Gewässermorphologie der Fabrik- und Binnenkanäle

Im Thurtal gibt es insgesamt 5 Binnenkanäle, drei südlich und zwei nördlich der Thur. Die Binnenkanäle sind bezüglich des Abflussregimes ähnlich den Drainagegräben. Sie werden durch Grundwasser und durch Uferfiltrat der Thur gespiesen und nehmen das Wasser der Seitenbäche auf. Die Sohlenbreite beträgt bis zu 12 m und sie dienen unter anderem auch als Vorfluter für die Drainage- und Seitenbäche im Thurtal. Die Uferböschungen der Binnenkanäle sind grösstenteils mit Buschvegetation bedeckt, teils auch mit Bäumen stark eingewachsen. Die Sohle der Binnenkanäle ist unbefestigt und besteht aus sandigem und kiesigem Material. In *Abbildung 3* sind die Sohlenbreiten und das Längenprofil des Binnenkanals 1 Süd (Frauenfeld-Thalheim) dargestellt.

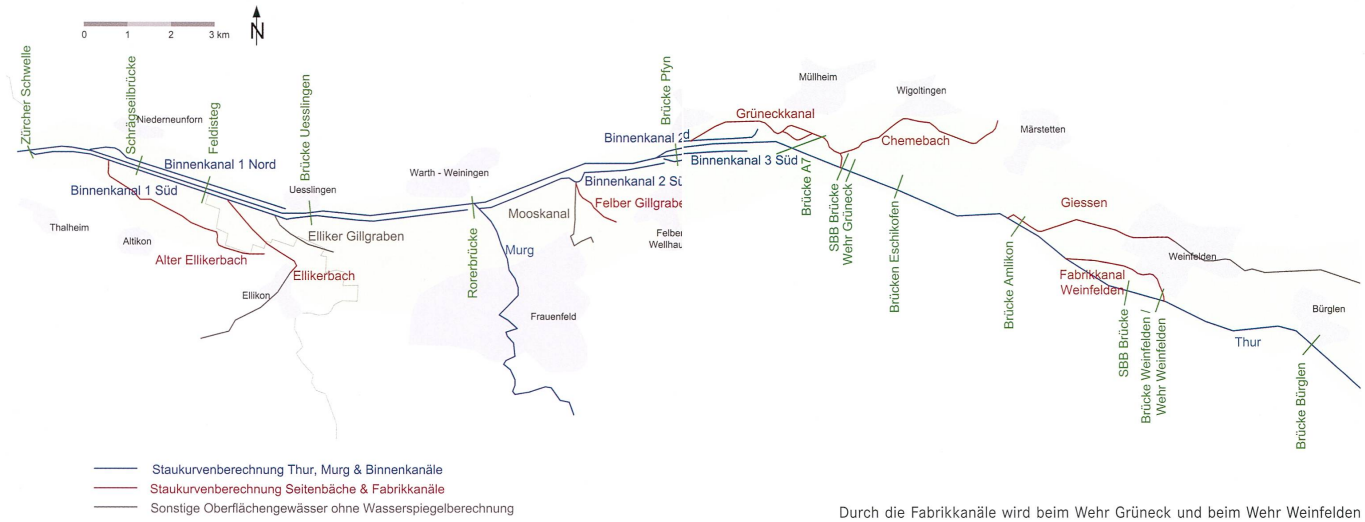

Abbildung 1: Übersicht über die Oberflächengewässer im Thurtal, die im Grundwassermodell berücksichtigt wurden.

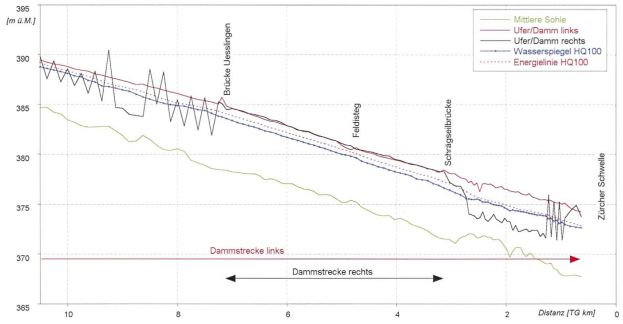

Abbildung 2: Längenprofil der Thur zwischen Murgmündung und Zürcher Schwelle mit Wasserspiegel und Energielinie HQ_{100} (Abfluss 1360 m^3/s).

Durch die Fabrikkanäle wird beim Wehr Grüneck und beim Wehr Weinfelden ausgeleitetes Thurwasser den Wasserkraftwerken in Grüneck und Weinfelden zugeführt. Unterhalb der Kraftwerkszentralen wird das Wasser wieder in die Thur zurückgeleitet. Die Kanäle haben grösstenteils einen befestigten Uferverbau.

2.4 Gewässermorphologie der Seiten- und Drainagebäche

Die Seitenbäche entwässern die Seitenmoränen des Thurtals in die Thur. Grösstenteils münden die Seitenbäche in die Binnenkanäle. Die Flusssohlen sind teilweise mit Sperren und Schwellen verbaut. Nur der Giessen in Weinfelden hat zwischen Berg und Weinfelden mehrheitlich eine befestigte Sohle und ist im Dorfzentrum von Weinfelden mit Ufermauern hart verbaut. Die Drainagebäche dienen im Thurtal als Vorfluter der Drainagen. Der Abfluss in den Drainagebächen ist abhängig vom Grundwasserstand. Sämtliche Drainagebäche münden in die Binnenkanäle.

3 Hydraulik der Oberflächengewässer

3.1 Erstellung Staukurvenmodelle

Für die Berechnung der Wasserspiegellagen wurde das Programm HEC-RAS des US Army Corps of Engineers *(Brunner 2006)* verwendet. Das Programm ist ein eindimensionales Simulationsprogramm zur Berechnung von Wasserspiegellagen in

Flüssen und Bächen bei stationären und instationären Abflüssen. Im Rahmen des Projektes «Grundwassermodell Thurtal» wurden lediglich stationäre Berechnungen (Staukurvenberechnung) durchgeführt. Diese Berechnungen ermöglichen es, den Rückstau der Thur in die Binnenkanäle bzw. der Binnenkanäle in die Seitenbäche zu berechnen. Dies ist insbesondere bei hoher Wasserführung der Thur relevant.

Insgesamt wurden vier verschiedene Staukurvenmodelle verwendet. Mit dem Staukurvenmodell der Thur wurden für sämtliche Zuflüsse (Murg und Binnenkanäle) die unteren Randbedingungen für verschiedene Abflüsse bestimmt. Ein weiteres Modell beinhaltet alle Binnen- und Fabrikkanäle. Die Wasserspiegelberechnungen in der Murg erfolgten in einem eigenen Modell. Die Seitenbäche wurden ebenfalls in einem eigenen Modell modelliert. Als untere Randbedingung wurden in den Seitenbächen jeweils Normalabflussverhältnisse angenommen.

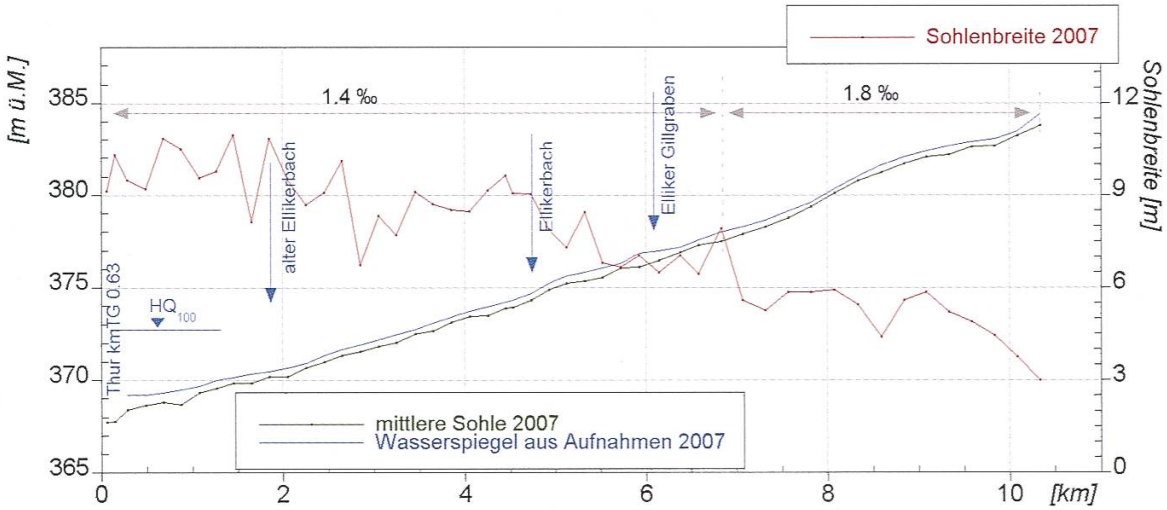

Abbildung 3: Längenprofil und Sohlenbreite Binnenkanal 1 Süd aus den Aufnahmen 2007 mit Höhe des Wasserspiegels der Thur bei HQ_{100}.

3.2 Kalibrierung Staukurvenmodelle

Für die Kalibrierung der Modelle und die Bestimmung der Wasserspiegellagen standen verschiedene Typen von Messstationen zur Verfügung. An der Thur und an der Murg werden an den Abflussmessstationen des Bundesamtes für Umwelt unter anderem die Abflüsse aufgezeichnet. Am Giessen und im Chemebach standen längere Messreihen des Wasserspiegels zur Verfügung. Diese Messstationen werden durch das Amt für Umwelt Thurgau betreut. An sieben weiteren Standorten entlang der Fliessgewässer wurden im Rahmen des Projektes Datenlogger installiert, welche den Wasserspiegel aufzeichnen. An den Stichtagsmessungen wurden an den sieben zusätzlichen Messstandorten noch Abflussmessungen durchgeführt.

Bei der Kalibrierung wird versucht, mit der registrierten Abflusswassermenge die gemessenen Wasserspiegel nachzurechnen, indem die Rauigkeiten der Sohle und Böschungen entsprechend angepasst werden. Die Rauigkeiten werden in einem ersten Schritt auf einer Feldbegehung aufgrund der Vegetationsverhält-

nisse der Ufer und der Sohlenbeschaffenheit mit Erfahrungswerten festgelegt. Die geschätzten Rauigkeiten sind dann im nächsten Schritt mit einer Kalibrierung verifiziert worden.

Das vorhandene Staukurvenmodell der Thur *(Hunziker et al. 2008)* wurde mit den Hochwasserspuren des Hochwassers 23.5.1999 kalibriert. Da aber für das Grundwassermodell bzw. für die In- und Exfiltration ins Grundwasser unter anderem auch die niedrigen und mittleren Wasserspiegel wichtig sind, wurde eine zusätzliche Kalibrierung mit Niederwasserspiegel durchgeführt. Dazu wurden in der Thur ober- und unterhalb der Murgmündung während der ersten Stichtagsmessung je 8 Wasserspiegelkoten aufgenommen.

Oberhalb der Murgmündung fliesst die Thur in einem kanalartigen Gerinne, unterhalb der Murgmündung befinden sich die wechselseitigen Aufweitungen. Durch die Nachrechnung von gemessenen Wasserspiegeln ober- und unterhalb der Murgmündung wurde versucht, eine möglichst robuste Kalibrierung in beiden typischen Morphologien der Thur zu erreichen. Der Vergleich der berechneten Wasserspiegel mit den gemessenen ergab einen Mittelwert der Abweichung von 6 cm. Dies wird als eine gute Kalibrierung beurteilt. In *Abbildung 4* sind im Längenprofil die berechneten und gemessenen Wasserspiegel der Thur ober- und unterhalb der Murgmündung dargestellt. In der Murg, in 3 Binnenkanälen sowie in 2 Seitenbächen wurden analog der Thur die Staukurvenmodelle kalibriert.

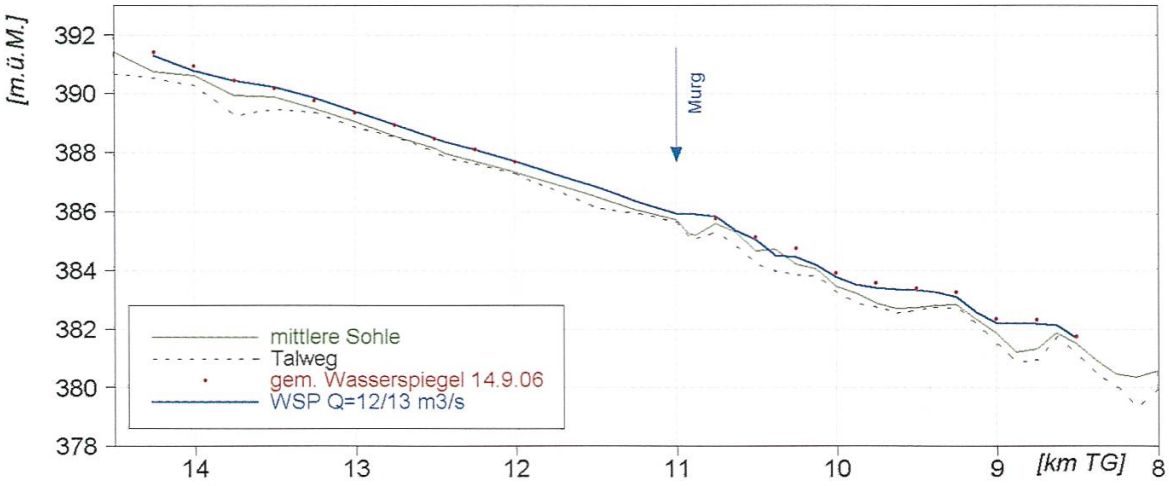

Abbildung 4: Längenprofil der Thur mit den gemessenen Wasserspiegeln im Vergleich mit den berechneten Wasserspiegeln.

4 Resultate und Diskussion

Die erste Kalibrierung der Staukurvenmodelle in den Binnenkanälen mit vereinfachten Querprofilaufnahmen hat gezeigt, dass insbesondere für die Niederwasserspiegelberechnung in den Binnenkanälen eine detaillierte Gewässervermessung notwendig ist, um verlässliche Aussagen über den Wasserspiegel machen zu können. In den Binnenkanälen 1 und 2 Süd sowie in dem Binnenkanal 1 Nord sind teilweise Bänke und Kolke sowie andere morphologische Strukturen anzu-

treffen, welche bei einer vereinfachten Sohlenvermessung nicht erfasst werden und dementsprechend zu einer Abweichung im berechneten Wasserspiegel gegenüber den gemessenen Werten führen können. Die zweite Kalibrierung mit den detaillierteren Querprofilaufnahmen führte zu verlässlicheren Resultaten. In den meisten Binnenkanälen und einigen Seitengewässern sind zudem Biberbauten anzutreffen, welche zu einem lokalen Rückstau führen können. Diese Effekte konnten bei der Modellierung nicht berücksichtigt werden. Als Resultat und Eingangsgrösse für das Grundwassermodell wurden schlussendlich für verschiedene Szenarien (unterschiedliche Randbedingungen und Abflussverhältnisse) mit den kalibrierten Staukurvenmodellen die Wasserspiegellagen bestimmt.

5 Zusammenfassung

Für die Erfassung und Beschreibung der Interaktion zwischen dem Grundwasser und den Oberflächengewässern im Thurtal sollten als Eingangsgrösse die Wasserspiegel- und Sohlenlagen im Oberflächengewässernetz des Thurtals zwischen Bürglen und Niederneunforn bestimmt werden. Das Gewässernetz im Thurtal besteht aus verschiedenen Gewässertypen: die Thur, die Murg und die zufliessenden Wildbäche der Thur weisen stark niederschlagsabhängige Abflussverhältnisse auf. Die Kraftwerkskanäle in Grüneck und in Weinfelden werden durch ausgeleitetes Thurwasser gespiesen. Die maximale Abflussmenge entspricht der Konzessionswassermenge. Die Drainagebäche im Thurtal weisen einen grundwasserstandsabhängigen Wasserspiegel auf. Das Abflussregime der Binnenkanäle wird durchs Grundwasser und durch Uferfiltrat der Thur bestimmt.

Für die Bestimmung der Wasserspiegellagen wurden stationäre Staukurvenberechnungen durchgeführt. Diese Berechnungen ermöglichen es, den Rückstau der Thur in die Binnenkanäle bzw. der Binnenkanäle in die Seitenbäche zu berechnen. Dies ist insbesondere bei hoher Wasserführung der Thur relevant. Die Berechnungen der Wasserspiegellagen in der Thur und Murg wurden mit den bestehenden stationären Staukurvenmodellen durchgeführt. Das vorhandene Staukurvenmodell der Thur wurde mit den Hochwasserspuren des Hochwassers 1999 kalibriert. Da aber für das Grundwassermodell unter anderem auch die niedrigen und mittleren Wasserspiegel wichtig sind, wurde eine zusätzliche Kalibrierung mit Niederwasserspiegel durchgeführt. Die Wasserspiegellagen konnten mit dem kalibrierten Modell und mit den Abflussdaten der Messstationen der Landeshydrologie Halden, Frauenfeld und Andelfingen bestimmt werden. In den Seitenbächen und Binnenkanälen musste für die Bestimmung der Wasserspiegellagen zuerst die Gerinnegeometrie mit Quer- und Längenprofilaufnahmen erfasst werden. Zur Erfassung der Wasserspiegellagen wurden an sieben Standorten entlang der Seitenbäche Datenlogger installiert, welche den Wasserspiegel aufzeichnen. Während den beiden Stichtagsmessungen wurden an den sieben Messstandorten noch Abflussmessungen durchgeführt, mittels welchen die Staukurvenmodelle kalibriert werden konnten.

Die erste Kalibrierung der Staukurvenmodelle mit den vereinfachten Querprofilaufnahmen hat gezeigt, dass insbesondere für die Niederwasserspiegelberechnung in den Binnenkanälen eine detaillierte Gewässervermessung notwendig ist, um verlässliche Aussagen über den Wasserspiegel machen zu können. Die Kalibrierung mit den detaillierteren Querprofilaufnahmen in den Binnenkanälen führte dann zu zuverlässigen Resultaten. Trotzdem konnten auch die Grenzen bei der Erfassung der Geometrie aufgezeigt werden. Bänke und Kolke sowie andere morphologische Strukturen, welche bei einer vereinfachten Sohlenvermessung nicht erfasst werden, können dementsprechend lokal zu einer Abweichung im berechneten Niederwasserspiegel gegenüber den gemessenen Werten führen. Mittels der kalibrierten Staukurvenmodelle wurden schlussendlich für verschiedene Szenarien (unterschiedliche Randbedingungen und Abflussverhältnisse) die Wasserspiegellagen für das Grundwassermodell bestimmt.

6 Literatur

- *Brunner G. W., 2006*: HEC-RAS River Analysis System Version 4.0, U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Center.
- *Hunziker, Zarn & Partner AG, 2008*: 2. Thurgauer Thurkorrektion: Hydraulik des Gesamtsystems, unpubl. Bericht.

Adresse der Autoren:

Christian Jecklin, Dr. Roni Hunziker
Hunziker, Zarn & Partner AG
Ingenieurbüro für Fluss- und Wasserbau
Via Flucs 10, 7013 Domat/Ems
Telefon +41 81 630 36 18, E-Mail: cjecklin@hzp.ch