Zeitschrift: Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft

Herausgeber: Thurgauische Naturforschende Gesellschaft

Band: 63 (2009)

Artikel: Methoden zur Bestimmung der Wechselwirkungen zwischen Thur und Grundwasser : wichtigste Ergebnisse von Untersuchungen der Eawag an der Thur

Autor: Hoehn, Eduard

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-593749

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 20.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Methoden zur Bestimmung der Wechselwirkungen zwischen Thur und Grundwasser – Wichtigste Ergebnisse von Untersuchungen der Eawag an der Thur

Eduard Hoehn

Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft, Band 63
11 Seiten • 2 Abbildungen, 0 Tabellen • Frauenfeld 2009

1 Einleitung

Im September 1999 beschlossen Vertreter des Amts für Umwelt Thurgau (AfU) und der Eawag (Wasserforschungsinstitut des ETH-Bereichs) einen gemeinsamen Einsatz von modernen und neuartigen Messmethoden zur besseren Erkundung des Grundwassers im Thurtal. Daraus entwickelte sich eine Zusammenarbeit in Belangen der Wasserchemie und der Grundwasserbewirtschaftung. Anfang 2003 wurde ein gemeinsames Forschungs-Beteiligungsverhältnis im Hinblick auf die Auswirkungen der 2. Thurkorrektion auf die Grundwassernutzung und den Grundwasserschutz vereinbart. Im Juli 2005 folgte ein weiteres. Im Folgenden sind die Untersuchungen zusammengefasst, die sich aus dieser Zusammenarbeit ergaben. Diese legen ihr Schwergewicht auf eine bessere Bestimmung der beiden wichtigen Grössen Infiltratanteil im Grundwasser und Verweilzeiten des Infiltrats von der Thur bis zum Erreichen eines Beobachtungspunkts im Grundwasser (Infiltrationsgeschwindigkeit).

In den vergangenen Dekaden wurden Tracermethoden mit Isotopen und Umweltsubstanzen entwickelt, die an der Eawag bei Untersuchungen über die Infiltration von Thurwasser ins Grundwasser angewendet wurden. Die wichtigste dieser Methoden stützt sich auf die Bombentests der Fünfzigerjahre, bei welchen grosse Mengen an Tritium (^3H) in die Atmosphäre ausgestossen worden waren. Mit der Versickerung von Niederschlägen wird dieses Signal von der Atmosphäre ins Grundwasser übertragen. Das als Zerfallsprodukt entstehende Helium (^3He) kann heute von Helium aus anderer Herkunft unterschieden werden. Dieses Helium kann als Tracer für Wasseralter ab etwa 60 Tagen bis etwa 60 Jahre verwendet werden ($^3H/^3He$-Methode; z.B. *Beyerle et al. 1999)*. Bei einer weiteren wichtigen Methode werden die seit etwa Mitte des letzten Jahrhunderts in zunehmendem Mass in die Atmosphäre abgegebenen anthropogenen inerten Treibgase verwendet, z.B. Freone (Fluorchlorkohlenwasserstoffe, FCKW) oder Schwefelhexafluorid *(*SF_6; z.B. *Hofer et al. 1996)*. Auch von diesen Gasen lassen sich die Signale von der Atmosphäre ins Grundwasser verfolgen, und auch sie sind als Tracer für Grundwasseralter bis etwa 60 Jahre einsetzbar.

Bei einer dritten Tracermethode wird radioaktives Radongas verwendet. Dieses entsteht im Erdinnern und ist in nennenswertem Ausmass im Grundwasser gelöst. Oberflächenwässer enthalten kein Radon (Rn), weil es in die Atmosphäre ausgast. Flusswasser, das ins Grundwasser infiltriert, nimmt im Untergrund Radon nach einer exponentiellen Einbaufunktion auf. Für das radioaktive Isotop ^{222}Rn ist diese Funktion nach etwa 4 Halbwertszeiten ($t_{1/2}$ = 3,8 d), also nach etwa 15 Tagen, auf ihrem Konzentrationsmaximum. Radon kann als Grundwassertracer für Aufenthaltszeiten bis maximal 15 Tage nach der Infiltration in den Untergrund verwendet werden *(Hoehn & Von Gunten 1989)*.

Um den Infiltrationsprozess von Flusswasser ins Grundwasser besser zu charakterisieren, lassen sich auch natürliche Schwankungen physikalischer Wassereigenschaften (Wasserspiegel, Wassertemperatur und elektrischer Leitfähigkeit) verwenden. Diese Signale werden im Grundwasser und im Fluss kontinuierlich

gemessen und von Datenloggern aufgezeichnet. Für die Abschätzung der Infiltrationsgeschwindigkeit aus Leitfähigkeits- oder Temperaturdaten sind Zeitreihen mit gut identifizierbaren Schwankungen erforderlich. Hierbei überlagern sich drei Signale: Tagesgänge, Jahresgänge und witterungsbedingte Schwankungen mit einer typischen Dauer von mehreren Tagen bis wenigen Wochen. Die Dämpfung dieser Signale nimmt mit der Fliessdistanz bzw. -zeit zu. Tagesgänge sind häufig nur in sehr flussnahen Grundwasserbeobachtungsrohren mit frischem und sehr jungem Infiltrat zu beobachten, witterungsbedingte Signale bis in etwas weitere Entfernungen und saisonale Signale über grosse Distanzen. Hochfrequente Signale von frischem Infiltrat sind nach etwa einem Monat Fliesszeit derart stark gedämpft, dass sie nicht mehr quantitativ ausgewertet werden können.

Abbildung 1 dient als Beispiel zur Illustration der Überlagerung des saisonalen Trends über tägliche und wetterbedingte Schwankungen der Wassertemperatur in der Thur: Mit einem Tiefpass-Filter kann eine Sinus-Funktion, die dem generellen jahreszeitlichen Gang der Wassertemperatur angenähert wird (gepunktete Linie in *Abbildung 1*), aus der originalen Zeitreihe entfernt werden.

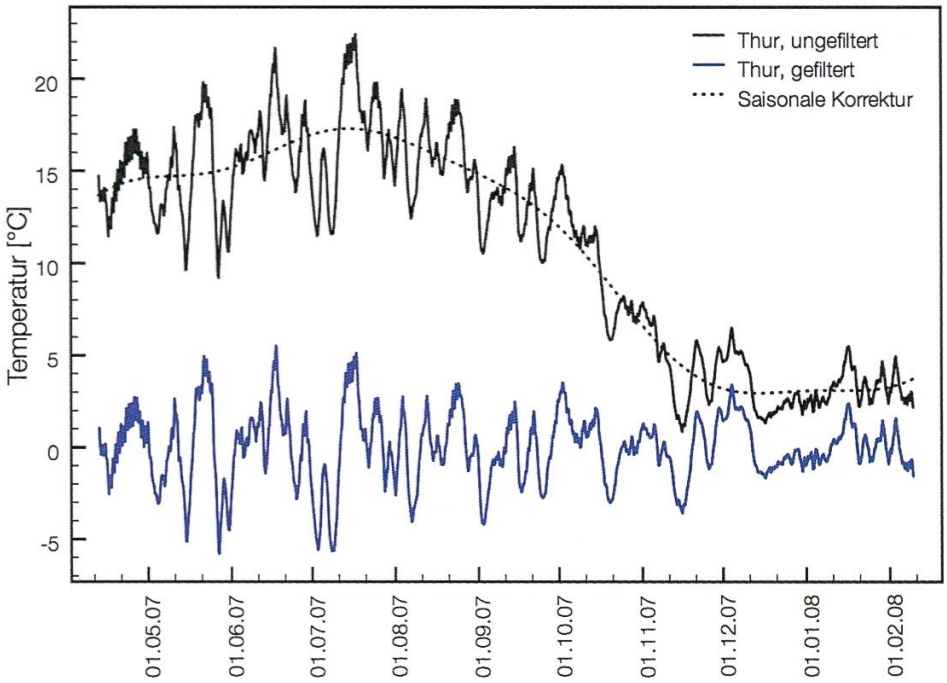

Abbildung 1: Zeitreihe der Wassertemperatur in der Thur vor (oben) und nach (unten) der Korrektur des saisonalen Trends (1. April 2007 bis 30. März 2008). Gepunktete Linie, berechnete saisonale Korrektion, von der Ausgangskurve subtrahiert (Schweizer 2008).

Die Schwierigkeit in der Auswertung saisonaler Temperaturschwankungen liegt darin, dass dasselbe Signal in allen Wässern oberflächennahen Ursprungs enthalten ist und deshalb kein eindeutiger Zusammenhang der gemessenen Zeitreihen mit der Fliessgewässerinfiltration gewährleistet ist *(z.B. Hoehn & Cirpka 2006)*. Fluktuationen in der Wassertemperatur werden wegen des Wärmeaustauschs mit der Gesteinsmatrix gegenüber dem Wasser nur verzögert

transportiert. Für die Auswertung der Signale verwenden wir die Kreuzkorrelationsmethode sowie die Auswertung mittels Dekonvolution. Unter Dekonvolution bezeichnet man die Umkehrung der sog. Faltungsoperation, einer mathematischen Transformation für die Verarbeitung der beschriebenen Signale.

In der Kreuzkorrelationsmethode wird der Korrelationskoeffizient von zwei Zeitreihen als Funktion der zeitlichen Verschiebung und Glättung einer der beiden Datenreihen ermittelt *(z.B. Hoehn & Cirpka 2006)*. Der Zeitversatz mit dem maximalen Korrelationskoeffizienten wird als charakteristische Zeit für die Signalübertragung von einem Messpunkt zum anderen interpretiert. Da das Signal im Grundwasser geglättet ist, wird das Signal im Fluss durch gleitende Mittelwertbildung gefiltert. Für eine optimale Kombination von Verschiebung und Glättung muss die zugehörige lineare Regression der Datenreihen durchgeführt werden. Dadurch sind auch Aussagen über Verdünnung und Mineralisation möglich. Die Dekonvolution von zwei Zeitreihen geht davon aus, dass die beiden Zeitreihen als Eingabe- und Ausgabesignal eines linearen zeitinvarianten Prozesses betrachtet werden können.

Derartige Systeme werden durch eine Übertragungsfunktion beschrieben, die dem Ausgangssignal bei pulsartiger Zugabe zum Zeitpunkt null entspricht. Die Übertragungsfunktion lässt sich mit einer Durchbruchskurve bei einem Markierversuch bei pulsartiger Zugabe vergleichen. Die Übertragungsfunktion wird z.B. mit einer Lognormalverteilung parametrisiert. Bei der formfreien Dekonvolution kann sich die Übertragungsfunktion frei an die Daten anpassen, wodurch auch Mehrfach-Peaks rekonstruiert werden können *(Cirpka et al. 2007)*. *Abbildung 2* dient als Beispiel zur Illustration der Ergebnisse einer Dekonvolution von zwei Zeitreihen der elektrischen Leitfähigkeit, nämlich jener der Thur und jener des Grundwassers beim Pumpwerk Widen III der Städtischen Werke Frauenfeld.

2 Untersuchungen 2002 bis 2006, Grundwasserfassung «Widen», Frauenfeld (Felben-Wellhausen)

Im Gebiet des Grundwasser-Pumpwerks Widen III in Felben-Wellhausen der Städtischen Werke Frauenfeld wurde beispielhaft für viele andere Gebiete im schweizerischen Mittelland abgeschätzt, welche Auswirkungen Flussaufweitungen auf Grundwasserfassungen haben können. Das Pumpwerk Widen III ist für die kommunale Wasserversorgung bedeutend. Am Standort besteht eine direkte hydraulische Anbindung der Thur ans Grundwasser. In der Planung der Flussrevitalisierung ist für den Entnahmebereich des Pumpwerkes keine Aufweitung des Mittelgerinnes auf der Seite des Pumpwerkes vorgesehen. Auf der gegenüberliegenden Seite besteht bereits eine lokale Aufweitung. Mittels verschiedener Messmethoden wurden die Infiltrationsverhältnisse der Thur bei Niederwasser und bei Hochwasser miteinander verglichen *(Eawag 2005a, Hoehn et al. 2007)*.

Das thurnahe Grundwasser weist Anteile von jungem und älterem Thur-Infiltrat sowie von Grundwasser aus versickerten Niederschlägen auf *(Abbildung 3*

in *Scholtis & Hoehn 2009)*. Bei Niederwasser (Probenahmen für Wasseranalysen: 25.6.02 und 25.2.03) setzte sich das im Pumpwerk gefasste Wasser zu 70–85% aus Thur-Infiltrat unterschiedlichen Alters und zu 15–30% aus Grundwasser aus Niederschlägen zusammen, was aus der chemischen Zusammensetzung des Grundwassers abgeschätzt worden war. Die Fliesszeit des frischen Thur-Infiltrats betrug zwischen 20 und 40 Tage. Die Auswertung von Konzentrationen der Tracer $^3H/^3He$ und SF_6 ergab ein Alter des geförderten Mischgrundwassers im Grössenbereich von wenigen Jahren.

Mittels Kreuzkorrelation von Zeitreihen der elektrischen Leitfähigkeit zwischen dem 20. November 2003 und dem 21. April 2005 wurde im Pumpwerk Widen III eine mittlere Verweilzeit des frischen Infiltrats bestimmt, von 16±5 Tagen bei hohem Thur-Wasserstand, und von 34±12 Tagen bei Niederwasser. Eine genauere Analyse der Zeitreihen der elektrischen Leitfähigkeit mittels formfreier Dekonvolution ist in *Abbildung 2* dargestellt. Hier wird der Transport der elektrischen Leitfähigkeit von der Thur zum Pumpwerk Widen III als Ausdruck der Fliesszeit des Wassers betrachtet. Durch Vergleich der beiden Zeitreihen wurde für einen hohen Thur-Wasserstand das Erstauftreten im Pumpwerk eines Signals aus der Thur, also der «Durchbruch», nach 8 Tagen festgestellt, die mittlere Fliesszeit («Schwerpunkt») nach 18 und die modale Fliesszeit («Peak») nach 16 Tagen. Damit ähneln die Ergebnisse der Dekonvolution jenen eines Markierversuchs und stimmen gut mit der optimalen Zeitverschiebung der Kreuzkorrelation überein *(Cirpka et al. 2007)*.

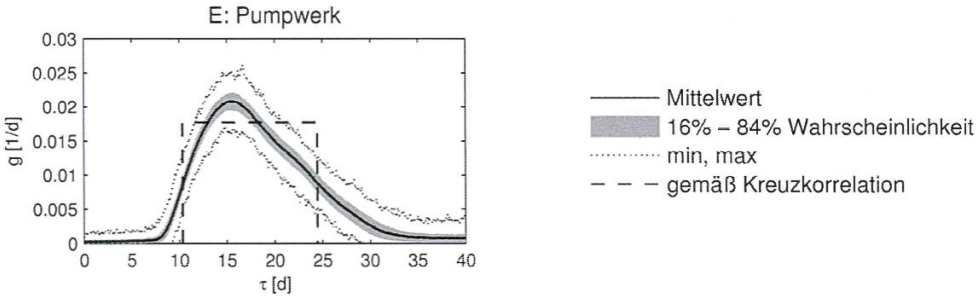

Abbildung 2: Ermittlung der Fliesszeit-Verteilung im Pumpwerk Widen III mittels formfreier Dekonvolution. τ, Fliesszeit; ρ(τ), Transfer-Funktion (Impuls-Response). Durchgezogene Linie, Mittelwerte von 2000 Realisationen; graue Streifen, Bereich, in den 68% der Realisationen fallen; gestrichelte Linien, Minimum und Maximum der Realisationen; Kreuze, bester Schätzwert; übersetzt aus Cirpka et al. (2007).

Aus der Dynamik konservativer chemischer Wasserinhaltsstoffe (mehrere Probenahmen zwischen Januar und Juni 2004; siehe auch *Scholtis & Hoehn* 2009) wurde der Anteil an jungem Infiltrat im Pumpwerk bei Hochwasser zu 35±10% abgeschätzt. Dieser Anteil entspricht etwa der Hälfte des gesamten Thur-Infiltrats (junges und älteres, total ca. 70% des gesamten Grundwassers, restliche ca. 30% Grundwasser aus Niederschlägen).

Während des Hochwassers vom 23. August 2005 wurde das Vorland der Thur im Bereich Widen überschwemmt. Mit dem Hochwasser ging eine signifikante

Abnahme der elektrischen Leitfähigkeit in der Thur einher. Dieses Signal wurde im Pumpwerk Widen III nach 11 Tagen beobachtet. Daraus schlossen wir, dass im Bereich des Vorlandes wohl keine bevorzugten Wegsamkeiten für die Thurwasserinfiltration bei Hochwasserereignissen vorhanden sind, welche die Verweilzeiten hätten verkürzen können. Im Pumpwerk wurden während dieses Ereignisses auch keine *E.coli-Bakterien* nachgewiesen.

Im Bereich Widen sowie als Vergleich an der grossen Flussaufweitung in Niederneunforn/Altikon (realisiert 2003) wurden im Sommer 2005 im Flussbett der Thur Schluckversuche (Slug-Tests) zur Bestimmung der Durchlässigkeit durchgeführt *(Eawag 2005b)*. Die Durchlässigkeitsverteilung der Flusssohle lässt sich durch eine logarithmisierte Normalverteilung mit geometrischem Mittel 2×10^{-4} m/sec und Varianz der Log-Durchlässigkeit von 1.6 beschreiben. In der Deckschicht der obersten 50 cm (Flussbett) wurde zu jener Zeit und an jener Stelle keine ausgeprägte Kolmationsschicht beobachtet (Kolmation: Verminderung der Austauschrate an Wasser). An beiden Standorten unterscheidet sich die Durchlässigkeit nicht wesentlich, und es besteht ein starker hydraulischer Gradient, der zur Grundwasserinfiltration führt. In Widen konnte in 1 m Tiefe der Flusssohle kein Radon-Wasseralter festgestellt werden, während in Niederneunforn in 2 m Tiefe ein Wasseralter von mehreren Stunden errechnet wurde. Das Wasser infiltriert somit an beiden Standorten schnell, und die Flusssohle stellt keinen wesentlichen Widerstand für die Infiltration dar.

3 Untersuchungen 2005 bis 2008, Grundwasserfassungen «Gugel», Märstetten und geplante Grundwasserfassung «Schachen», Weinfelden

Die beiden Filterbrunnen Gugel I und II der Regionalen Wasserversorgung Mittelthurgau bilden zusammen die für die kommunale Wasserversorgung wichtigsten Bezugsorte von Grundwasser. In diesem Gebiet wurden 2007/2008 Zeitreihenanalysen von Wasserstand, Temperatur und elektrischer Leitfähigkeit in drei Piezometerrohren durchgeführt. In einem Piezometerrohr, das in einer Distanz von 50 m von der Thur entfernt liegt, beträgt die Verweildauer des Grundwassers, bestimmt mit der Kreuzkorrelationsmethode, 4–7 Tage bzw. ca. 25 Tage *(Schweizer 2008)*. Die grossen Unterschiede wurden darauf zurückgeführt, dass möglicherweise bei den kleinen Verweilzeiten ein direkter hydraulischer Anschluss der Thur ans Grundwasser vorlag, während bei den langen Verweilzeiten die Thur indirekt durch eine ungesättigte und belüftete Zone hindurch infiltrierte. Für zwei thurferne Rohre (Distanzen von der Thur: > 300 m) konnte kein frischer Infiltratanteil bestimmt werden. Ebenfalls aufgrund einer möglichen unterschiedlichen Anbindung der Thur ans Grundwasser im Lauf der Zeit wurden beim thurferneren Brunnen Gugel I als Ergebnisse von wasserchemischen Untersuchungen des Amts für Umwelt zeitlich sehr unterschiedlich hohe Anteile an älterem Thurinfiltrat von 0–45% bestimmt. Beim thurnäheren Brunnen waren es bis zu 70%. Die Zusammensetzung des Grundwassers in den beiden Brunnen wird mehr durch landwirtschaftliche Tätigkeiten beeinflusst als durch die Thur *(Schweizer 2008, Scholtis & Hoehn 2009)*.

In Ergänzung zum Bericht «Pilot-Isotopen-Studie Thurtal» *(Osenbrück 2001)* wurden 1999/2000 in den beiden Grundwasserfassungen Gugel und Engwang die Umwelttracer $^3H/^3He$, FCKW und SF_6 gemessen, um das Grundwasser in diesen Fassungen zu datieren. In beiden Fassungen wurden $^3H/^3He$-Alter in der Grössenordnung von einem Jahr ermittelt: Diese Werte passen gut zu früheren Ergebnissen *(Osenbrück 2001, Eawag 2001)* und zur Modellierung der Grundwasserströmung, 2008.

Im Bereich Schachen, Weinfelden, am Standort einer geplanten neuen Grundwasserfassung, zeigten Bohrungen in Flussnähe, dass die Thur in schlechter durchlässige Moränenablagerungen einschneidet. Als Ergebnis von Zeitreihenanalysen der Wassertemperatur, der elektrischen Leitfähigkeit und des Wasserstandes vom September 2005 bis zum Januar 2007 konnte eine signifikante Infiltration von Thurwasser ins Grundwasser ausgeschlossen werden, weil das saisonale Maximum der Grundwassertemperatur im Dezember lag, während die Thur ihr Maximum bereits im Juli aufwies *(Eawag 2007)*. Auch die wasserchemischen Untersuchungen des Amts für Umwelt deuteten darauf hin, dass das Grundwasser höchstens wenig durch Thurinfiltrat angereichert wird. Hingegen wurde im Nahfeld des geplanten Brunnens eine vertikale Schichtung des Grundwassers festgestellt, die evtl. mit unterschiedlich langen Verweilzeiten der beiden Schichtpakete im Untergrund zusammenhängt *(Scholtis & Hoehn 2009)*.

4 Weitere Untersuchungen 2001 bis 2007

4.1 Zeitreihenanalyse in der Grundwasserfassung «In der Thur», Müllheim

Im Bereich des Pumpwerkes «In der Thur» in Müllheim konnten aus Zeitreihen des Jahres 2007 der elektrischen Leitfähigkeit und der Temperatur keine Fliesszeiten für infiltrierendes Thurwasser ermittelt werden. Es wurde sogar beobachtet, dass in Zeiten hohen Thurwasserstandes die elektrische Leitfähigkeit im Pumpwerk zunimmt, obwohl sie in der Thur abnimmt. Dies ist mit einer Infitration von Thurwasser unvereinbar *(Eawag 2008)*. Zudem wurden in der Nähe des Pumpwerkes während des trockenen Sommers 2003 Grundwasseraustritte im Uferbereich der Thur beobachtet (siehe auch Kap. 4.3.). Das $^3H/^3He$-Alter im Pumpwerk beträgt wenige Jahre. Das im Pumpwerk geförderte Wasser stammt entweder aus der regionalen Grundwasserneubildung oder aus einer Infiltration von Thurwasser in einem Bereich weit grundwasserstromaufwärts des Pumpwerkes.

4.2 Kleinere Untersuchungen

Im Rahmen von Studentenarbeiten wurden kleinere Untersuchungen durchgeführt: Vorgängig der grossen Aufweitung der Thur im Abschnitt Niederneunforn/Altikon (2001) war abzuklären, wie und in welchem Ausmass die Thur Wasser in den Untergrund verliert. Während dieser Untersuchungen war das Grundwasser direkt an die Thur angeschlossen *(Ferrari 2001)*. Aufgrund des raschen Ausgleichs von Drucksignalen aus der Thur wurde das Grundwasser als durch schlechter wasserdurchlässige Schichten leicht gespannt (unter Druck stehend)

betrachtet. Zusätzliche Radonmessungen der Eawag zeigten für die Fassung «Inseli» der Wasserversorgung von Niederneunforn ein Mischalter von etwa 10 Tagen.

Während der ausgeprägten Niederwasserperiode im Hitzesommer 2003 exfiltrierte mit Ausnahme einer einzelnen Hangquelle bei Gütighausen in ihrem untersten Abschnitt kein Grundwasser zurück in die Thur *(Glenz 2004)*. Nur entlang des linksseitigen Binnenkanals wurde eine schwache Exfiltration festgestellt. Damals wies das Grundwasser niedrige Spiegellagen auf. Dies dürfte, evtl. zusammen mit einer gewissen Kolmation der Flusssohle, was bei Niederwasser an gewissen Stellen auftreten kann, eine Exfiltration behindert haben. Auf der Strecke zwischen der Eisenbahn- und der Autobahnbrücke bei Eschikofen-Müllheim ergaben Radonmessungen der Eawag in der gleichen Periode deutliche Hinweise auf Exfiltration. Insbesondere bei den Pfeilern unter der Autobahnbrücke bestätigten sehr niedrige Temperaturen und hohe Leitfähigkeiten im Thurwasser die Ergebnisse der Radonmessungen.

5 Projekt Record des ETH-Bereichs, seit 2007

Seit 2007 befasst sich das Verbundvorhaben «Assessment and Modeling of Coupled Hydrological and Ecological Dynamics in the Restored Corridor of a River (Restored Corridor Dynamics; ReCorD)» des Kompetenzzentrums Umwelt und Nachhaltigkeit (CCES) des ETH-Bereichs mit den Auswirkungen von Flussrevitalisierungsmassnahmen auf den Wasserhaushalt, den Sedimenttransport, den Austausch zwischen Oberflächen- und Grundwasser, die Wasserqualität und auf die Ökologie im Flusskorridor. Als Standorte für die Felduntersuchungen wurden die grosse Flussaufweitung bei Niederneunforn/Altikon sowie der Zuströmbereich des Pumpwerks Widen III in Felben-Wellhausen ausgewählt. Der Standort Widen gilt als Referenz, weil dort keine Flussaufweitungen vorgesehen sind. Im Rahmen des Projektes wurden in Niederneunforn/Altikon bisher 49 Beobachtungspegel gesetzt und zum Teil mit Loggern (Druck, Temperatur, Leitfähigkeit) bestückt, um aus den Zeitreihen Fliesszeiten abzuschätzen (Dissertation *T. Vogt*). In Felben-Wellhausen sind es 18 Pegel. Untersuchungen mittels Oberflächengeophysik (Geoelektrik, Bodenradar, Seismik) haben den generellen sedimentologischen Aufbau (2 m mächtige Schwemmsande über 6 m mächtigen Schotter über Seeablagerungen) in Profilen längs und quer zur Thur bestätigt. Entlang eines Glasfaser-Kabels wird die Wassertemperatur in der Thur und den Kanälen entlang des Ufers in hoher Auflösung gemessen, um Stellen mit Exfiltration zu bestimmen. In einer zurzeit laufenden Masterarbeit der ETHZ *(S. Diem)* wird die Verteilung der Durchlässigkeit des Schotterkörpers im Dekameter-Bereich mittels Siebanalysen, Schluckversuchen, Flowmeter-Tests und Pumpversuchen abgeschätzt. Daneben finden Probenahmen für die Bestimmung der Wasserchemie und von Tracerstoffen statt. Weitere Untersuchungen befassen sich mit dem mikrobiellen Abbau von organischen Spurenverunreinigungen des Grundwassers (Dissertationen *S. Peter* und *S. Huntscha*) und der Quantifizierung der dabei ablaufenden Sauerstoffzehrung (Dissertation *L. Mächler*).

Bei Abschluss der Dissertationen, d.h. in 2 – 3 Jahren, liegen Forschungsergebnisse vor, welche in erster Linie unser Verständnis der bei Wechselwirkungen ablaufenden physikalischen und biogeochemischen Vorgänge verbessern. Für die Praxis wird von Bedeutung sein, wie nahe zur Thur das Grundwasser auch in Zukunft als Trinkwasser verwendet werden kann, unter Berücksichtigung der prozentualen Zumischung von Infiltrat zum niederschlagsgespeisten Grundwasser. Aussagen über Veränderungen bei diesen Wechselwirkungen durch die 2. Thurgauer Thurkorrektion müssen auch unter zukünftigen Klimaszenarien gültig sein.

Verdankung
Ich danke Stephan Huxol und Tobias Vogt, beide Eawag, für die Durchsicht des Manuskripts.

6 Verzeichnis unveröffentlichter Berichte und Studentenarbeiten der EAWAG

- *Ferrari P., 2001:* Evaluation de l'infiltration de la Thur par les berges dans la région de Niederneunforn (TG), Diplomarbeit CHYN, Université de Neuchâtel, Décembre 2001.
- *Glenz D., 2004:* Lokalisierung von Exfiltrationsgebieten im unteren Thurtal mit der Radonmethode, Semesterarbeit Dept. Erdwissenschaften ETHZ, Januar 2004.
- *Guglielmetti S., 2004:* Hochwasser Rückhaltebecken im Kanton Thurgau, zwischen Weinfelden und Bürglen, Diplomarbeit Hydrogeologie ETHZ, Oktober 2004.
- *Schweizer M., 2008:* Grundwassermanagement im alluvialen Aquifer des Thurtals im Abschnitt Weinfelden–Märstetten, Masterarbeit Ingenieurgeologie, Departement Erdwissenschaften, ETHZ, Juni 2008.
- *Eawag 2001:* Analysen von Umwelttracern im Grundwasser des Thurtals, Dübendorf, 9.2.2001. Autoren: Werner Aeschbach-Hertig, Rolf Kipfer, & Markus Hofer.
- *Eawag 2005a:* Beurteilung der Herkunft des Grundwassers in der Trinkwasserfassung Widen, Frauenfeld, Schlussbericht zuhanden des Amtes für Umwelt, Kanton Thurgau, Dübendorf, 1. März 2005, Autoren, Projektteam W+T: Helena Amaral, Michael Berg, Jakov Bolotin, Urs von Gunten, Eduard Hoehn, Markus Hofer, Rolf Kipfer, Jürg Zobrist. (Zwischenbericht vom 30. September 2003; Zusatzbericht «Hochwasserereignis August 2005», vom April 2006, Autoren: Jürg Zobrist, Hans-Peter Füchslin.
- *Eawag 2005b:* Hydraulische Untersuchungen zum Wasseraustausch zwischen der Thur und dem Grundwasser, Dübendorf, November 2005, Autoren: Olaf A. Cirpka, Wei Li, Eduard Hoehn, Timo Ehnes.
- *Eawag 2007:* Zeitreihenanalyse von Wasserspiegellage, Temperatur und elektrischer Leitfähigkeit im Umfeld des Versuchsbrunnens Schachen bei Weinfelden, Dübendorf, undatiert. Autor: Olaf A. Cirpka.
- *Eawag 2008:* Auswertung von Loggerdaten des Wasserstandes, der Temperatur und der elektrischen Leitfähigkeit im Pumpwerk «In der Thur» in Müllheim (Thurgau), Dübendorf, 21.2.2008. Autor: Olaf A. Cirpka.

7 Literatur

- *Beyerle U., Aeschbach-Hertig W., Hofer M., Imboden D.M., Baur H., Kipfer R., 1999:* Infiltration of river water to a shallow aquifer investigated with $^3H/^3He$, noble gases and CFCs, J. Hydrol. 220, 169–185.
- *Cirpka O., Fienen M.N., Hofer M., Hoehn E., Tessarini A., Kipfer R., Kitanidis P.K., 2007:* Analyzing bank filtration by deconvoluting times series of electric conductivity, Ground Water 45(3): 318–328.
- *Hoehn E. Von Gunten H.R., 1989:* Radon in groundwater – a tool to assess infiltration from surface waters to aquifers, Water Resour. Res. 25(8), 1795–1803.
- *Hoehn E. & Cirpka O.A., 2006:* Assessing hyporheic zone dynamics in two alluvial flood plains of the Southern Alps using water temperature and tracers, Hydrol. Earth Syst. Sci., 10(4), 553–563.
- *Hoehn E., Cirpka O.A., Hofer M., Zobrist J., Kipfer R., Baumann M., Scholtis A., Favero R., 2007:* Untersuchungsmethoden der Flussinfiltration, Gas-Wasser-Abwasser 87(7), 497–505.
- *Hofer M., Aeschbach-Hertig W., Beyerle U., Haderlein S.B., Hoehn E., Hofstetter Th.B., Johnson A., Kipfer R., Ulrich A., Imboden D.M., 1997:* Tracers as essential tools in the investigation of physical and chemical processes in groundwater systems, Chimia 51(12), 941–946.
- *Osenbrück K., 2001:* Pilot-Isotopen-Studie Thurtal.- Hydroisotop, Schweitenkirchen, Deutschland, Interner Bericht im Auftrag des Amt für Umwelt, Kanton Thurgau.
- *Scholtis A. & Hoehn E., 2009*: Beschaffenheit des Grundwassers im Thurtal, Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft, Band 63.

Adresse des Autors:

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