

Die Vorstellungen über den Grundwasserstrom im Thurtal seit dem ausgehenden 19. Jahrhundert

Autor(en): **Müller, Erich R.**

Objektyp: **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-593746>

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.

Die Vorstellungen über den Grundwasserstrom im Thurtal seit dem ausgehenden 19. Jahrhundert

Erich R. Müller

1 Ausgangslage

Vorstellungen über das Fliessverhalten von Grundwasser im Untergrund erfordern Wissen über geometrische und hydrogeologische Eigenschaften des zu betrachtenden Grundwasserstroms. Zur rechnerischen Erfassung der darin erfolgenden Strömungen bedarf es ausreichender Unterlagen über die wesentlichen hydrogeologischen Eigenschaften als Grundlagendaten. Dazu gehören genügende Kenntnisse über die geologischen, hydrogeologischen und hydraulischen Eigenschaften des Grundwasserstromes respektive dessen Grundwasserleiters.

Eine Grundwassererkundung erfolgt stets schrittweise, sei es für ein kleines oder auch für ein grosses Vorkommen, wie es der Grundwasserstrom im Thurtal darstellt. Da die entsprechenden Kenntnisse hier aber nur langsam neu hinzu gewonnen wurden, konnte sich hier eine modellartige Vorstellung über dieses bedeutende Grundwasservorkommen nur über grössere Zeitabstände entwickeln.

Die Voraussetzung jeder Betrachtungsweise bildet in einem ersten Schritt die Erarbeitung der Kenntnisse über die geologischen Grundeigenschaften. Diese umfassen insbesondere die Tiefenlagen der Grundwassersohle sowie der, den Grundwasserkörper bedeckenden, abdichtenden Lockergesteinsschichten (beispielsweise Überschwemmungslehme, -silte, -sande) und der massgebenden Schichtmächtigkeiten. Zudem haben die Ausdehnungen des Grundwasserleiters in Längs- und Querrichtungen bekannt zu sein. Solche Erkenntnisse werden durch geologische Aufzeichnungen respektive Kartierungsarbeiten im Feld, Sondierungen mittels Handschürfen, Baggerschlitzten, Ausschachtungen und Bohrungen gewonnen. Ergänzend dienen hierzu Luft- und Satellitenaufnahmen, photogrammetrische Auswertungen, etc. Hieraus wird dann erkennbar, wo Grundwasserströme überhaupt zu erwarten sind.

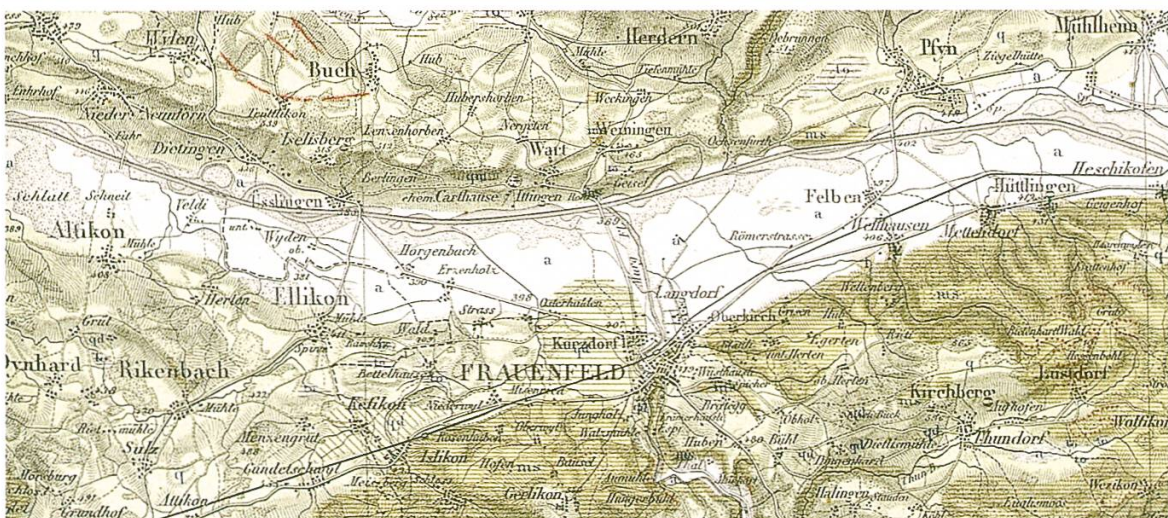


Abbildung 1: Ausschnitt «Unteres Thurtal» aus Schalch et al. (1879):
Geologische Karte der Schweiz 1:100 000, Blatt 4 Frauenfeld – St. Gallen
(helle Fläche [a]: Alluvionen).

Erst wenn von einem Vorkommen die räumliche Verbreitung bekannt ist, können in der Folge deren hydrogeologischen Eigenschaften bestimmt werden. Diese stellen die Lage des Grundwasserspiegels respektive hydraulische Druck- und Potenzialverteilung, die Durchlässigkeit der einzelnen Abschnitte im Grundwasserleiter, das nutzbare Porenvolumen und den Speicherkoeffizienten dar. Weiter werden vom Grundwasservorkommen Kenntnisse über die Abflüsse und Zuflüsse respektive Neubildungsfaktoren (Infiltrationen von Oberflächenwasser ins Grundwasser, Hangwasserzuflüsse, Niederschlagsversickerung, künstliche Grundwasseranreicherungen) und über Grundwasserentnahmen (Pumpwerke) benötigt. Zu deren Bestimmung werden spezifische Feldmessungen, wie Mengenmessungen, Pump- und Versickerungsversuche, Tests mit Spezialsonden sowie hydrochemische Erhebungen angewendet.

2 Der Zeitraum vor 1925

2.1 Stellenwert und Vorstellungen über den Grundwasserstrom im Thurtal vor 1900

Vor dem beginnenden 20. Jahrhundert gab es keine allgemeinen Kenntnisse über den Grundwasserstrom im Thurtal. Dennoch kann angenommen werden, dass Direktbetroffene, wie im Bau- und Wasserfach Tätige, Kenntnisse über die örtliche Beschaffenheit der höheren oder auch nur obersten Erdschichten besaßen. Ein Zusammentragen oder gar Zusammenfassen dieses Wissens fand allerdings noch nicht statt. Dies als Folge davon, dass solche Kenntnisse auch gar nicht gefragt waren. Denn noch bis fast ins ganze 19. Jahrhundert galt die eigentliche «Thurtalebene» als unwirtliches Land, an deren gezielten und andauernden Nutzung nur wenig Interesse bestand. So war das Thurtal vor allem durch die Überschwemmungen respektive Verwüstungen durch die Thur geprägt. Daher wurden die meisten Dörfer in erhöhter Lage auf Bachschuttkegeln oder entlang sicherer Talränder erstellt.

Die Erträge der Quellen genügten weitgehend für die damaligen Bedürfnisse der mehrheitlich ärmlichen Bevölkerung. Die Überschwemmungsgebiete waren zudem unsicher zur Anlage von Grundwasserfassungen. Seitens der Trinkwassergewinnung bestand kein Interesse am Grundwasser des Thurtales. Somit stand der Grundwasserleiter des Thurtales noch nicht im Brennpunkt naturkundlich-technischer Untersuchungen. Hierin mag der Grund liegen, dass *Jakob Eberli (1900)* in seinem Bericht über die Geologie des Kantons Thurgau den Thurtalschotter im Kapitel «B. Das Alluvium» lediglich kurz und ganz generell als Flussablagerung erwähnte.

2.2 Erste geologische Arbeiten im Thurtal

Die ersten Vorstellungen über die Verbreitung des Thurtalschotters und damit indirekt auch des Thurtaler Grundwasserstroms, wurden im Zeitraum 1877 bis 1879 von A. Gutzwiller kartografisch festgehalten. In der dazugehörigen geologischen Karte 1:100 000 von *Schalch et al. (1879)* finden sich erstmals in einem solch «detaillierten» Massstab die geologischen Verhältnisse des Thur-

gaus dargestellt (*Abbildung 1*). Als Besonderheit hierzu gilt es festzuhalten, dass die dazu gehörenden Feldaufnahmen noch nicht in der Siegfriedkarte 1:25 000 aufgezeichnet werden konnten. Zur ganzen feldmässigen Orientierung und kartografischen Protokollierung der vorgefundenen Verhältnisse standen dem Geologen nur die «Dufourkarte» 1:100 000 (herausgegeben in den Jahren 1845 bis 1865 vom Eidgenössischen Topographischen Bureau unter der Leitung von Guillaume-Henri Dufour) und die alte «Sulzberger Karte» 1:80 000 zur Verfügung. Als weitere Grundlagen dienten Gutzwiller die von Escher et al. verfasste 2. Auflage der «Geologischen Karte der Schweiz» sowie die in den Tagebüchern von Arnold Escher enthaltenen Notizen.

Über das Thurtal äusserte sich Gutzwiller in den Erläuterungen nur sehr kurz: «In den Tälern grösserer Flüsse bilden die postglacialen Alluvionen oft eine oder mehrere übereinanderliegende Terrassen, wie das Thurthal von Wyl bis Niederbüren, bei Frauenfeld (Osterhalden), Andelfingen, an der Töss unterhalb Winterthur bei Wülflingen, Pfungen und Neftenbach...».

2.3 Neue Gegebenheiten seit Beginn des 20. Jahrhunderts

Mit dem beginnenden 20. Jahrhundert änderten sich im Thurgau die Bevölkerungsstruktur und damit parallel verbunden, die demographischen Gegebenheiten. So stieg die Bevölkerungszahl stark an, der Anteil der in der Landwirtschaft Beschäftigten nahm deutlich ab und jener der in den Bereichen Industrie und Gewerbe Tätigen nahm stark zu. Dementsprechend war ein Anstieg der Gewerbe- und Industriebetriebe zu verzeichnen.

Die bis nahe ans Ende des 19. Jahrhunderts als gefährlich und unberechenbar geltende Thur, wurde dank der erfolgten ersten Thurkorrektion des 19. Jahrhunderts zu einer «sicheren» und «verlässlichen» Grösse. Von nun an konnten auch in der Thurebene Bauten und Anlagen erstellt werden. Dies obschon die Hochwasserereignisse 1910, 1965, 1977 und 1978 diesem «Glauben» klare Grenzen setzten.

Als Folge der neuen Situation gewann der Thurtalschotter als produktiver respektive nutzbarer und schliesslich als schützenswerter Grundwasserleiter erst langsam, dann stark zunehmend an Bedeutung.

2.4 Erste nähere geologische Erkenntnisse des Thurtals

Da noch an der Wende zum 20. Jahrhundert vom Thurtal erst äusserst lückenhafte und auch nur punktuelle Kenntnisse über die geologischen Kenntnisse des Thurtals vorlagen, waren damals noch keine Vorstellungen über das Grundwasservorkommen möglich. Dies änderte sich aber zunehmend während der beiden ersten Jahrzehnte des 20. Jahrhunderts.

Jakob Früh (1906) beschreibt das Thurtal zwischen Kradolf und Bürglen als ein «glazial flach ausgekolktes Tal», das sich im Bereich des Steges der Sulger Au durch ca. 1 m alluviale Flussgerölle über mehr als 2,5 m Grundmoräne auszeichnet. In Bürglen habe der Fluss den Molasseriegel erhalten und den

«Glazialschutt noch nicht ausgeräumt». Im Weiteren erwähnt *Früh* vorwiegend glaziale Erscheinungen im Thurtal zwischen Bürglen und Andelfingen. Während Eigenschaften des Thurtalschotter unerwähnt bleiben, finden sich in dieser Arbeit Hinweise über einige Molassefelsvorkommen entlang der Flanken des Thurtales und erste Erkenntnisse über den Ittingerschotter.

Als jüngste Lockergesteinsserien bezeichnet sodann *Engeli (1913)* die Fluss- und Bachkiese der Talböden. Zu ihnen reihte er namentlich auch «die Schuttkegel im Thurtale zwischen Eschikofen (Gemeinde Hüttlingen) und Frauenfeld». Diese bezeichnete er als durchlässig. Zudem stuft er auch die Kiese des Thurtales als jüngere Flussablagerungen ein.

Neben der sehr umfangreichen Beschreibung der Quellenverhältnisse äussert sich *Engeli* nur generell zu den in unterirdischen Bodenschichten der Täler fließenden Grundwasserströmen. Er erwähnt, dass diese zur Wasserversorgung mittels Schachtfassungen in «neuerer Zeit» in immer grösserem Massstabe genutzt werden. Einst seien solche nur so tief erstellt worden, bis man überhaupt zum Grundwasser gelangte. Später wurden die Schächte meist so tief angelegt, bis die ganze durchlässige Schicht durchbrochen wurde und man auf den undurchlässigen Molassemergel stiess. So hätten im Thurtal die Ortschaften Bischofszell, Weinfeld, Wigoltingen, Müllheim, Sulgen (in der Auzelg), die Fabrik in Bürglen und im Murgtal die Stadt Frauenfeld solche Grundwasseranlagen errichtet.

Die Pumpwerke wurden damals nur zeitweise betrieben, nämlich nur dann, wenn die «Hochquellen» nicht mehr ausreichten. Daher war der Ertrag dieser Pumpwerke sehr schwankend. Dies bewegte *Engeli* in seiner Arbeit, das Grundwasser weder in den Quellenverzeichnissen noch in den Quellenkarten zu berücksichtigen. Trotzdem gab *Engeli* bezüglich der beginnenden Grundwassernutzung im Thurgau mehrere Hinweise. Nach seinen Angaben erstellte die Ortsgemeinde Müllheim – mangels genügender Quellen – bei der Fabrik Grüneck einen Grundwasserschacht und ein Pumpwerk, das mit Wasserkraft betrieben wurde. Wegen ihres stark gestiegenen Wasserbedarfs, projektierte die damalige Ortsgemeinde Amriswil 1912 eine Grundwasserfassung im Thurtalschotter bei Sulgen. Im Weiteren beschreibt der Autor, dass die Gemeinde Weinfeld im Sangerfeld zu Notversorgungszwecken einen Grundwasserbrunnen abgeteuft hat. Ebenso ergänzte die Ortsgemeinde Wigoltingen ihre Quellerträge durch ein, zwischen dem Dorf und der Station Hasli gelegenes, Grundwasserpumpwerk. Dieses wurde mit einem Petrolmotor angetrieben. Über die Verhältnisse in der Ortsgemeinde Bonau schreibt *Engeli*: «Die Gemeinde Bonau liegt ganz im Thurgebiet und besitzt eine Menge von Grundwasserquellen, die bald stärker, bald schwächer fließen, je nachdem die Thur mehr oder weniger Wasser führt. Das Wasser ist klar und gut, 11 °C bis 12 °C. Einige derselben bilden kleine Forellenbächlein, besonders bei den Dörfern Bonau und Dangwang (Gemeinde Wigoltingen). Der Erguss hat aber in den letzten 20 Jahren infolge der Senkung des Thurbettes bedeutend abgenommen. Daher mussten auch die Sod- und Schlagbrunnen, die fast bei jedem Hause stehen, in letzter Zeit vertieft werden.» Von der Ortsgemeinde Bürglen beschreibt

der Autor vier Grundwasserschächte der Kammgarnspinnerei. Aus diesen wurden während des Fabrikbetriebs eine Wassermenge von 600 l/Min. mittels Pumpen gefördert. Vor ihrem Anschluss an die Wasserversorgung der Stadt Frauenfeld wurde in der früheren Ortsgemeinde Kurzdorf Trinkwasser aus den Murgdeltaschichten in 18 Pump(= Sod-)brunnen gefördert. Von der ehemaligen Ortsgemeinde Horgenbach (Stadt Frauenfeld) berichtet *Engeli*, dass dort – in der flachen Thurebene – zahlreiche 2 bis 4 m tiefe Pumpbrunnen (Schlag- oder «Mosesbrunnen») bestanden, welche das Wasser der Sand- und Kiesschichten sammelte. Auch die weiter talwärts liegenden drei Weiler Ober-, Mittel- und Unterwiden (Gemeinde Uesslingen-Buch) waren mit «guten Pumpwerken» versehen. Der Autor erwähnt ferner die verschiedenen Giessen im Thurgebiet, die teils als Runsen und teils als Grundwasserläufe auftreten.

In seiner wegweisenden Arbeit über die «Veränderungen der Erdoberfläche innerhalb des Kantons Thurgau in den letzten 200 Jahren» zeigt *Wegelin (1915)* die «tief greifende Bedeutung» des Grundwassers im Thurgau auf. Dabei standen jedoch die im 19. Jahrhundert vorgenommenen umfangreichen Drainage- und Meliorationsarbeiten im Vordergrund. Er erwähnt aber, dass die Grundwasserströme in den mit Kies gefüllten alten Flusstälern im Thurgau bis jetzt noch wenig Beachtung gefunden haben. So weist er darauf hin, dass sie indes in der Zukunft wichtig für Wasserversorgungen werden dürften. So pumpe bereits Frauenfeld in der Murkart aus einer vom Thunbachtal her, unter der «Fuchsbergmoräne» durchziehenden Grundwasserströmung, den grössten Teil seines Trink- und Brauchwassers. Dabei wird – wohl indirekt – erstmals das Vorkommen des mit Moräne bedeckten, hochgelegenen Vorstossschotters vom Bühl – Rüti – Brand (südöstlich von Frauenfeld) erwähnt.

Gemäss *Deppe (1917)* bezog die Stadt Frauenfeld ihr Trinkwasser weitgehend aus Quellen, wobei jene aus dem Thunbachtal qualitativ besonders günstige Eigenschaften aufwiesen. Eine neue Grundwassererschliessung aus dem Thurtal stand damals noch nicht zur Diskussion.

Anlässlich seines Vortrags bei der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft stellte *Hug (1917)* seine neusten Erkenntnisse über die thurgauischen Grundwasserströme vor. Dabei nannte er als Beispiele die Vorkommen im weiteren Thunbachtal, von Amriswil-Schocherswil, im fluvioglazialen Schotter von Horn und zudem jene in der ausgedehnten Kiesfüllung im Talboden des Thurtales. So erwähnte er einerseits Bohrungen aus Bürglen, die in Kiesen Grundwasser bis in 20 m Tiefe erschlossen, andererseits dass die Thur zwischen Bürglen und Kradolf ein Stück weit links ausserhalb des Kienes in eine ältere Grundmoräne eingeschnitten ist. Im Weiteren zeigte er auf, dass sich talabwärts die Schotter zunehmend näher an die Terrainoberfläche mit Grundwasser anfüllen, sie aber auch an Mächtigkeit abnehmen respektive unterhalb von Horgenbach (westlich von Frauenfeld) gar fast ganz auskeilen. Damit muss auch der Thurtalschotter durch die Binnenkanäle längs der Thur Grundwasser abgegeben haben. Überdies wies *Hug* auf die Nutzung durch mehrere Gemeinden hin, die bereits Thurgrundwasser fördern.

2.5 Erste markante Erschliessungsphase von Grundwasser im Thurtal

Mit dem Ende des Ersten Weltkrieges setzte eine intensivierete, grossflächige Erschliessung des Grundwasserstroms im Thurtal ein. So wurde nahezu gleichzeitig zwischen Kradolf am «oberen» und Neunforn am «unteren» Ende des Vorkommens nach Grundwasser gebohrt, dies zum Zweck der Trink- und/oder Brauchwassernutzung. Oft wurden diese Arbeiten von Fachleuten, wie unter andern Jakob Hug (Zürich), Julius Weber (Winterthur) oder Albert Weber (Frauenfeld) hydrologisch begleitet. Zudem wurden anhand von Brückenbauten (wie beim Feldisteg, der Uesslinger-, Rorer-, Pfyner-, Eschikofer- und Amlikerbrücke) viele neue Erkenntnisse über die Grundwasserverhältnisse gewonnen. Desgleichen führten auch die neuen Industriebauten, wie jene für die Konservenfabrik Hero Frauenfeld zu neuen hydrogeologischen Aufschlüssen.

Einen ersten Überblick der bis 1922 gewonnenen Erkenntnisse hat *Julius Weber (1922)* in seiner Monographie über das Grundwasser von Winterthur und Umgebung zusammengestellt. Darin machte er nicht an der Kantonsgrenze zum Thurgau Halt, sondern berücksichtigte auch die damals aus dem Thurtal bekannten Erfahrungen. So schreibt er zur Entstehungsgeschichte des Thurtaler Grundwasserleiters: «Nachdem sich das Ende der grossen Thurzunge von den Andelfinger Stirnmoränen gegen Osten zurückgezogen hatte, füllte das Schmelzwasser die eisfreie Depression zu dem schmalen aber langen Thurtalsee auf, der sich über Frauenfeld hinauf bis gegen Bürglen ausdehnte. Als das Abflusswasser sich mehr und mehr in den Stirnmoränendamm einschnitt und eine bis auf die Molassenunterlage hinunterreichende Rinne austiefte, entleerte sich der Stausee wieder. Nun häufte der geschiebene Zufluss seine Schottermassen auf dem Seeboden an und überlagerte ihn mit einem mächtigen, von Bürglen bis gegen die Staustelle hinunterreichenden Schotterstrang.» Damit meinte er – wohl unausgesprochen – den Grundwasserleiter des Thurtales. Bezüglich des Grundwasserstromes stellte *Julius Weber* die von Osten nach Westen fortwährende Grundwassermenge fest, sodass der Überschuss des Grundwassers westlich von Frauenfeld in zahlreichen Oberflächenausstössen austritt und teils ins Thurbett, teils in die Binnenkanäle und Bäche übergeht. Insgesamt betrachtet der Autor den Schotter des mittleren Thurtales als einen der grossen Grundwassersammler der Nordostschweiz. In einer kartographischen Skizze hielt er schliesslich auch seine Vorstellung über die Verbreitung des Thurtalschotters bis östlich von Frauenfeld fest (*Abbildung 2*). Diesen stellte er allerdings – entsprechend der damaligen Gepflogenheit – noch den «Würmschottern» gleich.

Die Vielfältigkeit der neuen zwischen 1918 und 1924 erhaltenen Erkenntnisse über das Verhalten des Wassers im Untergrund bewogen *Albert Weber (1924)* diese in den Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft darzulegen. Der Autor stand damals als Kulturingenieur dem kantonalen Meliorationsamt vor. Neben 33 darin beschriebenen Sondieraufschlüssen und zehn interpretierbaren Pumpversuchen, legte er in seiner Arbeit die Resultate von Abflussmessungen dar. Diese Untersuchungen führte er in mehreren Messkampagnen zur Bestimmung der in den Oberflächengewässern (Binnenkanäle) und im Untergrund zirkulierenden Wassermengen zur Bilanzierung des

Wasserhaushaltes durch. Damit sollten Anhaltspunkte für eine kontrollierte Wasserwirtschaft gewonnen werden. Zudem nahm er eine Vielzahl von Temperaturmessungen und chemische Analysen an Grund- und Oberflächenwasser vor. Die letzteren umfassten insbesondere Härtebestimmungen.

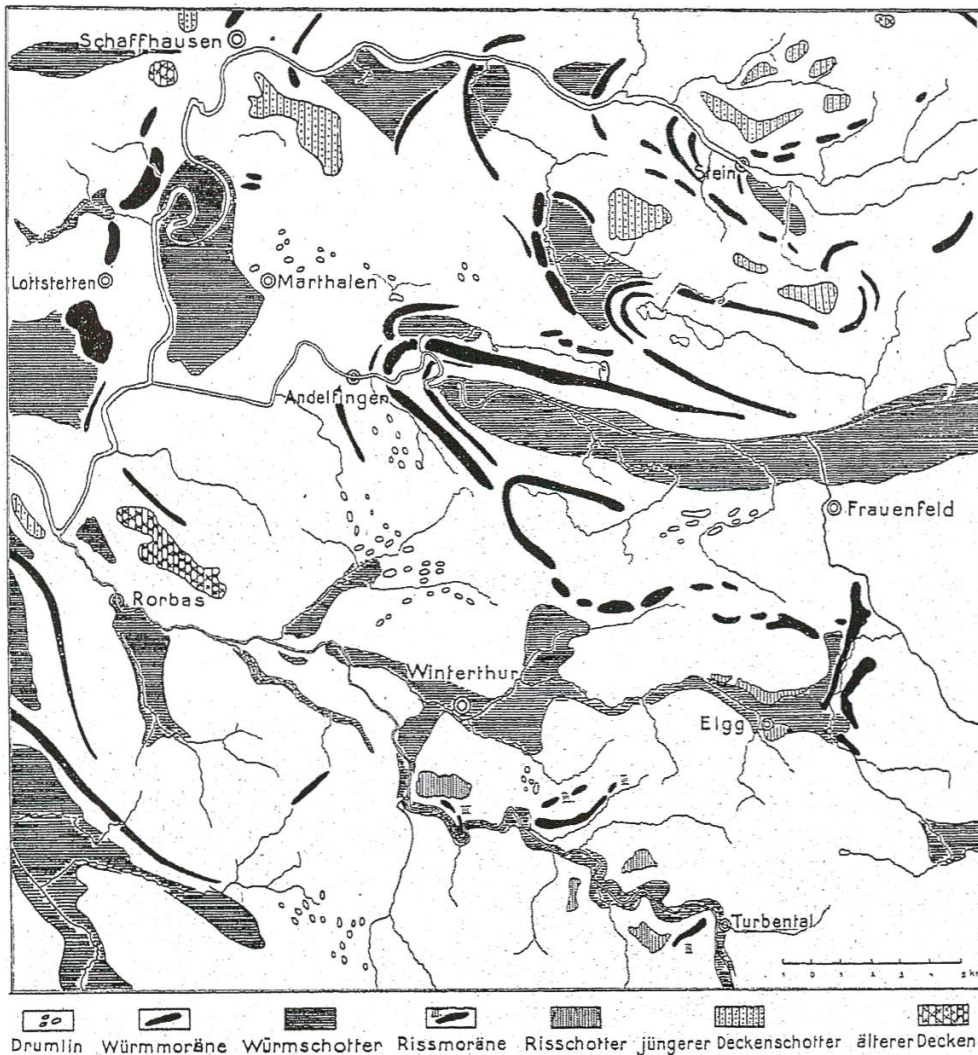


Abbildung 2: Kartenskizze der Moränen und Schotter im nördlichen Teil des Kantons Zürich und der angrenzenden Gebiete (aus: Julius Weber 1922).

Albert Weber gliederte die Beschreibung des Grundwasserstroms nach drei Betrachtungsaspekten: Generelle Lage des Grundwasserspiegels, Rolle der Binnenkanäle und Versuch einer Bilanzierung der zirkulierenden Grundwassermengen. Bezüglich der Spiegellagen stellte der Autor einen Vergleich zur Sohle des Thurflusses, des Wasserspiegels in den Binnenkanälen und des Grundwasserspiegels an. Zudem erfasste er die Grössenordnungen, der an verschiedenen Stellen im Thurtal (Sulgen, Märstetten, Felben und Horgenbach) zu beobachtenden Spiegelschwankungen. So beschrieb er, dass unterhalb von Wigoltingen das Grundwasser die Sohlen der Entwässerungs- und Binnenkanäle übersteige, sodass der Grundwasserstrom diese als Überläufe benützt. Für den Autor war es richtigerweise klar, dass sich unterhalb der Brücke Niederneunforn-Altikon

sämtliches restliches Thurtalgrundwasser in die Binnenkanäle entwässert. Weiter beschreibt *Albert Weber* auch Abschnitte der Binnenkanäle, entlang welchen sie Wasser wieder ins tiefer gelegene Grundwasser abgeben. Einen solchen legte er im Bereich der Frauenfelder Allmend, vor der Einmündung der Murg in die Thur bei der Rorerbrücke dar.

Zur Bilanzierung der Grundwasserströmung ging der Autor vorerst von einer weitgehenden Speisung von versickerndem Niederschlagswasser aus. Als Fläche des Einzugsgebiets der Grundwasserbildung im Tal und an den Hängen ging er von einer Fläche von etwa 75 km² aus. Da unter dieser Annahme und unter der

Ort	Beobachtungen nach Weber, Alb., 1924			anzunehmende Auswertungen nach heutigen Abschätzmethoden		
	Filterdurchmesser [m]	Fördermenge [l/Min.]	Spiegelabsenkung (Δh): [m]	abschätzbare Transmissivität (T), * [m ² /s]	anzunehmende, wirksame Wassersäule (M) [m]	abschätzbarer Durchlässigkeitsbeiwert (k), ** [m/s]
PW Sulgen	1,0	1 200	0,30	$7 \cdot 10^{-2}$	4	$2 \cdot 10^{-2}$
PW Amriswil	1,0	1 400	0,43	$5 \cdot 10^{-2}$	9	$6 \cdot 10^{-3}$
PW Bürglen	0,5	1 800	0,48	$6 \cdot 10^{-2}$	10	$6 \cdot 10^{-3}$
PW Berg (Mauren)	0,8	2 700	0,80	$6 \cdot 10^{-2}$	9	$6 \cdot 10^{-3}$
Probeschacht I für Berg	-	300	-	-		-
PW Weinfelden	1,0	1 000	0,10	$2 \cdot 10^{-1}$	2	$8 \cdot 10^{-2}$
PW Märstetten	1,0	1 000	0,30	$6 \cdot 10^{-2}$	6	$9 \cdot 10^{-3}$
PW Amlikon	0,4	1 500	0,35	$7 \cdot 10^{-2}$	3	$2 \cdot 10^{-2}$
PW Wigoltingen	3,0	2 000	?	?		?
Brücke Eschikofen	Baugrube	5 000	?	?		?
Pumpschacht Ror	0,5	1 200	0,30	$7 \cdot 10^{-2}$	5	$1 \cdot 10^{-2}$
Pumpschacht Ror	0,5	5 000	0,95	$9 \cdot 10^{-2}$	5	$2 \cdot 10^{-2}$
Mittelwiden (Uesslingen)	Baugrube	1 200	0,30	$7 \cdot 10^{-2}$	2	$3 \cdot 10^{-2}$

Tabelle 1: Ergebnisse von in den von Albert Weber (1924) beschriebenen Pumpversuchsdaten sowie nach heutigen Erkenntnissen vorgenommenen abschätzbaren Auswertungen.

*) Grob geschätzte Transmissivität (T) in Abhängigkeit der Fördermenge (Q) und der Spiegelabsenkung (Δh): $T \sim Q / \Delta h$

***) Grob geschätzter k-Wert (k) in Abhängigkeit der Transmissivität (T) und der wirksamen Wassersäule (M): $k = T / M$

zu berücksichtigenden Niederschlagsmenge die Bilanzierung der Grundwasserströmung nicht aufging, erkannte er den sehr hohen Anteil von versickerndem Thur-Infiltratwasser.

Wären zur Zeit von *Weber* in den Schweizer Fachkreisen die heute gängigen Brunnenformeln schon bekannt gewesen, wären damals schon Aussagen zur Durchlässigkeit sowie grob abgeschätzte Durchflussmengen pro Talquerschnitt möglich gewesen (*Tabelle 1*). Anhand der 1924 beschriebenen Beobachtungen wäre damit als Auswertung der 10 beschriebenen Pumpversuche die Aussage möglich gewesen, dass im Thurtalschotter von einem k -Wert¹⁾ ausgegangen werden kann, der in der Regel zwischen $5 \cdot 10^{-3}$ m/s und $2 \cdot 10^{-2}$ m/s liegt. Diese Erkenntnis wäre auch nach den neuesten Grundwasseruntersuchungen in groben Zügen immer noch gültig.

2.6 Kernaussagen von Albert Weber (1924)

Zur Geometrie des Grundwasservorkommens:

Der Schichtaufbau des Grundwasserleiters wird anhand von 33 Bohr- und Baugrubenaufschlüssen grob beschrieben. Das Grundwasservorkommen beginnt zwischen Kradolf und Sulgen, reicht praktisch nicht in die Talung nach Riedt (Gemeinde Erlen), d.h. ins «Wiimoos» hinein. Bedingt durch die starke Einengung im Dorfbereich von Bürglen durch den dortigen Molassefelsriegel, weitet es sich dann sogleich seitlich bis nach Mauren (Gemeinde Berg) aus. Anschliessend wird es seitlich von den sich entlang der Talflanken hochsteigenden Molasse- und/oder Moränenschichten begrenzt. Nach «unten» wird es schliesslich von immer höher auftauchenden Lehmen abgeschnitten, sodass es dort im Bereich der Grenze zum Kanton Zürich auskeilt. Das gesamte Vorkommen wird in der Tiefe von dichten, stauenden Lehmen, teils ältere Seebodenlehme und/oder Grundmoränenlehme, unterlagert. Der Grundwasserleiter wird fast im ganzen Thurtal von einer gering mächtigen Deckschicht von unregelmässiger Ausbildung überdeckt. Ihre Schichtstärken schwanken dabei zwischen 1 bis 2 m. Im oberen Bereich des Vorkommens – insbesondere zwischen Bürglen und Weinfeldern – beläuft sich die Kiesmächtigkeit auf deutlich mehr als 10 m. Talabwärts scheint sie sich zu verringern, um nahe der Kantonsgrenze fast ganz auszukeilen.

Zum Grundwasserstrom:

Zur Neubildung durch versickernde Niederschläge steht dem Grundwasservorkommen ein Einzugsgebiet von ca. 75 km² zur Verfügung. Talabwärts betrachtet, nähert sich der mittlere Grundwasserspiegel immer mehr der Bodenoberfläche. Ab Wigoltingen liegen dann die Sohlen der Binnenkanäle tiefer als der Grundwasserspiegel. Daher entwässert sich dort das Grundwasser in diese Kanäle. Die Binnenkanäle werden aber von der Thur her nicht direkt gespeist. Die in den Binnenkanälen – abzüglich ihrer seitlichen Hangzuflüsse – abfliessenden Wassermengen entsprechen den im Thurtal zirkulierenden Grundwassermengen.

¹⁾ k -Wert: Durchlässigkeitsbeiwert, definiert als zirkulierendes Wasservolumen pro Durchflussfläche und Zeiteinheit (m^3/m^2 pro $s = m/s$)

gen. Gemäss dieser Betrachtung bleibt eine gesamte Grundwassermenge von rund 7 000 l/s, die der Grundwasserstrom im Thurtal zwischen Eschikofen und Feldi «abstösst». Der Grundwasserstrom zeichnet sich durch eine geringe Veränderlichkeit der in die Binnenkanäle überlaufenden Wassermengen aus. Die Schwankungsbreiten des Grundwasserspiegels sind im oberen Thurtal (bis 4 m) grösser als unten (weniger als 1 m).

Zu den physikalischen und chemischen Eigenschaften des Grundwasserstroms:
Der direkte Einfluss der Aussenwärme auf das Grundwasser wird stark gedämpft. Es zeigte nie tiefere Wassertemperaturen als 7 °C und nie höhere als 15 °C. Dennoch finden sich Unterschiede: Während die Wassertemperatur im oberen Thurtal bis Märstetten zwischen 10 °C und 15 °C schwanken, sind die Extremwerte talabwärts weiter auseinanderliegend. Das Grundwasser erfährt von Kradolf bis Weinfeldern eine Härtezunahme, dann eine starke Abnahme und anschliessend wieder ein Zunahme auf der rechten Talseite bis Pfy.

Zur Thur und ihrer Veränderungen seit 1879:

Die Thur reguliert ihr Gefälle selbst in ausgleichendem Sinne. So waren innerhalb des zu betrachtenden Zeitintervalls von 42 Jahren im unteren Abschnitt (unterhalb von Pfy) Sohlenerhöhungen von mehr als 2 m und im oberen Abschnitt Eintiefungen des Flussbettes von bis mehr als 3 m festzustellen. Die damit verbundene Vertiefung der Thursohle hat für den oberen Teil des Thurtales auf seiner ganzen Breite eine starke Senkung des Grundwasserspiegels bewirkt.

Zu den Beziehungen zwischen Grundwasserstrom und Thur:

Bei einer vermuteten Einsickerungsrate von 12 l/s und km² ist vom 75 km² grossen Einzugsgebiet eine Niederschlagsneubildung von total 900 l/s ableitbar. Der grosse Unterschied zur gemessenen Grundwassermenge von etwa 7 000 l/s, die in die Binnenkanäle austritt, zeigt, dass nur ein kleinster Teil des Grundwassers durch Niederschläge einsickerndes Wasser gespiesen wird und daher von anderem Ursprung sein muss. Dabei scheint in erster Linie die Thur als Lieferant. Die grössten Zuflüsse sind vom Kanal der Industrien von Bürglen, vom Kanal der Industrien von Weinfeldern und dem Abschnitt von Bonau bis Häusern (Gemeinde Wigoltingen) zu erwarten.

3 Der Zeitraum von 1924 bis 1953

Über die vermutlich vielen im Thurtal durchgeführten Sondier- und Pumpversuchsergebnisse wird in diesem Zeitschnitt praktisch nichts veröffentlicht. Zudem bieten die wenigen, zwischen 1924 und 1953 erschienenen, Publikationen nur Angaben über die flächenhafte Verbreitung des grundwasserführenden Thurtalschotters.

Ein typisches Beispiel hierzu liefern *Hug & Beilick (1934)* in ihrer Veröffentlichung über die Grundwasserverhältnisse des Kantons Zürich. Darin geben sie in ihrer

Grundwasserkarte (Abbildung 3) wohl die damals vermutete Verbreitung des Thurtaler Grundwasserstroms wieder; über dessen eigentliche Eigenschaften berichten sie jedoch nichts.

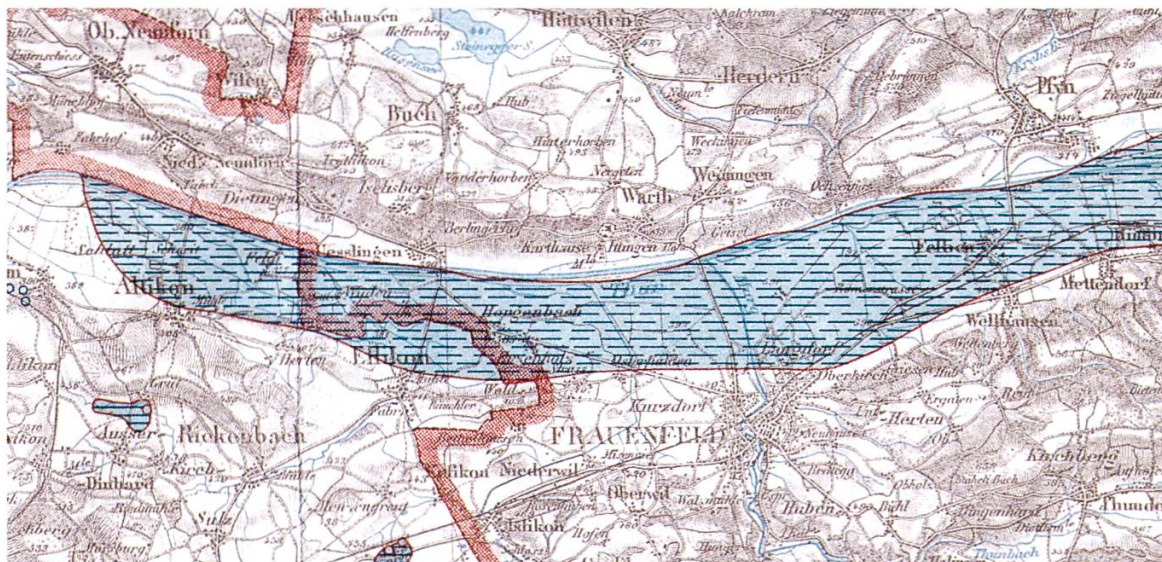


Abbildung 3: Abschnitt «Unteres Thurtal» aus Hug & Beilick (1934): Kanton Zürich – Karte der öffentlichen Grundwasserströme und Grundwasserbecken, 1:100 000.
Flächensignatur: Grundwassergebiet in den Schottern der ehemaligen Seen.

Ein ähnliches Resultat zeigt das Geologische Atlasblatt Pfn, Märstetten, Frauenfeld, Bussnang im Massstab 1:25 000 von Geiger (1943) in Abbildung 4, inklusive den dazu gehörenden Erläuterungen. Aus geologischer Sicht gliedert er den für den Grundwasserstrom massgebenden Thurtalschotter neu in «Alluvialböden und jungquartäre Schotter». Er lässt dabei aber offen, inwieweit die «jungquartären» Schotter eiszeitlich (pleistozän) oder nacheiszeitlich (holozän) abgelagert wurden. Erstmals wird in dieser Karte eine Abgrenzung zwischen Thurtalschotter und den Ablagerungen des Murgdeltas dargestellt. Die letztern bestehen laut Geiger hauptsächlich aus Kiesen²⁾.

Daneben beschreibt Geiger die Eigenschaften der Quellen, Grundwasser und Bohrungen wie folgt: «Die Dörfer Müllheim, Wigoltingen, Märstetten, Bussnang, Amlikon und die Stadt Frauenfeld pumpen Grundwasser aus der Thurebene. ...» Dies bedeutet, dass andererseits bis 1943 die übrigen Thurtaldörfer des Atlasblattes, nämlich Bonau, Engwang, Eschikofen, Felben, Hüttlingen, Mettendorf, Pfn, Warth, Weiningen und Wellhausen nur durch Quellen und/oder Sodbrunnen versorgt wurden. Geiger erwähnt weiter, dass bei Frauenfeld der «Thurfeldschotter» auf einer kompakten, steinig-lehmigen Grundmoräne liegt. Diese stelle die tiefste Füllung der Thurtalrinne dar. Zudem äussert er die Meinung, dass der Schotter keinen durchgehenden Horizont bilde, sondern ein Rinnensystem fülle. Dadurch zeigt der Autor, dass er von der Existenz der im Thurtal ausgedehnt unter dem Thurtalschotter auftretenden Seeablagerungen noch keine Kenntnis hatte.

²⁾ Anmerkung: Neuere Erkenntnisse zeigen, dass die unter den Murgkiesen lagernden Murgsande ein weit grösseres Ausmass als die -kiese aufweisen.

Geiger weist darauf hin, dass Bäche mit Ursprung im «Thurfeld» meist den Namen «Giessen» oder «Gill» tragen. Es sind «Sammeladern» der Grundwasseraufstösse.

Letztlich beschreibt Geiger 14 Bohrprofile vom Thurtalabschnitt des Atlasblattes, von denen aber schon zwölf in der Arbeit von Albert Weber (1924) aufgeführt sind. Gegenüber den Aufzeichnungen von 1924 sind nun alle in ihrer Lage mit Koordinaten definiert.

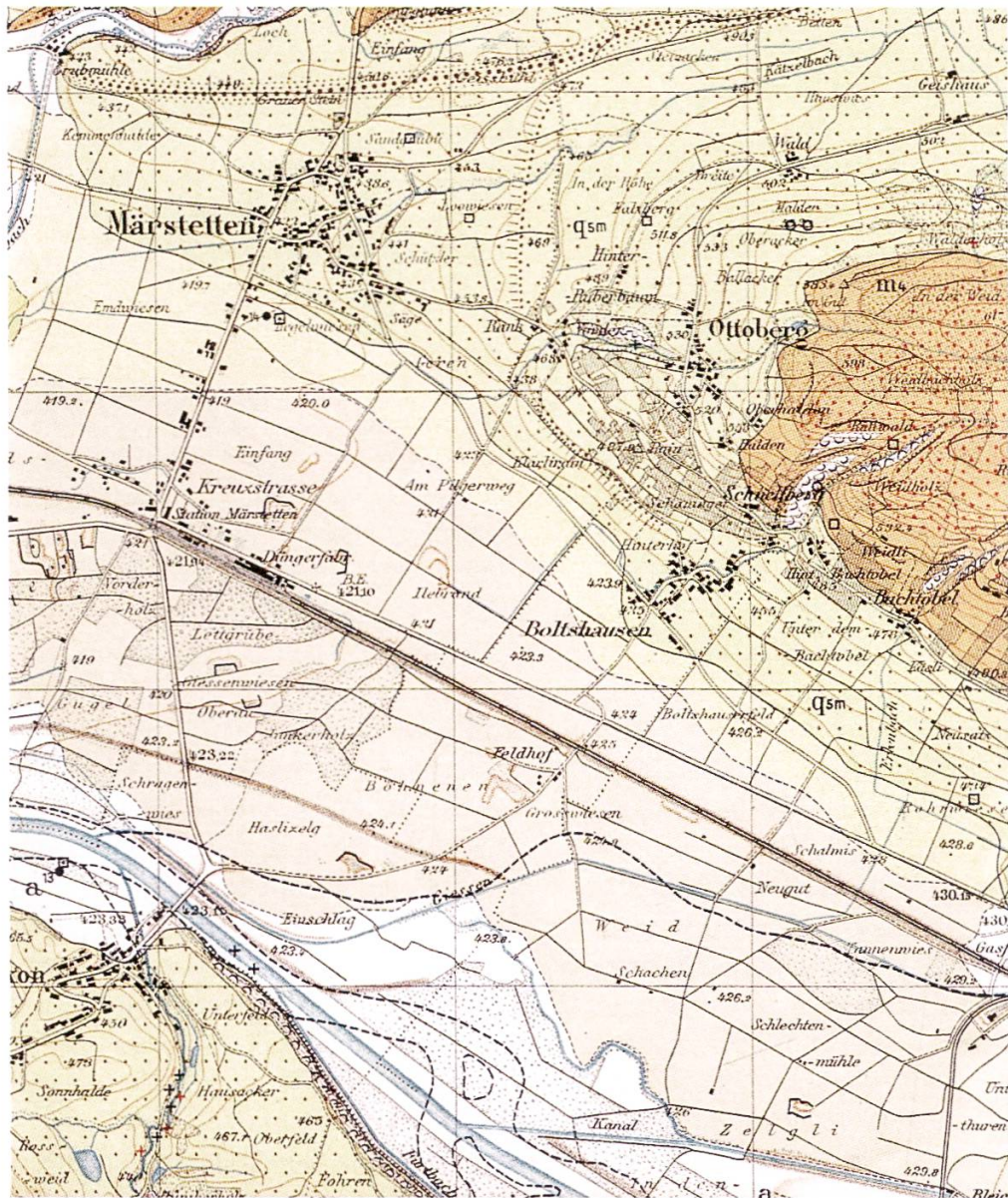


Abbildung 4: Abschnitt «Märstetten – Weinfelden-West» aus Geiger (1943): Geologischer Atlas der Schweiz, 1:25 000, Blätter 56 Pfy, 57 Märstetten, 58 Frauenfeld, 59 Bussnang (Atlasblatt 16).

Legende:

- weisse Flächensignatur (a): Alluvialböden
- blasse, hellbraune Flächensignatur: Schotter, jungquartär
- hellgrünliche: Flächensignatur (q_{sm}): Moräne

Mit Darstellung (Signaturen) der ehemaligen Flussläufe, Grundwasser-Pumpwerke, Bohrungen, Kiesgruben.

Im Rahmen des gesamtschweizerischen, geologischen Kartenwerks im Massstab 1:200 000 erscheint 1950 von unserem Gebiet das Blatt 3: Zürich – Glarus (Buxtorf et al. 1950, Abbildung 5).



Abbildung 5: Abschnitt «Thurtal» aus Buxtorf et al. (1950): Geologische Generalkarte der Schweiz 1:200 000, Blatt 3 Zürich – Glarus; weisse Flächensignatur im Thurtal: Alluvialböden; hellbraune Flächensignatur im Thurtal: Fluvio- und interglaziale Schotter (Nieder-/Hochterrasse).

Bezüglich dieser Kartenbearbeitung ist leider festzustellen, dass bei ihr die rund sieben Jahre älteren Kartierungsergebnisse von Geiger (1943) – wenn überhaupt – dann höchstens nur rudimentär berücksichtigt wurden. Dazu einige interessante Beispiele: Obschon die vergleichsmässig kleinen Bachschuttkegel von Wellhausen bis Eschikofen «fein» ausgeschieden sind, findet der grosse Schutfächer der Murg keine Darstellung. Der Thurtalschotter wird als fluvioglazialer oder interglazialer Schotter respektive als Schotter der Hoch- oder Niederterrasse klassiert und dementsprechend der Würm- oder Risseiszeit zugewiesen. Eine nacheiszeitliche Entstehungsmöglichkeit wird nicht in Betracht gezogen. Letztlich ist der pleistozäne Ittingerschotter als Molassenagelfluh interpretiert. Insgesamt entspricht der dargestellte Karteninhalt einem Wissensstand, der ein bis mehrere Jahrzehnte zurückliegt. Es gilt dennoch festzuhalten, dass im Thurtal oberhalb Weinfelden (auf Blatt 1054 Weinfelden) und unterhalb von Uesslingen (auf Blatt 1052 Andelfingen) diese geologische Generalkarte 1:200 000 bis 1967/68 den damals aktuellsten geologischen Wissensstand wiedergibt. Flächenhafte geologische Interpretationen waren dort bis Ende der 60er-Jahre daher nur mit dieser und in Kombination mit der topographischen 1:25 000-er Karte (erst «Siegfriedkarte», dann «Neue Landeskarte») und der geologischen Karte 1:100 000 von Gutzwiller & Schalch (1883) möglich. Solche flächenhaften Interpretationen werden unter anderem auch für regionale hydrogeologische Studien – wie beispielsweise Betrachtungen und Beurteilungen über einen ganzen Grundwasserstrom – benötigt.

4 Der Wissensstand von 1953

4.1 Der Auftrag der Thurgauer Regierung von 1949

Seit den 1924 in den Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft veröffentlichten Arbeiten von *Albert Weber* entstand eine Lücke in der Darlegung aktueller, respektive neuer Erkenntnisse über die Grundwasserverhältnisse. Wohl wurden in der Zwischenzeit viele Grundwasserbrunnen erstellt und daneben von vielen Tiefbauten neue hydrogeologische Erkenntnisse gewonnen, dennoch unterblieben Darstellungen über deren Ergebnisse.

1946 bekräftigt die Thurgauische Regierung in der Verordnung zum Gewässerkorrektionsgesetz die Kantonshoheit an Grundwasservorkommen. Dazu zählen alle, die nach Grösse und Ausdehnung oder nach ihrer Bedeutung für die Vegetation, den Wasserhaushalt oder die Wasserversorgung wesentlich sind. Sie hat unter anderen alle Grundwasserläufe und Grundwasserbecken zu bezeichnen und das Baudepartement hat ein Verzeichnis über die öffentlichen Gewässer anzulegen und nachzuführen.

Daher beauftragte der Regierungsrat 1949 *Albert Weber*, zusammen mit Jakob Hug und dem kantonalen Wasserrechtsamt, die erforderlichen Erhebungen zu tätigen. Die umfangreichen Untersuchungen der 44 vorerst ausgeschiedenen, letztlich dann 32 festgesetzten Grundwasservorkommen wurden Ende 1952 abgeschlossen. In den speziellen Kartierungen im Massstab 1:25 000 (*Abbildung 6*) wurden die öffentlichen Grundwassergebiete, Grundwasserpumpwerke (konzessionspflichtig/nicht konzessionspflichtig) und Grundwasseraustritte in hochgelegem Schottergebiet dargestellt. Zudem wurden Bohrungen mit teilweisem und ohne Erfolg, bekannte Grundwasseraufstösse und Versickerungsstellen, neben auf Grundwasser deutende Kies- und Probegruben, Grabenarbeiten und Piezometer festgehalten.

Auf Anregung der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft beschloss der Regierungsrat, den Bericht samt einer verkleinerten Ausgabe der Karte zu veröffentlichen. Das Baudepartement erstellte die Grundwasserkarte im Massstab 1:100 000 (*Abbildungen 7 und 8*). So berichtete *Albert Weber (1953)* in seiner viel beachteten Arbeit über den aktuellen Stand der Grundwasserverhältnisse im ganzen Kanton Thurgau. In dieser grundlegenden Arbeit sind alle thurgauischen Grundwasserströme und Becken, die Grundwasservorkommen hochgelegener Schotterflächen, Grundwasserpumpwerke sowie einzelne oder Gruppen von Grundwasserausflüssen dargestellt. Die Arbeit gibt eine Übersicht über die seit 1924 gewonnenen Beobachtungen und Erkenntnisse aus dem Thurtal. Innerhalb der gesamten Arbeit nimmt jedoch die Beschreibung der Verhältnisse des Thurtales einen wohl bedeutenden und dennoch eher untergeordneten Abschnitt ein.

4.2 Kernaussagen von *Albert Weber (1953)*

Zur Geometrie des Grundwasservorkommens im Thurtal:

Die damaligen Angaben der 33 Aufschlüsse zum Schichtaufbau des Grundwasserleiters werden durch weitere 18 Bohr- und Baugrubenaufschlüsse ergänzt.

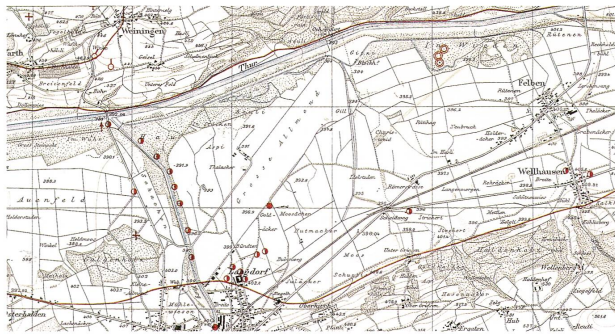


Abbildung 6: Abschnitt «Frauenfeld–Felben» aus Albert Weber (1952): «Grundwasserkarte Thurgau, 1:25 000. Legende:

- blässblaue Flächensignatur: öffentliche Grundwassergebiete
- doppelte, offene rote Kreissignaturen: konzessionspflichtige Grundwasserpumpwerke
- rotweisse Kreissignaturen: bekannte Bohrungen mit teilweise Erfolg
- rote, volle Kreissignaturen: bekannte Bohrungen ohne Erfolg
- rote, offene Kreissignaturen mit Strich: Grundwasseraustritte in hochgelegenen Schottergebiet
- rote Kreuzsignatur: auf Grundwasser deutende Kies- und Probegruben, Grabenarbeiten und Piezometer

Der Autor stellt nun das ganze Grundwasservorkommen mit seiner randlichen Begrenzung dar. Neu hält er die westlich des Gaswerkes Weinfelden und ca. 300 m südlich des Talrands die westlich des Gaswerkes Weinfelden und ca. 300 m südlich des Talrands befindende, nach Westen abtauchende Molassefelsrippe fest. Dabei erwähnt er, dass nördlich dieser kein Grundwasser gefunden wurde und weiter westwärts und näher am Talrand gelegen, in eine Tiefe von 18 m Kies erbohrt wurde. Weiter berichtet der Autor, dass mit Ausnahme von Bürglen, keine von über 100 Sondierbohrungen in der Thurebene den Fels erreichte. Die in seiner Arbeit von 1924 dargestellten geometrischen Eigenschaften des Grundwasservorkommens werden weitestgehend bestätigt.

Zum Grundwasserstrom:

Zur 1924 dargelegten Grundwasserbilanz korrigiert Albert Weber (1953) seine frühere Arbeit, indem damals die Grundwassereintritte in den Unterwasserkanal bei der Vigognespinnerei in Pfyen irrtümlicherweise nicht berücksichtigt wurden. Dadurch erhöht sich gemäss der neuen Betrachtung die gesamte Grundwassermenge auf rund 8 700 l/s, die der Grundwasserstrom im Thurtal zwischen Eschikofen und Feldi (Gemeinde Altikon) ans Oberflächengewässer abgibt.

Zur speziellen Nutzung des Grundwasserstroms:

Der Autor beschreibt ausführlich das Vorgehen und die Versuchsergebnisse für die Grundwasserentnahmen und -rückgaben von 280 l/s zu Kühlzwecken für das ehemalige thermische Kraftwerk der NOK. Diese wurden im Bewilligungsverfahren zu dessen Konzessionserteilung getätigt. Dieses wurde allerdings

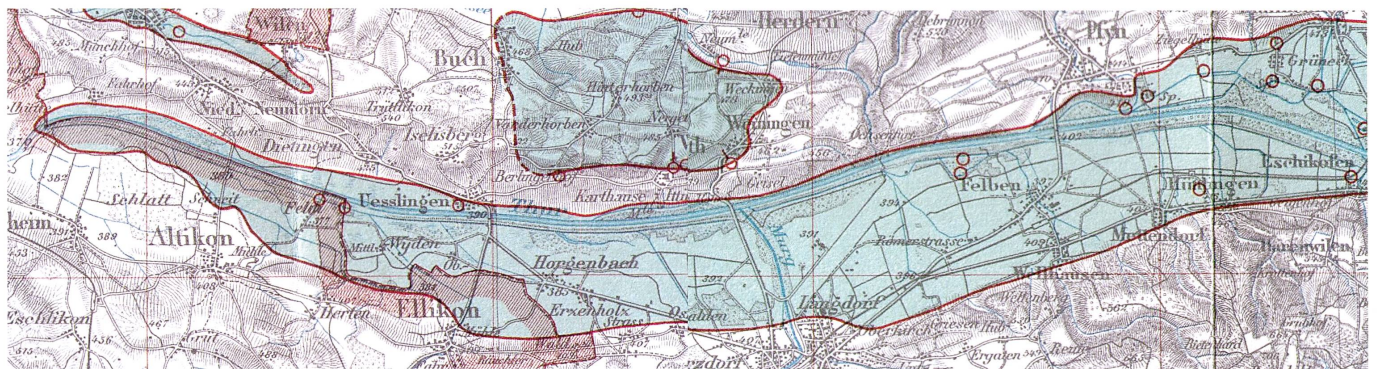


Abbildung 7: Abschnitt «Unteres Thurtal» aus Albert Weber (1953): Karte der öffentlichen Grundwassergebiete, 1:100 000. Legende:

- blaue Flächensignatur: Grundwasserströme und Becken
- rote Kreissignaturen: Grundwasserpumpwerke

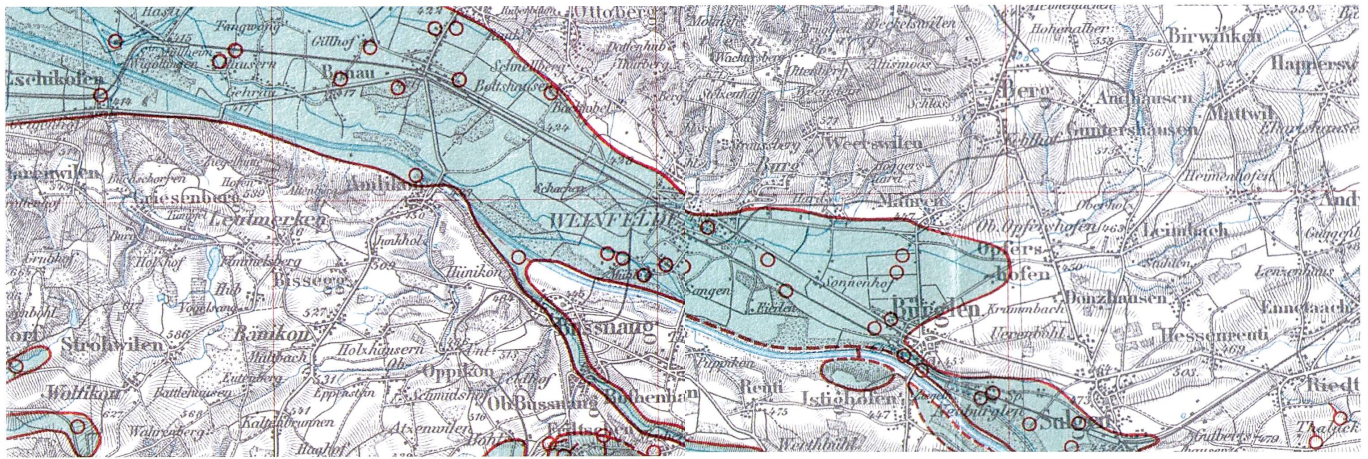


Abbildung 8: Abschnitt «Oberes Thurtal» aus Albert Weber (1953): Karte der öffentlichen Grundwassergebiete, 1:100 000. Legende:
 • blaue Flächensignatur: Grundwasserströme und Becken
 • rote Kreissignaturen: Grundwasserpumpwerke

nur bei Versorgungspässen betrieben. Es sei erwähnt, dass das Kraftwerk damals das entnommene Grundwasser zeitweise um rund 30 °C erwärmte und dann wieder in das Thurtalgrundwasser versickern liess.

Zur Thur und ihre Veränderungen seit 1879:

Im Vergleich zu seiner früheren Arbeit geht Weber vertiefter auf die seit der Thurkorrektion erfolgten Sohleneintiefungen und -auflandungen sowie deren Folgen auf das Grundwasser ein. Die Auflandungen zwischen Niederneunforn und Pfyn verstärkten sich nicht spürbar. Dagegen erhöhten sich die Sohleneintiefungen oberhalb von Eschikofen bis Kradolf auf 4,8 m. Während das Thurbett von 1920–1950 bei Amlikon um zusätzlich 1,50 m eingetieft wurde, schnitt sich die Thur im gleichen Zeitabschnitt beim Steg bei Bussnang noch 0,80 und bei Bürglen (Felsen) noch 0,40 m ein. Oberhalb des Felsriegels von Bürglen – beispielsweise beim Buhwilersteg – nimmt die Eintiefung in den entsprechenden 30 Jahren um 1,30 m weiter zu.

Von grosser Bedeutung ist das Verschieben des Punktes, ab dem die Sohleneintiefung in eine -auflandung übergeht. Dieser verschob sich nämlich zwischen 1920 und 1950, also in nur 30 Jahren, um etwas mehr als 5 km flussabwärts und zwar von Eschikofen bis ca. 1 km unterhalb der Pfynbrücke.

Die Vertiefung der Thursohle hat für den oberen Teil des Thurtales auf seiner ganzen Breite eine starke Senkung des Grundwasserspiegels bewirkt.

Zu den Beziehungen zwischen Grundwasserstrom und Thur:

Anhand der dargelegten Aufzeichnungen der Niederschläge der Messstation Sulgen sowie von Grundwasser- und Thurpegeldaten in Bürglen erkannte Weber, dass das Grundwasser mehr auf die Thurwasserstände, als auf Niederschläge reagiert. Die Wechselbeziehungen zwischen Thur und Grundwasser enden aber unweit des östlichen Dorfrandes von Bürglen.

Aus dem Vergleich der Wasserstandskurven geht hervor, dass der Grundwasserspiegel im Pumpwerk Amriswil (ca. ¼ km westlich des Bahnhofs Sulgen) wohl auf den Thurwasserspiegel reagiert, dies aber wesentlich weniger ausgeprägt als jener bei Bürglen. Zudem hinkt er letzterem zeitlich nach. Weber erklärt dies mit wesentlich weiter oben einsickerndem Thurwasser. Er stellt dies auch in den Zusammenhang, dass oberhalb der Kammgarnspinnerei bis Underau (Gemeinde Kradolf-Schönenberg) die Thur in die Grundmoräne eingeschnitten ist. Als Einsickerungsstrecke kommt daher nur ein kürzerer Thurabschnitt im Bereich von Kradolf (Underau bis Oberau) in Frage.

Von Bürglen herkommend bringt der Grundwasserstrom keinen nennenswerten Zufluss ins Grundwasserfeld von Weinfelden. Die Zuflüsse erfolgen hier einerseits von Infiltrationen des Giessens, dann von über einer Fläche von ca. 7 km²

versickernden Niederschlägen – etwa 90–140 l/s – sowie durch seitlich von Berg zusickernde Hangwässer in der Grössenordnung von 60–120 l/s. Andererseits erfolgen massgebende Zuflüsse von der Thur und ihrer Kanäle. Dabei erwähnt *Weber* die sehr starken Infiltrationen durch die beiden Industriekanäle. Während der direkt von der Thur stammende Anteil nicht näher bekannt ist, spricht vieles dafür, dass wenigstens Hochwasser oberhalb von Weinfeldern in das Grundwasser sickert.

Der besondere Infiltrationseinfluss durch den Giessen ist aus den, zwischen 1931 und 1933, ausgeführten Einbauten von Betonplatten in dessen Bachsohle ober- und unterhalb der Brücke Bürglen-Mauren ersichtlich. Diese bewirkten, dass der Grundwasserspiegel in den Pumpwerken Mauren, Sangen (Gemeinde Weinfeldern) und Kunststeinfabrik Mayer (Bürglen) «bedenklich» absank. Weiter konnte durch Messungen nachgewiesen werden, dass durch das Entfernen einer einzigen Schale bereits ein Einsickern von 300 l/Min. eintrat.

Im Bereich von Bonau fliesst die Thur deutlich in der Schotterauffüllung, was dort die Versickerung von Flusswasser stark begünstigt. Neuere Beobachtungen zeigen, dass unterhalb von Müllheim das Bett der Thur entlang grösserer Strecken abgedichtet, also kolmatiert ist.

5 Der Zeitraum von 1960 bis 1988

5.1 Der allgemeine Wissensstand von 1960–1988

Den Wissensstand zwischen 1960 und 1988 widerspiegeln die geologischen Kartierungen der Altlasblätter Nr. 1052 Andelfingen von 1967 (*Abbildung 9*), Nr. 1054 Weinfeldern von 1968 (*Abbildung 10*) und Bischofszell von 1973 sowie die Kartierung der Grundwassergebiete im Massstab 1:25 000 von 1977/78 durch die Heinrich Jäckli AG. Letztere liegt als Manuskriptkarte beim Amt für Umwelt vor. In ihr enthalten sind die Verbreitung der Grundwasservorkommen entsprechend der Grundwassermächtigkeitsgruppen (<2 m, 2–10 m, 10–20 m, >20 m), Lage und Typisierung, technische Anlagen, wie Grundwasserfassungen (Konz-Nr., Entnahmemengen), Versickerungsanlagen sowie bedeutende Bohrungen. Zudem lassen sich in ihr auch hydrologische Angaben (z.B. Wasserspiegel, Vorflut- und Infiltrationsstrecken von Oberflächengewässern sowie Durchlässigkeitsbeiwerte) finden.

Diese Bearbeitungen wurden durch die Auswertungen der stetig zunehmenden Datenmenge ermöglicht, welche laufend über die geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse vom Thurtal gewonnen wurden. Andererseits führten die umfangreicheren Tiefbauten und insbesondere die um die Trinkwasserfassungen auszuscheidenden Schutzzonen zu vertieften Kenntnissen über die Eigenschaften des Grundwasserleiters, seiner Bedeckung sowie der liegenden Schichtserien.

Diese Kenntnisse umfassen etwa seit 1970 nicht mehr nur die das Gestein beschreibenden, sondern auch deren hydraulischen und hydrogeologischen Ei-

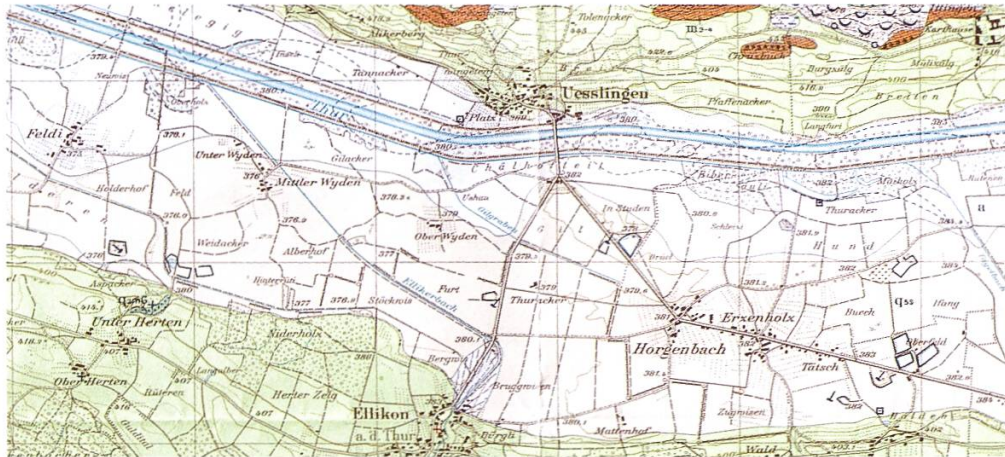


Abbildung 9: Hofmann (1967): Geologischer Atlas der Schweiz 1:25 000, Blatt 1052 Andelfingen (Atlasblatt 52, reproduziert mit Bewilligung von swisstopo BA091385).

Legende:

- weisse Flächensignatur (a): jüngste Alluvionen (a)
- blasse, hellbeige Flächensignatur (q_{55}): postglaziale Thurschotter, (Holozän)
- mit Darstellung (Signaturen) der ehemaligen Flussläufe, Grundwasser-Pumpwerke, Bohrungen, Kiesgruben

genschaften. Dies bewirkte, dass jetzt auch quantifizierende Berechnungen über das Fliess- und Absenkungsverhalten angestellt werden konnten. Die Ergebnisse wurden jeweils den vielen Auftragsgebern (Architekten, Ingenieure, Amtsstellen, öffentliche und private Verwaltungen) in Manuskriptform unterbreitet. Sie lagern seither in den vielfältigen individuellen Archiven. Publikationen dieser Resultate zu Händen der Öffentlichkeit blieben jedoch aus. Im Rahmen der Erarbeitung des ersten Thurtal-Grundwassermodells (Büchi und Müller AG 1988) wurden die vielen Einzelergebnisse zusammengetragen und ausgewertet. Dadurch konnte ein beachtlicher Kenntnisstand gesichert werden.



Abbildung 10: Geiger (1968): Geologischer Atlas der Schweiz 1:25 000, Blatt 1052 Weinfelden (Atlasblatt 54, reproduziert mit Bewilligung von swisstopo BA091385).

Legende:

- weisse Flächensignatur (a): jüngste Alluvionen (a)
- blasse, hellbeige Flächensignatur (q_{55}): postglaziale Thurschotter (Holozän)
- rotbraune Flächensignatur (m^3): obere Süsswasser-Molasse im Allgemeinen («Felsriegel von Bürglen»)
- mit Darstellung (Signaturen) der ehemaligen Flussläufe, Grundwasser-Pumpwerke, Bohrungen, Kiesgruben

men möglich ist. Im Bericht findet sich ein kurzer geologischer Beschrieb der geologischen Verhältnisse des Thurtals im Sinne einer Zusammenfassung der Arbeitsergebnisse von *Geiger* und *Albert Weber*. Zur näheren Abklärung der hydrogeologischen Verhältnisse liessen die Gutachter eine Rotary-Bohrung, sechs Rammb Bohrungen und 22 gerammte Stahlrohre in den Grundwasserleiter abteufen. Daneben wurden an Grundwasser-Weihern und an Bachläufen Messstellen zur Erfassung von Pegelständen errichtet. Vom rund 60 Stellen umfassenden Messsystem wurden an vier Daten die Spiegel von Grund- und Oberflächengewässern erfasst. An diesen Messdaten flossen in der Thur Wassermengen von zwischen $4 \text{ m}^3/\text{s}$ und $103 \text{ m}^3/\text{s}$.

Aus hydrogeologischer Sicht finden sich in dieser Arbeit erstmals Angaben über das mittlere Porenvolumen ($n \sim 20\%$ bis 30%) und die Durchlässigkeit (k -Werte: $k \sim 6 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$) des kiesig, sandigen Grundwasserleiters. Die Gutachter errechnen je Talquerschnitt mittlere Durchflussmengen von zwischen $3'000 \text{ l/min}$ und $15'000 \text{ l/min}^3$.

Die Autoren stellen die Ergebnisse der Wasserstandsmessungen in Form von Karten mit Grundwasser-Strömungsbildern und einigen Fliesslinien dar. Dabei legen sie dar, dass ein wesentliches Quergefälle zur Talachse hin nur im Gebiet der grossen Grundwasserfassung Widen bei Frauenfeld besteht. Sie deuten dies mit dem Zusammenzug von Grundwasser aus dem umliegenden Feld. Weiter erwähnen sie Infiltrationsströmungen von der höher gelegenen Thur im Gebiet der Murgmündung und im Bereich Maiholz bis Erzenholz.

Bezüglich der Mächtigkeitsverhältnisse des Grundwasserleiters im Thurtal sowie der Geometrie und Beschaffenheit der liegenden Seeablagerungen konnten sie – mangels neuer Aufschlüsse – gegenüber dem Wissensstand von *Weber (1953)* nur wenig neue Erkenntnisse darlegen.

Armin Weber und *Heinrich Jäckli* entwickelten dafür eine hydrochemische Härtekarte. Damit zeigten sie, dass im Thurtal trotz der anzunehmenden, weitgehenden Speisung durch Thur-Infiltratwasser unterhalb des Dorfes Eschikofen relativ hohe Karbonathärten vorliegen. Diese Gegebenheit weist auf längere Verweilzeiten des Grundwassers im Thurschotter hin. Sie zeigten auf, dass der Sauerstoffgehalt in Flusnähe in der Regel geringer ist, als in den bergwärts entnommenen Proben. Sie führten diesen Effekt auf den bedeutenden Sauerstoffverbrauch des von der Thur her infiltrierenden Wassers im Grundwasserträger zurück. Unterhalb des Querprofils von Frauenfeld ist der Sauerstoffgehalt über das ganze Talquerprofil derart niedrig, dass dort in bestimmten Bereichen noch Eisen und Mangan auftritt.

Die Autoren beschreiben die bis 1964 bestandene Grundwassernutzung im Thurtal und erwähnen dabei insbesondere die Entnahmemengen sowie gewisse

³⁾ Die Berechnungen beruhen zudem auf einem mittleren Grundwassergefälle von $J \sim 2\%$, sowie auf mit Grundwasser benetzten Talquerschnittsflächen von zwischen $4'000 \text{ m}^2$ und $20'000 \text{ m}^2$.

hydrochemischen Eigenschaften einzelner Fassungen. Darunter jene der Stadt Frauenfeld in Widen und Wuhr, dann die beiden von Erzenholz – in der Forre und Feldi. Weitere hydraulische und hydrogeologische Angaben – wie bezüglich des Absenkungsverhaltens – werden allerdings nicht erwähnt. Parallel zu den hydrogeologischen Gegebenheiten zeichnen sie die Kiesnutzung im ganzen Thurtal auf. Als Folgerungen empfehlen die Gutachter unter anderem, unterhalb von Felben grössere Grundwasserfassungen aus Ergiebigkeitsgründen möglichst nahe an der Thur anzulegen.

5.3 Das numerische 2D-Grundwassermodell des Thurtals von 1988

Im Juni 1980 beauftragte das damalige Amt für Umweltschutz und Wasserwirtschaft die *Büchi & Müller AG*, die stationäre Grundwasserströmung im Thurtal mittels dem von der Landeshydrogeologie zur Verfügung gestellten numerischen 2D-Grundwassermodell nachzubilden und zu bilanzieren. Die entsprechende Software zur Berechnung von Dupuit'schen Grundwasserströmungen mit freier Oberfläche wurde im Auftrag des eidgenössischen Amtes für Wasserwirtschaft von *Trösch (1975)* an der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW) entwickelt. Mit diesem Modell lassen sich die verschiedenen, sehr variablen Parameter wie Fluss- und Hangwasserinfiltrationen, Abflüsse in Vorfluter, künstliche Grundwasserentnahmen und Grundwasseranreicherungen sowie die Versickerung von Niederschlägen berücksichtigen. Das Rechenmodell ermöglicht es, Fragen bezüglich Durchflussmengen, Grundwassernutzung, Auswirkungen von Grundwasserentnahmen bzw. Grundwasseranreicherungen, Auswirkungen von Korrektionsarbeiten an Thur, Binnenkanälen, Fabrikkanälen und Seitenbächen etc. zu klären.

Um das Rechenmodell überhaupt anwenden zu können, waren vorerst ausreichend Daten über die wesentlichen hydrogeologischen Parameter zu erarbeiten, wie:

- Durchlässigkeit und Nutzporosität des Grundwasserleiters (k-Werte),
- Lage eines datumsgleich gemessenen Grundwasserspiegels,
- Tiefenlage der Grundwassersohle,
- Grundwassermächtigkeitsverteilung,
- Zuflüsse ins Grundwasser (Oberflächenwasserinfiltrationen, Hangwasserzuflüsse, Niederschlagsversickerung, künstliche Grundwasseranreicherungen),
- Abflüsse aus dem Grundwasser (Abflüsse in Vorfluter und Grundwasserentnahmen durch Pumpwerke).

Zu deren Festlegung wurden die bereits vorhandenen Daten nach Möglichkeit durch spezielle Sondierungen, Messungen und Untersuchungen ergänzt.

Sondierbohrungen:

Die Bohrungen dienten in erster Linie der Bestimmung der Thurschotter-Mächtigkeit, dem Erstellen neuer Grundwasserspiegelmessstellen und dem Ermitteln der Durchlässigkeit des Grundwasserleiters mittels Kleinpumpversuchen. Zudem war vorgesehen, in drei Bohrungen, die gesamte Lockergesteinsdecke bis auf den Felsuntergrund zu durchbohren. Dabei galt es abzuklären, ob eventuell tiefer liegende, nutzbare Grundwasservorkommen vorhanden sind.

Als Bohrungen wurden fünf Kernbohrungen und neun Rotary-Bohrungen mit Wasserspülung durch die Firma E. Lutz AG, Müllheim ausgeführt (Dezember 1980 bis September 1981). Die Bohrtiefen betragen zwischen 10 m und 152 m. Die Bohrungen wurden jeweils mit Grundwasserspiegelbeobachtungsrohren (\varnothing 4 $\frac{1}{2}$ “ oder 6“) ausgerüstet, in denen Kleinpumpversuche durchgeführt wurden.

In der Tiefbohrung bei Erzenholz (westlich von Frauenfeld) wurde der Felsuntergrund in 92,5 m Tiefe erreicht. Die beiden übrigen Tiefbohrungen in der Allmend (Frauenfeld) und bei Rüti (östlich von Felben) mussten in 145 m bzw. 152 m Tiefe aus bohrtechnischen Gründen abgebrochen werden, bevor die Felsoberfläche erreicht wurde. In keiner der drei Tiefbohrungen wurde ein tieferes Grundwasserstockwerk erbohrt.

Geoelektrische Messungen:

In Gebieten, wo spärliche Angaben über die Mächtigkeit des Thurschotters vorhanden waren, wurden 150 geoelektrische Tiefensondierungen durchgeführt.

Grundwasserspiegelmessungen:

Für das Simulations-Modell wird ein einheitlicher, im ganzen Untersuchungsgebiet am gleichen Tag gemessener, Grundwasserstand benötigt. Um dies zu erreichen, wurde ein einigermaßen gleichmässiges Netz von Messstellen zwischen Altikon und Bürglen errichtet. Als solche dienten sowohl Grundwasserfassungen als auch Grundwasserschächte und Beobachtungsrohre von Sondierbohrungen. Das Messnetz umfasste schliesslich rund 140 Messstellen.

Die erste Messung vom 1. November 1982 erfolgte zu einem Zeitpunkt, als ein relativ niedriger Thurwasserstand vorlag (Thurabfluss ca. 11 m³/s). Später wurde versucht, bei grösserem Thurabfluss einen höheren Grundwasserstand zu erfassen. Gleichzeitig mit den Grundwasserspiegelmessungen mussten jedoch die Oberflächenwasserspiegelmessungen und Durchflussmessungen ausgeführt werden, wozu jeweils mehrere Tage benötigt wurden. Während der Messzeit waren deshalb stabile, stationäre Wasserstandsverhältnisse notwendig. Dies ist allerdings bei hohen Wasserständen wegen der rasch ändernden Wasserführung der Thur in der Regel nicht der Fall.

Schliesslich wurde am 21. Mai 1986 ein zweiter, vollständiger Messdurchgang ausgeführt. Der Thurwasserabfluss betrug nun ca. 50 m³/s und lag somit über dem langfristigen Jahresdurchschnitt von ca. 39 m³/s. Im Raum Müllheim-Weinfeldern waren höhere Grundwasserstände als am 1. November 1982 zu verzeichnen. Im Raum Frauenfeld – Felben lag ungefähr derselbe Wasserstand vor und im Gebiet Frauenfeld – Altikon war der Wasserstand wenig tiefer als am 1. November 1982.

Oberflächengewässer-Messungen und Durchfluss-Messungen:

Zur Abklärung der Infiltrations- und Vorflutverhältnisse wurden gleichzeitig mit den Grundwasserspiegelmessungen auch Wasserspiegelmessungen bei den interessierenden Oberflächengewässern durchgeführt. Die Durchfluss-Messungen

erfolgten je nach Gerinnegeometrie und Wassermengen teils mit dem Tauchstab, teils mit dem Flügel und teils mit der Farb-Verdünnungs-Methode.

Da die Menge des in den Vorflutern (Binnenkanälen) aufstossenden Grundwassers für die Bilanzierung der Grundwasserströmungen von ausschlaggebender Bedeutung ist, wurden Durchfluss-Messungen in den Vorflutern ausgeführt.

Die Wasserspiegel- und Durchfluss-Messungen an 85 Messstellen (ca. 55 Wasserstandsmessstellen und ca. 30 Durchfluss-/Wasserstandsmessstellen) wurden am 23./24. September 1980, 1./2. November 1982 und vom 21. bis 23. Mai 1986 ausgeführt.

5.4 Kernaussagen der Büchi und Müller AG, 1988

Zur Geologie und Geometrie des Grundwasservorkommens im Thurtal:

Gegen Ende der letzten Eiszeit staute sich hinter den Moränenwällen bei Andelfingen ein Thurtalsee auf, der bis nach Weinfelden hinaufreichte. Im See lagerten sich dann feinkörnige, lehmig-sandige Schichten ab. Nachdem der See aufgefüllt war, wurden von der Thur aus östlicher Richtung grosse Geschiebmassen herbeigeführt und als Schotter (Kies) im Thurtal abgelagert. Diese Kiesschichten sind im Raum Bürglen–Weinfelden am dicksten. Sie erreichen hier Mächtigkeiten bis maximal ca. 25 m. In westlicher Richtung verringert sich die Dicke der Kiesschichten laufend. Im Gebiet Bonau beträgt sie noch maximal ca. 20 m, bei Hüttlingen ca. 15 m, bei Felben ca. 10 m und unterhalb Frauenfeld noch ca. 5 m. Der Schichtaufbau im Thurtal sieht daher generell von oben nach unten wie folgt aus: Überschwemmungslehme, Thurtalschotter, Seebodenablagerungen, Moräne (weitgehend Grundmoräne), Molassefels.

Aufgrund der drei Tiefbohrungen in Erzenholz, Frauenfeld und Felben können die Seebodenablagerungen bis ca. 100 m dick werden. Die Felsoberfläche liegt zum Teil in über 150 m Tiefe (tiefer als Kote 245 m ü. M.).

Zum Grundwasserstrom:

Der Thurtalschotter bildet einen gut durchlässigen Grundwasserleiter. Entsprechend der Dicke des Thurtalschotters nimmt auch die Grundwassermächtigkeit generell von Osten nach Westen ab.

Im Gebiet Bürglen–Weinfelden liegen in der Regel freie Grundwasserspiegelverhältnisse vor, d.h. unter den oberflächlichen Überschwemmungslehmen folgt zuerst eine trockene Kiesschicht und erst dann der wasserführende Kies. Unterhalb Märstetten treten jedoch vielfach Gebiete auf, wo der Grundwasserspiegel gespannt ist. Eine trockene Kiesschicht ist hier nicht mehr vorhanden und der entspannte Grundwasserspiegel liegt höher als die Kiesoberfläche.

Zu den hydraulischen Eigenschaften des Grundwasserstroms im Thurtal:

Die Auswertung von 91 im Thurtalschotter durchgeführten Pumpversuchen ergab, dass die Durchlässigkeit dieses Grundwasserleiters generell gut bis sehr gut

ist. Die k -Werte liegen zum allergrössten Teil zwischen $5 \cdot 10^{-3}$ m/s und $20 \cdot 10^{-3}$ m/s. Der tiefste Wert betrug $1 \cdot 10^{-3}$ m/s, der höchste $26 \cdot 10^{-3}$ m/s.

Die entsprechenden Transmissivitäten (Produkt von Durchlässigkeit mal Leitfähigkeit) schwanken zwischen $3,5 \cdot 10^{-3}$ m²/s und $255 \cdot 10^{-3}$ m²/s. Dem Grundwassermodell wurde ein mittleres nutzbares Porenvolumen von 20% zugrunde gelegt.

Zu den Beziehungen zwischen Grundwasserstrom und Thur:

Das Grundwasser steht mit den diversen Oberflächengewässern (Thur, Binnenkanäle, Seitenbäche, Fabrikkanäle) in engem Zusammenhang, wobei diese zum Teil den Vorfluter für das Grundwasser darstellen und zum Teil durch Wasserversickerungen das Grundwasser anreichern. Die Thur wirkt über weite Strecken als Grundwasserinfiltrant. Die künstlich erstellten Binnenkanäle beidseits der Thur unterhalb Eschikofen/Grüneck (Gemeinde Müllheim) bilden die hauptsächlichsten Grundwasservorfluter. Die Seitenbäche der Thur verlaufen im Allgemeinen über dem Grundwasserspiegel. Sie weisen damit zwar Infiltrationstendenz auf, doch ist die Versickerungsrate in der Regel nur gering. Die Fabrikkanäle im Raum Weinfeld und Grüneck/Pfyn weisen ebenfalls Infiltrationstendenz auf, wobei teilweise mit erheblichen Versickerungsleistungen zu rechnen ist.

Aufgrund der Wasserspiegelschwankungen und der Beziehungen zwischen Grundwasser und Oberflächengewässer lässt sich das Grundwassergebiet zwischen Bürglen und Thalheim in folgende drei Teilgebiete gliedern:

1. Gebiet Bürglen–Weinfeld: Dieses Gebiet wird charakterisiert durch grosse Grundwasserspiegelschwankungen bis ca. 8 m. Zudem fehlen hier Oberflächengewässer, welche als Vorfluter wirken.
2. Gebiet Märstetten–Eschikofen/Grüneck: In diesem Gebiet treten Grundwasserspiegelschwankungen bis ca. 4 m auf und längs der Thur sind gewisse Vorflutstrecken vorhanden.
3. Gebiet Hüttlingen/Pfyn–Frauenfeld–Altikon: Um den allgemein hoch liegenden Grundwasserspiegel abzusenken, wurden in diesem Gebiet künstliche Vorfluter (Binnenkanäle, Entwässerungsgräben, Drainagen) geschaffen, welche das Niveau des Grundwasserspiegels regeln. Die Grundwasserspiegelschwankungen sind deshalb gering (in der Regel bis ca. 2 m).

Zur Grundwasserneubildung:

Das Grundwasser wird durch Infiltrationen von Oberflächengewässern, seitliche Hangwasserzuflüsse und Niederschlagsversickerungen ständig erneuert. Aufgrund der ausgeführten Berechnungen beträgt die mittlere Grundwasserneubildung im Gebiet von Bürglen bis Altikon insgesamt ca. 3 500–4 000 l/s. Davon entfallen ca. 80% auf Thurwasserversickerungen, ca. 12% auf direkte Niederschlagsversickerung und ca. 8% auf seitliche Hangwasserzuflüsse. Zwischen Grüneck und Feldi/Altikon tritt ein grosser Teil des versickernden Thurwassers nach kurzer, unterirdischer Fließdistanz in den Binnenkanälen beidseits der Thur wieder an die Oberfläche. Die Menge dieses Grundwassers,

welches lediglich indirekt von der Thur zu den Binnenkanälen fliesst, beträgt total ca. 2 000–2 500 l/s. Die mittlere Thurwasserinfiltrationsrate schwankt in der Regel zwischen ca. 30–60 l/s • km auf der Strecke von Bürglen bis Eschikofen und ca. 150–180 l/s • km von Grüneck bis Altikon. Der sehr hohe Anteil von Thurwasserinfiltration an der Grundwasserneubildung bedeutet auch, dass die Qualität des Grundwassers in hohem Masse von der Qualität des Thurwassers abhängig ist.

Zur Nutzung des Grundwasserstroms:

Das Grundwasser wird teils in den zahlreichen Fassungen genutzt, teils fliesst es ungenutzt in die Vorfluter ab. Die gesamthaft in die Vorfluter (Binnenkanäle etc.) austretende Grundwassermenge beträgt ca. 2 800–3 600 l/s, dies entspricht im Mittel ca. 85% der gesamten Grundwasserneubildung. Ein Grossteil dieser Wassermengen (ca. 2 000–2 500 l/s) durchfliesst jedoch lediglich das Gebiet zwischen Thur und den Binnenkanälen. Die künstlichen Grundwasserentnahmen betragen insgesamt ca. 400–500 l/s.

Zum Grundwasserdurchfluss:

Der Grundwasserdurchfluss im Talquerschnitt beträgt westlich von Bürglen ca. 60–70 l/s. In Richtung Weinfeldten nimmt der Grundwasserdurchfluss vor allem infolge von Thurwasserinfiltrationen laufend zu bis ca. 220–250 l/s. Von Weinfeldten bis Märstetten erhöht sich der Grundwasserdurchfluss vor allem infolge von Thurwasserinfiltrationen nochmals bis auf ca. 500–550 l/s. Von Märstetten bis Grüneck nimmt der Grundwasserdurchfluss nur noch geringfügig bis auf maximal 600 l/s zu, da in diesem Bereich bereits einzelne Vorflutstrecken vorhanden sind. Unterhalb von Grüneck sind durchwegs Vorflutmöglichkeiten für das Grundwasser vorhanden. Zudem nimmt die Mächtigkeit der wasserführenden Kiesschichten thurtalabwärts laufend ab, sodass der Grundwasserdurchfluss trotz Thurinfiltrationen nicht mehr zunimmt, sondern reduziert wird. Die Thurinfiltrationen zirkulieren meist nur im schmalen Gebiet zwischen Thur und Binnenkanälen. Lässt man diesen Durchfluss ausser acht, reduziert sich der Grundwasserdurchfluss auf ca. 200–300 l/s im Gebiet Felben–Wellhausen und auf ca. 50–100 l/s im Gebiet Frauenfeld–Altikon.

Zu nutzbaren Grundwassermengen:

Im Gebiet Bürglen–Weinfeldten treten grosse Grundwasserspiegelschwankungen von bis zu über 8 m auf. Diese sind einerseits auf Grundwasserentnahmen in den Fassungen und andererseits auf die je nach Thurabflussmenge unterschiedlichen Infiltrationsmengen zurückzuführen. Durch die künstlichen Grundwasserentnahmen wird das Grundwassergebiet zeitweise übernutzt. Die nutzbare Grundwassermenge im Gebiet Bürglen–Weinfeldten ist mit ca. 200 l/s anzunehmen. Diese entspricht ungefähr der Nutzung in den Jahren 1978–1987. Die konzessionierten Entnahmemengen in allen Pumpwerken betragen gesamthaft ca. 600 l/s und liegen damit weit über der nutzbaren Grundwassermenge.

Im Gebiet Weinfeldten–Märstetten–Hasli (Gemeinde Wigoltingen) beträgt die nutzbare Grundwassermenge ca. 200 l/s. Die heutige, effektive Nutzung liegt

bei ca. 50 l/s. Die konzessionierten Entnahmemengen zwischen Weinfeldern und Hasli betragen insgesamt ca. 550 l/s, wovon 300 l/s allein auf die Fassung «Gugel» (Gemeinden Märstetten und Amlikon) entfallen. Sie liegen somit ebenfalls weit über der nutzbaren Grundwassermenge.

Im Gebiet Grüneck–Frauenfeld–Altikon fliessen grosse Grundwassermengen ungenutzt in die Vorfluter ab. Insgesamt handelt es sich um ca. 2 800–3 600 l/s. Davon sind ca. 2 000–2 500 l/s Thurinfiltrat, welches lediglich das Gebiet zwischen Thur und Vorfluter durchfliesst. Die konzessionierten Entnahmemengen betragen insgesamt ca. 900 l/s. Die effektive Nutzung erfolgt zur Hauptsache durch die Pumpwerke «Widen» und «Wuhr» von Frauenfeld und beträgt gesamt haft ca. 150–200 l/s.

Das Gebiet Bürglen–Weinfeldern ist mit der heutigen Nutzung an der obersten Grenze seiner Leistungsfähigkeit angelangt. Zusätzliche Grundwassernutzungen über den heutigen Stand sind in geringem Masse im Raum Märstetten–Hasli sowie in grösserem Masse im Gebiet Grüneck–Frauenfeld–Altikon möglich.

Anwendungsmöglichkeiten des Grundwassermodells:

Mit dem vorliegenden EDV-Modell liessen sich Eingriffe in den Grundwasserhaushalt (z.B. künstliche Änderungen an Vorflutniveaus, Veränderungen von Thurinfiltrationsleistungen etc.) relativ einfach simulieren. Wie das Modell für derartige Studien verwendet werden kann, wurde anhand von Simulationsbeispielen (Auswirkungen von erhöhten Förderleistungen bei Pumpwerken sowie künstliche Grundwasseranreicherungen) aufgezeigt. Nach Abschluss der Modellerstellung diente das Rechenmodell-Modell als Entscheidungsgrundlage in mehreren Fällen.

6 Zusammenfassung

Über das im Thurtal zirkulierende Grundwasservorkommen liegen zurzeit sehr gute hydrodynamische Kenntnisse vor. Dies betrifft weitgehend das flächenmässige, also zweidimensionale Fliessverhalten und die bestehenden Randbedingungen, wie die Begrenzungen des Grundwasserkörpers, die Speisung, die Infiltrationsstrecken, die Abflüsse sowie die Nutzungsformen. Diese Kenntnisse wurden nicht gleichmässig zunehmend, sondern während fünf Erkundungsabschnitten seit dem beginnenden 20. Jahrhundert gewonnen. Sie lassen sich zusammengefasst wie folgt kennzeichnen:

Während bis zur Wende vom 19. ins 20. Jahrhundert noch praktisch keine Kenntnisse über das Grundwasser vorlagen, besass man bis Ende des Ersten Weltkrieges bereits erste Anhaltspunkte über die grobe Verbreitung, Mächtigkeiten und Nutzungsmöglichkeiten des Grundwasservorkommens. In der Nachkriegszeit wurden im Thurtal bis 1924 elf grössere Trinkwasserpumpwerke, sechs Pumpwerke für Industrien und etwa 50 Pumpanlagen für private Wasserversorgungen erstellt. Daraus erhielt man über Mächtigkeits-, Speisungs-,

Zufluss- und Abflussverhalten bereits eine grobe flächenhafte Übersicht (*Weber 1924*). Hingegen lagen über das qualitative Durchlässigkeitsverhalten Anhaltspunkte vor, während quantitative Kenntnisse noch ganz fehlten.

In der restlichen Zwischenkriegszeit und während des Zweiten Weltkrieges blieben weitere bedeutende, dokumentierte Erkundungstätigkeiten aus. Eine eigentliche Wiederbelebung der Grundwasseruntersuchungen erfolgte 1946 durch die Thurgauische Regierung mit der Verordnung zum Gewässerkorrektionsgesetz, mit welcher die Kantonshoheit an Grundwasservorkommen sichergestellt werden sollte. So galt es nun unter anderem alle Grundwasserläufe und Grundwasserbecken zu bezeichnen, sowie ein Verzeichnis über die öffentlichen Gewässer anzulegen und nachzuführen. Die dadurch ausgelösten umfangreichen Untersuchungen der 32 festgesetzten Grundwasservorkommen wurden Ende 1952 mit einer Grundwasserkarte im Massstab 1:25 000 abgeschlossen. Der damalige Kenntnisstand wurde durch *Weber (1953)* als Bericht mit einer auf den Massstab 1:100 000 verkleinerten Ausgabe der Grundwasserkarte veröffentlicht. Darin finden sich auch die Ergebnisse von etwa 50 Bohrergebnissen, die den Grundwasserleiter höhenmässig mehr oder weniger ganz erschliessen. Quantitative Auswertungen über die dargestellten Bohr- und Pumpversuchsdaten blieben allerdings aus.

Das unveröffentlichte Expertengutachten von *Weber et al. (1964)* entstand aus dem immer grösser gewordenen Nutzungskonflikt zwischen grossräumigem Kiesabbau und Trinkwassergewinnung. Darin wurden die geologisch-hydrogeologischen Verhältnisse im Strömungsbild, in typischen Profilschnitten und in einem Längensprofil genauer dargestellt. Thematisch galt es zu klären, ob und in welcher Weise im Thurtal eine zweckmässige, vorausschauende Bewirtschaftung der Grundwasser- und Kiesvorkommen möglich ist. Aus hydrogeologischer Sicht finden sich in dieser Arbeit erstmals Angaben über das mittlere Porenvolumen und die Durchlässigkeit des kiesig, sandigen Grundwasserleiters. Mit Hilfe eines mittleren Grundwassergefälles und von mit fliessfähigem Grundwasser benetzten Talquerschnittsflächen wurden erstmals pro Talquerschnitt mittlere Durchflussmengen errechnet. Neu entwickelten die Autoren eine hydrochemische Härtekarte.

Den Abschluss der Grundwassererkundungen in diesem Zeitabschnitt bildet die Nachbildung und Bilanzierung der stationären Grundwasserströmung im Thurtal mittels einem – ebenfalls nicht veröffentlichten – numerischen 2D-Grundwassermodell (*Büchi & Müller AG 1988*). Für diesen Bericht wurden die Grundwasserströmungen mit freier Oberfläche berechnet. Damit wurden die verschiedenen, sehr variablen Parameter wie Fluss- und Hangwasserinfiltrationen, Abflüsse in Vorfluter, künstliche Grundwasserentnahmen und Grundwasseranreicherungen sowie die Versickerung von Niederschlägen berücksichtigt. Das Rechenmodell liess nun Fragen bezüglich Durchflussmengen, Grundwassernutzung, Auswirkungen von Grundwasserentnahmen bzw. Grundwasseranreicherungen, Auswirkungen von Korrektionsarbeiten an Thur, Binnenkanälen, Fabrikkanälen und Seitenbächen etc. näher klären. Als Grundlagen zum Rechenmodell waren vorerst ausreichend hydrogeologische

Daten zu erheben. Dazu gehören Angaben über die Verteilung der Durchlässigkeits- und Nutzporositätsverhältnisse, die Lage von zwei datumsgleichen gemessenen Grundwasserspiegeln, Geometrie des Grundwasserkörpers, Zufluss- und Abflussverhältnisse, die Anteile aus Niederschlagsversickerung und künstlicher Grundwasseranreicherung sowie die Grundwasserentnahmen durch Pumpwerke. Dabei wurden die bereits vorhandenen Daten nach Möglichkeit durch spezielle Sondierungen (Bohrungen und Pumpversuche), Messungen (geophysikalische und hydrometrische) und Untersuchungen ergänzt. Das Rechenmodell basiert unter anderem auf 30 Abflussmessungen von je zwei Stichtagen sowie umfangreichen Auswertungen von 221 Bohrungen, die den Grundwasserleiter vollkommen erschliessen sowie 91 Pumpversuchen, die in Pumpwerken und Bohrungen ausgeführt wurden.

7 Literatur

- *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.
- *Buxtorf A., bearb. durch Christ P. & Nabholz W., 1950*: Geologische Generalkarte der Schweiz 1:200 000, Blatt 3 Zürich–Glarus. Hsgb.: Schweizerische Geologische Kommission; Druck: Kümmerly und Frey, Bern.
- *Deppe H., 1917*: Die Quellen der Wasserversorgung Frauenfeld und ihre Beziehungen zu den Niederschlägen in den Jahren 1915 und 1916. Mitteilung der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft, Heft 22; S. 133–136.
- *Eberli J., 1900*: Aus der Geologie des Kantons Thurgau. Mitteilung der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft, Heft 14; S. 21–98.
- *Engeli J., 1913*: Die Quellen des Kantons Thurgau. Mitteilung der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft, Heft 20; S. 3–120.
- *Früh J., 1906*: Zur Morphologie des unteren Thurgau. Mitteilung der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft, Heft 17; S. 45–67.
- *Geiger E., 1943*: Geologischer Atlas der Schweiz 1:25 000, Blätter 56 Pfyn, 57 Märstetten, 58 Frauenfeld, 59 Bussnang (Atlasblatt 16), inkl. Erläuterungen. Hsgb.: Schweizerische Geologische Kommission; Druck: Kümmerly und Frey, Bern.
- *Geiger E., 1968*: Geologischer Atlas der Schweiz 1:25 000, Blatt 1054 Weinfelden (Atlasblatt 54). Hsgb.: Schweizerische Geologische Kommission; Druck: Kümmerly und Frey, Bern.
- *Gutzwiller A. & Schalch F., 1883*: Geologische Beschreibung der Kantone St. Gallen, Thurgau und Schaffhausen. Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz, Heft: 19; J. Dalp, Bern., Heft 22.
- *Hofmann F., 1967*: Geologischer Atlas der Schweiz 1:25 000, Blatt 1052 Andelfingen (Atlasblatt 52), inkl. Erläuterungen. Hsgb.: Schweizerische Geologische Kommission; Druck: Kümmerly und Frey, Bern.
- *Hofmann F., 1973*: Geologischer Atlas der Schweiz 1:25 000, Blatt 1074 Bischofszell (Atlasblatt 65), inkl. Erläuterungen. Hsgb.: Schweizerische Geologische Kommission; Druck: Kümmerly und Frey, Bern.

- *Hug J., 1917:* Die Grundwasserströme der Schweiz insbesondere des Kantons Thurgau. Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft, Heft 22; S. 146–148.
- *Hug J. & Beilick A., 1934:* Die Grundwasserverhältnisse des Kantons Zürich, mit einer Karte (1:100 000) der öffentlichen Grundwasserströme und Grundwasserbecken des Kantons Zürich, nachgeführt bis Ende 1931. Beiträge zur Geologie der Schweiz - Geotechnische Serie - Hydrologie, Lieferung 1., 328 S.
- *Jäckli Heinrich AG, 1977/78:* Grundwasserkarte Karte des Kantons Thurgau 1:25 000, Blätter Andelfingen, Frauenfeld, Weinfelden, Bischofszell (unveröffentlichte Manuskriptkarten).
- *Jäckli H. & Kempf. T., 1980:* Hydrogeologische Karte der Schweiz, 1:100 000, Blatt Bodensee, mit Erläuterungen.
- *Regierungsrat des Kantons Thurgau, 1946:* Vollzugsverordnung zum Gesetz betreffend die Korrektur und den Unterhalt der öffentlichen Gewässer, vom 21. Mai 1895 (Vom 9. Dezember 1946); Staatsarchiv Thurgau, Nr. 8'908'16.
- *Schalch F., Gutzwiller A. & Schill J., 1879:* Geologische Karte der Schweiz 1:100 000, Blatt 4 Frauenfeld–St. Gallen. Hsgeb.: Schweizerische Geologische Kommission.
- *Trösch J., 1975:* Numerische Simulation Dupuit'scher Grundwasserströmungen; Band 1: Handbuch für Benutzer (Mitteilungen Nr. 14 und 15 an der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie [VAW] an der ETH Zürich).
- *Weber A., 1924:* Der Grundwasserstrom im Thurtal. Mitteilung der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft, Heft 25; S. 3–33.
- *Weber A., 1952:* «Grundwasserkarte Thurgau», (Karte der öffentlichen Grundwassergebiete) 1:25 000, nachgeführt bis Ende 1952. Unveröffentlichte Manuskriptkarte auf 30 Blättern: Staatsarchiv Thurgau, Frauenfeld.
- *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, Heft 36; S. 3–125.
- *Weber A. & Jäckli H., 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.
- *Weber J., 1922:* Die Wasserverhältnisse von Winterthur und Umgebung mit besonderer Berücksichtigung des Grundwassers Schweiz. Verein von Gas- und Wasserfachmännern – Monats-Bulletin, II. Jahrgang, Hefte 1 bis 3; S. 1–11, 26–33 und 45–54.
- *Wegelin H., 1915:* Veränderung der Erdoberfläche innerhalb des Kantons Thurgau in den letzten 200 Jahren. Mitteilung der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft, Heft 21; S. 3–170.

Adresse des Autors:

Erich R. Müller, Dipl. nat.; Geologe/SIA
Laubgasse 8, 8500 Frauenfeld
052 720 68 54, erich.r.mueller@bluewin.ch

