

Zeitschrift: Badener Neujahrsblätter

Herausgeber: Literarische Gesellschaft Baden; Vereinigung für Heimatkunde des Bezirks Baden

Band: 15 (1939)

Artikel: Ueber die Grundwasserverhältnisse des untern Limmattals

Autor: Harder, W.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-321352>

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: 13.01.2026

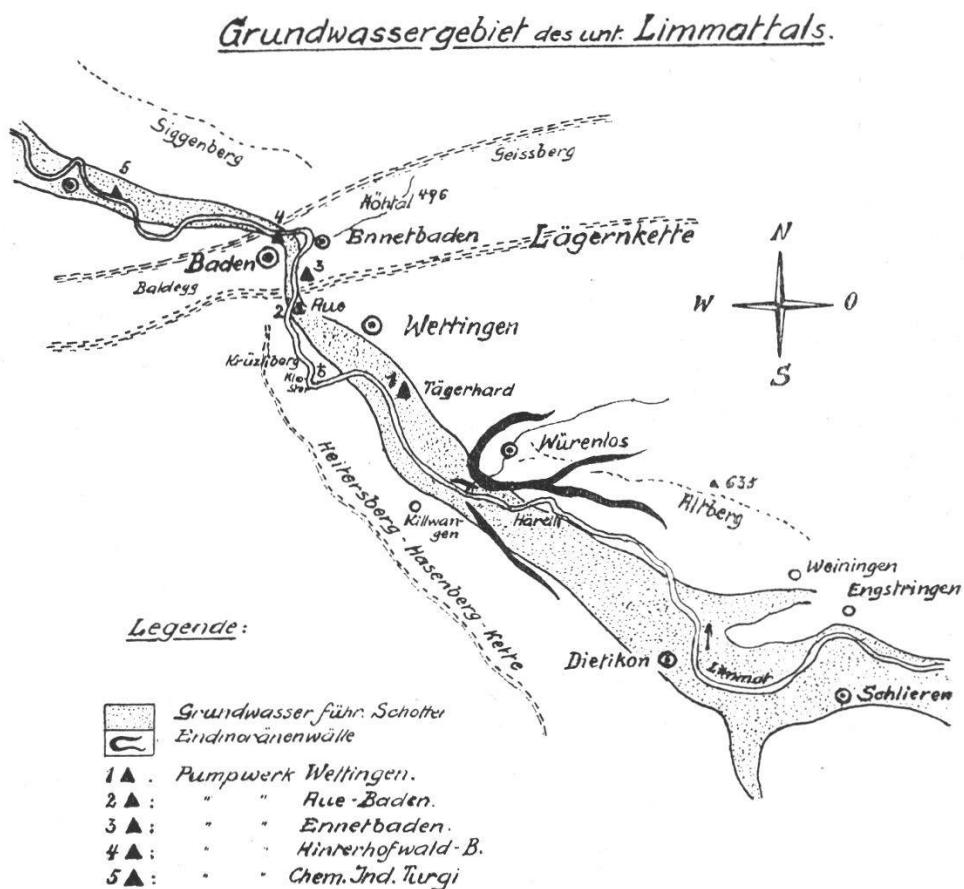
ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Ueber die Grundwasserverhältnisse des untern Limmattals

Von Dr. W. Harder, Wettingen

I. Geologische Uebersicht

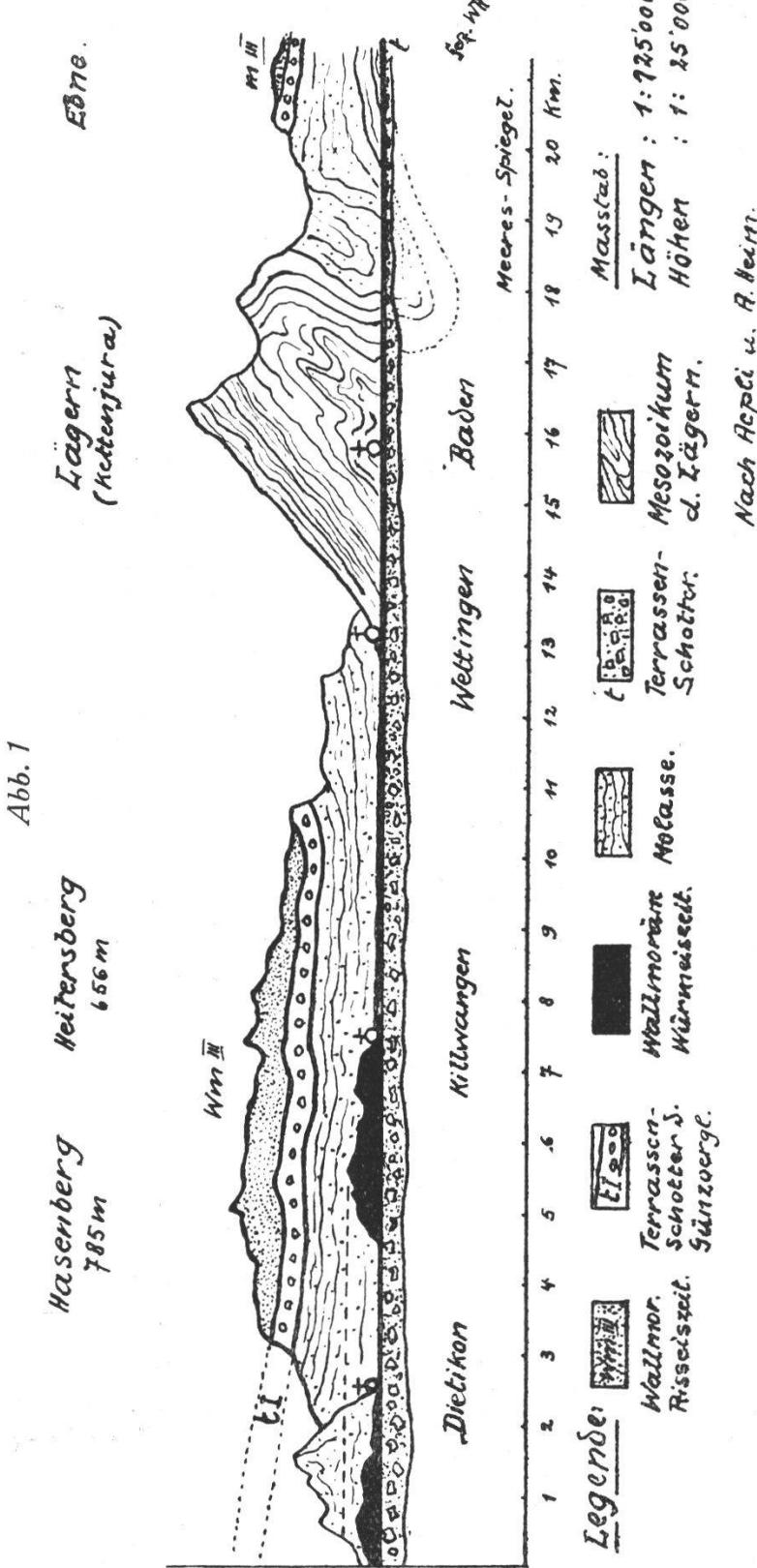
Die Grundwasserverhältnisse des untern Limmattals, wie sie der beiliegenden Kartenskizze zugrunde liegen, gehören zu den interessantesten unseres Landes überhaupt und sind weitgehend bedingt durch den geologischen Aufbau des Tales. Während die den Talboden beiderseits begleitenden Anhöhen



der Hasenberg-Heitersbergkette und des Altberges aus Gesteinen der Süsswasser- und Meeressmolasse bestehen und die bei Baden das Limmatthal querende Martinsberg-Lägernkette aus jurassischen Kalken aufgebaut ist, setzt sich der eigentliche Grundwasserträger des Talbodens aus verschieden altrigen durchlässigen Schottern der Eiszeiten zusammen, die gemein-

sam eine hydrologische Einheit bilden (Vergl. Abb. 1). Sie überlagern das ganze Beobachtungsgebiet und lassen sich stellenweise bis in beträchtliche Höhen verfolgen (Lägern). Ihre Ausbildung steht in engstem Zusammenhang mit jenen gewaltigen Eisströmen, die vor vielen Jahrtausenden das schweizerische Mittelland überfluteten, sich zeitweilig zurückzogen, um dann während gewisser Zeitperioden neuerdings vorzustossen. Aus unzähligen Beobachtungen und eingehenden Untersuchungen schliesst man allgemein auf 4 verschiedene Eiszeiten, die sich durch ihre besonders charakteristischen Ablagerungen kennzeichnen. Sie sind unter den Namen Günz-, Mindel-, Riss- und Würmeiszeit, ihre entsprechenden Ablagerungen als älterer oder höherer Deckenschotter, jüngerer oder tieferer Deckenschotter, Hoch- und Rinnenschotter, sowie Niederterrassenschotter bekannt.

Der ältere Deckenschotter, stark verkittetes, auch unter der Bezeichnung «Löcherige Nagelfluh» (Escher) bekanntes Material, ist in unserem Gebiete auf dem Heitersberg vertreten. Der jüngere Deckenschotter, der mit jenem sehr viel Ähnlichkeit aufweist, tritt uns am Kreuzliberg bei Baden entgegen, wo er in einer Mächtigkeit von ca. 35 m ansteht. Die Schotter der grossen (Riss-) Eiszeit, als Hochterrasse bezeichnet, bilden an ihren Erosionsrändern steile Böschungen und Wände; sie bestehen ebenfalls aus verkittetem Material. Ihre grösste Ausdehnung findet die Hochterrasse im Gebiet der Niederterrasse, wobei die Annahme gemacht werden muss, dass sie sich unter den Schottermassen der letztern fortsetzt, um stellenweise wieder emporzutauchen. An solchen Stellen ist die Hochterrasse erhalten geblieben. Vorzugweise treffen wir sie zu beiden Seiten der Limmat unterhalb Killwangen. Die Niederterrassenschotter und Moränen der letzten Vergletscherung, die zusammen die obersten Anteile der glazialen Schuttmassen im Limmattal bilden und in wechselnder Mächtigkeit 3—10 m erreichen, sind vielerorts in Kiesgruben aufgeschlossen. Nach dem Rückzug der Gletscher durch nachträgliche (postglaziale) Erosion oft terrassenförmig abgetragen, steht die Niederterrasse einerseits mit dem bei der Station Killwangen durch den vereinigten Rhein-Linth-Reussgletscher abgelagerten bogenförmigen Endmoränenwall in Verbindung; anderseits stösst sie bei Würenlos an einen entsprechenden Wall des Tales von Regensdorf-Otelfingen, durch das eine Eiszunge vom Glattal gegen das Limmattal vorstiess. Nur untergeordnete Bedeutung besitzen die Alluvialbildungen; zu ihnen gehören die Anschwemmungen der Limmat und etlicher Seitenbäche. Sie setzen sich



Schemat. Längsprofil durch das untere Limmatthal.

zusammen aus abgeschwemmten Geröllen der Niederterrasse, kiesig-sandigen, seltener lehmigen Massen. —

II. Hydrologische Verhältnisse

A. Vor dem Aufstau der Limmat

Das Limmattal zählt zu jenen ehemaligen Urstromtälern, deren tiefe Erosionsrinnen später durch die enormen Massen der Glazialschotter aufgefüllt worden sind. Diese durchlässigen Gesteinsmassen bilden in ihrer Gesamtheit den Hauptträger und Leiter des Grundwasserstroms, der zufolge seines gewaltigen Ausmasses an verschiedenen Orten für ergiebige Wasserversorgungen nutzbar gemacht wurde (Killwangen, Würenlos, Wettingen, Baden, Turgi).

Dank zahlreicher Tiefbohrungen, die im Laufe der Zeit an verschiedenen Orten zur Durchführung gelangten, sind wir über die Lage und Oberflächenausdehnung des Grundwassers ziemlich gut orientiert. Die Verhältnisse werden weitgehend bedingt durch den Verlauf der Terrassenschotter, die sich durch das ganze Gebiet bis Zürich hinaufziehen (Vgl. Abb. 1).

Im untersten Teil des Sihltals beginnend, erstreckt sich der Grundwasserstrom in rascher Ausbreitung gegen Zürich-Altstetten, wo seine Breite ca. 1,5 Km beträgt. Bohrungen zeigten, dass sich sein Spiegel hier nur etwa 2 m unter der Erdoberfläche befindet. Bei allen Brunnenanlagen wurde das Liegende des Schotters nie erreicht, was darauf schliessen lässt, dass die Tiefe dieses unterirdischen Wasserstroms mindestens 40 m ausmacht. Hug¹⁾ berechnet auf Grund seiner Untersuchungen den Querschnitt des Grundwasserstroms auf 50—60 000 m², für die Wasserführung im Untergrund einige m³/sec. Diese Wassermenge ist sehr gross und steht in keinem Verhältnis zur Grösse des Einzugsgebietes. Wir müssen daraus schliessen, dass ein Teil der Oberflächenwässer in den Grundwasserträger versickert, wobei namentlich Zürichsee, Limmat und Sihl von ausschlaggebender Bedeutung sind. Messungen über Schwankungen des Limmatflusswasser- und Grundwasserspiegels haben einwandfrei ergeben, dass eine derartige Infiltration von Fluss- in Grundwasser durchaus möglich ist.

Einen weiteren ausserordentlich wichtigen Hinweis auf den Ursprung des Grundwassers vermittelt uns die Härtebestimmung. Man unterscheidet zwischen Karbonat- (= vorüber-

¹⁾ Hug, Grundwasservorkommisse d. Schweiz. Annal. d. schweiz. Landes-Hydrograph. III (1918).

gehender Härte) und Gesamthärte. Unter der ersteren versteht man die an Kohlensäure gebundenen Kalzium- und Magnesiumsalze, während die letztere alle mineralischen Anteile, wie Karbonate, Sulfate, Nitrate und Chloride umfasst. Die Härte wird in der Regel in französischen Graden ausgedrückt; 1 solcher entspricht 10 Milligramm Kalziumkarbonat im Liter Wasser.

Bekanntlich weist Flusswasser einen geringeren Gehalt an Kalksalzen auf und beeinflusst daher beim Eindringen (Infiltration) in Grundwasser den Härtegrad desselben.

Aus den gemessenen Härtegraden des an verschiedenen Talstationen entnommenen Grundwassers zwischen Schlieren und Killwangen ergibt sich, dass innerhalb dieser Zone ein Eindringen von Fluss- in Grundwasser nicht anzunehmen ist, sondern eher auf einen gewissen Ueberdruck des letztern gegen das Flussbett zu schliessen ist. Ein wesentlicher Umschwung tritt aber unterhalb des Dorfes Killwangen ein. Er gibt sich klar in der chemischen Zusammensetzung des Grundwassers zu erkennen, indem die Härte desselben im Pumpwerk Wettingen nur noch 22,5 französische Grade beträgt. Dieser Wert ergibt sich aus verschiedenen Bestimmungen, die während der Zeit vom 3. November 1930 bis September 1932 während wechselnder Witterungsperiode entnommen worden sind und im Vergleich zu bereits früheren Ergebnissen keine Abweichungen aufwiesen. Mit dieser Tatsache stehen folgende Errscheinungen im Zusammenhang.

Nachdem die Limmat unterhalb Dietikon mit stärkerem Gefälle, als die angrenzenden Flussuferterrassen zeigen, ihr Bett in fortschreitender Erosion in tiefer gelegene Schichten eingegraben hat, wird dementsprechend auch der Grundwasserspiegel abgesenkt. Wo der Fluss, nach seiner Verschiebung im «Härdli», weiter unten in der Nähe der Station Killwangen stark gegen die linke Talseite drängt, erkannte man früher — vor dem Aufstau der Limmat — deutlich eine erste Grundwasserkreuzung. Bei niederem Wasserstand brachen am linken Ufer starke Quellen aus den Kiesmassen hervor, die darauf hindeuteten, dass hier ein bedeutender Ueberdruck des Grundwassers gegen den Fluss hin vorherrschend war.

Die grosse Härtedifferenz (ca. 10 frz. H.^o) im Grundwasser zwischen Killwangen und Wettingen zwingt notwendigerweise zur Annahme, dass innerhalb dieser Strecke eine Speisung durch Limmatwasser erfolgen muss. Sie tritt dort ein, wo der Grundwasserspiegel unter den Flussspiegel verschwindet, bzw. diesen wieder kreuzt. Eine vollkommene Abdichtung

des Ufers an dieser Stelle ist praktisch ausgeschlossen, da die gegenseitigen Druckverhältnisse diese kaum gestatten. Nachdem der Grundwasserstrom eine bestimmte Tiefe erreicht hat, tritt die Möglichkeit der Infiltration zurück, was in der nunmehr konstant bleibenden Härte zum Ausdruck kommt.

Die Bohrung im Wettingerfeld gibt genauen Aufschluss über die Tiefenlage des Grundwassers. Die Quellen von Killwangen beweisen, dass dort der Horizont desselben über dem Flussniveau liegt. Im Tägerhard-Wettingen konnte der Spiegel des unterirdischen Wassers zu 5,80 m unter dem mittleren Niveau der Limmat (11. XI. 1931) festgestellt werden. Zudem

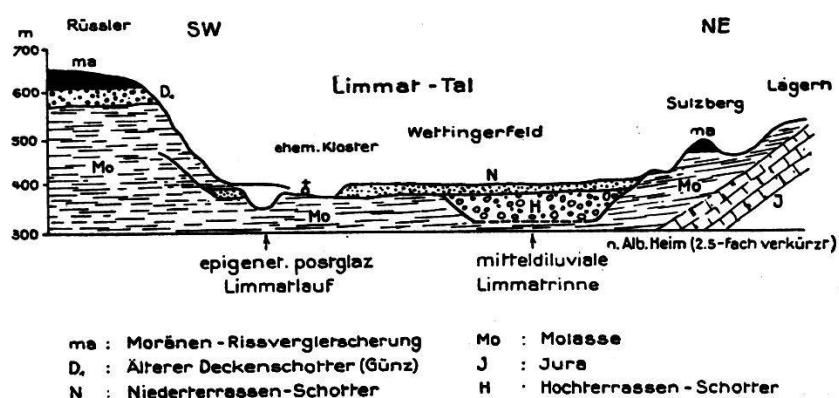


Abb. 2 Querprofil durch das untere Limmattal.

lässt das Profil des Bohrlochs erkennen, dass das Grundwasser tatsächlich nur die alten Schotter des ehemaligen Urstromtales durchdringt, wobei der Wasserspiegel zufolge der tiefen Erosionsbasis der Limmat unter die Oberfläche der jüngeren Moränenenschotter abgesenkt worden ist. Die Tatsache, dass trotz der 59,46 m tiefen Bohrung der anstehende Fels, der ca. 1,4 km talabwärts beim alten Kloster auf Kote 363 am Ufer sichtbar ist, nicht angetroffen wurde, lässt den Schluss zu, dass sich hier eine stark übertiefe, mit Glazialschutt eingedeckte Rinne vorfindet, die zwischen dem heutigen Limmatlauf und Lägernkamm gegen die Klus von Baden durchstreicht (Vgl. Abb. No. 2). Dass diese eine ansehnliche Tiefe besitzt, geht daraus hervor, dass ihre Basis bei der Pumpstation Aue-Baden 28 m unter dem Flussbett, also auf Kote 339 nicht erbohrt werden konnte¹⁾. Diese Rinne bildet den eigentlichen Grundwassersammelkanal, der an der Kreuzungsstelle mit der Limmat kräf-

¹⁾ Alb. Heim, Geologie d. Schweiz, Bd. I, 291 f. (1919)

tige Aufstöße zeigt. Letztere lieferten bereits vor dem Aufstau des Flusses einen Ertrag von ca. 30 000 Minutenlitern. Beide Grundwasserförderstellen, Wettingen-Tägerhard und Baden-Aue sind durch die altdiluviale Rinne miteinander verbunden; diese Feststellung findet in der gleichartigen Zusammensetzung beider Grundwässer ihre Bestätigung. Auch erklärt sich daraus die kontinuierliche Veränderung der chemischen Eigenschaften des Wassers im Verlaufe des Höherstaus der Limmat.

Etwas anders liegen die Verhältnisse der weiter limmat-abwärts gelegenen neuen Pumpstation Baden-Hinterhofwald. Bestimmend dürften hier vor allem die etwas komplizierten geologischen Verhältnisse des Talkessels von Baden-Ennetbaden wirken. Hier durchbricht die Limmat in einem Quertal die Kalkschichten der Lägern. Der innerhalb der Schenkelklusen eingeschlossene Talkessel von annähernd 1 km Durchmesser weist mächtige Diluvialaufschüttung auf; unter ihr streicht die erwähnte alte Erosionsrinne durch, erfüllt von glazialem Rinnenschotter (Hochterrassenschotter). Ihre Anwesenheit konnte dank intensiver geologischer Forschung an der Durchbruchsstelle direkt unter dem heutigen Flussbett nachgewiesen werden²⁾.

Welcher Art die Zusammensetzung und die Veränderungen des Grundwassers sind, die dasselbe auf der ca. 4,2 km langen Strecke von Wettingen bis Pumpwerk Hinterhofwald erfährt, zeigt nachfolgende Zusammenstellung, die einen klaren Einblick in die etwas eigenartigen Verhältnisse gewährt.

Datum 1932	Bohrstelle :	Härte frz. °	Trock.- Rückstand mg/l	Glüh- Rückstand mg/l	Chlor mg/l	Sulfat mg/l	Tempe- ratur in C°
5. 12.	Wettingen-						
	Tägerhard (1)	25,0	272	264	9,0	14,0	10,2°
	Baden						
5. 12.	Aue (2)	25,0	276	260	9,0	10,0	11,4°
5. 12.	Hinterhofw. (3)	32,5	374	350	10,0	25,0	11,6°

Die Beurteilung ergibt folgendes: Inbezug auf Härte, Trocken- und Glührückstand des beim Pumpwerk Wettingen und in der Aue-Baden geförderten Grundwassers zeigen beide praktische Uebereinstimmung. Das Wasser vom Hinterhofwald weist dagegen eine bedeutend höhere Härte und vermehrten Mineralgehalt, besonders an Sulfat, auf. Ohne Zweifel sind die

²⁾ Alb. Heim, Geologie d. Schweiz, Bd. I, 296 f. (1919)

Gründe für diese interessante Erscheinung in den durch den tektonischen Bau der Durchbruchzone bedingten veränderten hydrologischen Verhältnissen zu suchen. Die Annahme scheint berechtigt, dass zufolge starker Tiefenerosion in der Klus die dort anstehenden Schichtkomplexe durch die Diluvialrinne angeschnitten, bzw. aufgeschlossen worden sind. Es ist bekannt, dass in derartigen Quertälern meist symmetrisch zu beiden Seiten Quellen zutage treten, deren Ertrag in starkem Masse

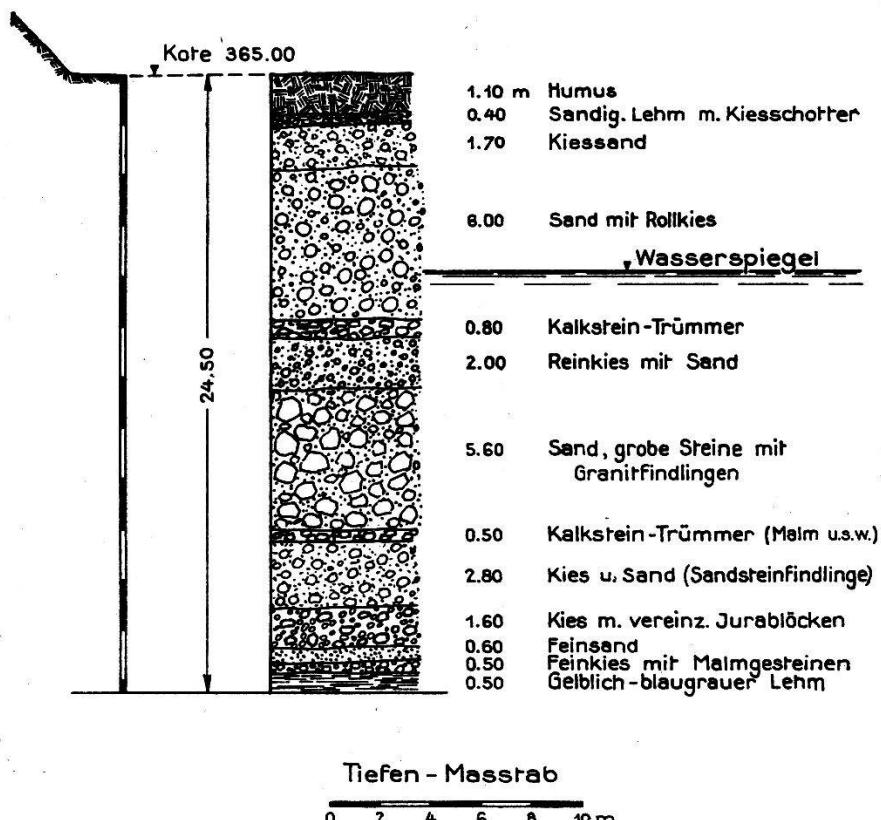


Abb. 3 Profil des Bohrloches Ennetbaden.

von der Grösse der durchlässigen Zone abhängt. Der Bau der Lägern und ihr Schichtensystem ist derart beschaffen, dass der grösste Teil des Wassers der Talrinne der Limmat zugeleitet wird. Aus der Tatsache, dass der Kalkgehalt des Grundwassers im Hinterhofwald bedeutend höher ist als in der Aue, muss der Schluss gezogen werden, dass zwischen beiden Pumpstationen eine Infiltration härtern Wassers eingetreten ist. Wo diese stattfindet, kann mit voller Sicherheit nicht gesagt werden, doch deuten gewisse Tatsachen darauf hin, dass dies im oberen Teil der Klus der Fall zu sein scheint. Einen ersten wichtigen Hinweis lieferte die Grundwasserbohrung der Gemeinde Ennetbaden.

Die neu angelegte Bohrstelle liegt rechtseitig der Limmat, ca. 60 m von dieser entfernt im Gelände der Maschinenfabrik Diebold. Die Distanz vom Pumpwerk Aue beläuft sich auf ca. 700 m. Die Bohrung wurde auf Kote 365 angelegt und bis in eine Tiefe von 24,5 m getrieben. Hiebei traf man den Grundwasserspiegel 7,90 m unter Terrainniveau. Das Bohrloch, dessen Profil in Abbildung No. 3 dargestellt ist, durchsticht typischen Alluvialboden, der östlich an mässig steiler Halde abstösst. Diese selbst wird gebildet durch Bergschutt, Niederterrassenschotter und Reste von Hochterrasse. Der grösste Teil der im Bohrschacht aufgefundenen Gesteine ist gerundet, ein Merkmal, das für Flusstransport spricht. Durch herabstürzende Gesteinsmassen von den steil aufragenden Schichten des Längernkammes wurde der Talboden weiter aufgeschüttet, was durch das Vorhandensein von zahlreichen eckigen Trümmern in verschiedenen Tiefen bewiesen wird. Die bunt durcheinander gemischten erratischen Gesteinsreste, von denen nur einzelne erwähnt sein sollen, stammen grösstenteils aus dem Schotterfeld von Wettingen, woher sie durch die treibende Kraft des dahineilenden Flusses befördert worden sind: Melaphyr, Sernifitkonglomerat, Gneisse, vereinzelt auch Tavyannazsandstein (Flysch).

Da die Bohrstelle nur unweit von Baden-Aue entfernt liegt, stand zu erwarten, dass das geförderte Wasser in seiner Zusammensetzung ungefähr dasselbe Resultat ergeben werde; doch zeigte die chemische Analyse ein ganz anderes Bild, wie aus nachfolgenden Zahlen deutlich hervorgeht:

Chemische Analyse :	Bohrstelle :		
	Ennet-Baden 14. 12. 34	Aue Baden 28. 12. 34.	
Trockenrückstand mg/l	358	200	
Glührückstand ,,	340	182	
Chlor (a. Cl.) ,,	10,0	9,0	
Sulfate (a. CaSO ₄) ,,	54,5	22,0	
Vorübergehende Härte frz. ^o	28,55	16,0	
Temperatur °C	10,6 ^o	12,3 ^o	

Auffallend ist namentlich der grosse Unterschied in der Härte, im Gehalt an Trocken- und Glührückstand, ausserdem ist das Wasser von Ennetbaden bedeutend reicher an Sulfaten (Gips). In Anbetracht dieser Tatsachen kommt man zur Auffassung, dass es sich um zwei grundverschiedene Wasser handelt, wobei für das erstgenannte ein ganz anderes Ursprungs- und Einzugsgebiet in Betracht fällt. Hiezu soll versucht wer-

den, eine Erklärung dieser interessanten Verhältnisse zu geben:

Da der Wasseraustritt im Bohrloch Ennetbaden in der Nähe des tiefsten Punktes einer in W-E-Richtung streichenden Zone erfolgt, und da im weitern innerhalb dieser zahlreiche Quellen auftreten, bekommt man den Eindruck, dass es sich bei diesem Grundwasser nicht um ein solches eines grösseren Flussystems, wie in Wettingen und Baden, sondern um Ergüsse starker unterirdischer Quellläufe handelt. Ihr Einzugsgebiet ist im Höhtal zu suchen, das vom Signal Pkt. 522,8 (2,25 km NNE Bohrstelle) bis Bohrschacht I'kt. 365 ein mittleres Gefälle von ca. 6,8 % nach Westen aufweist. Es ist dem Verfasser gelungen, anlässlich zahlreicher Begehungen und systematischer Untersuchungen im weitern Umkreis des Höhtals Quellen aufzufinden, die hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung auffallend grosse Ähnlichkeit mit dem an der Limmat erbohrten Wasser zeigen. Hiezu folgendes Beispiel:

Datum der Untersuchungen :	März 1934	April 1937
Vorübergehende Härte in frz. °	27,0	28,0
Trockenkückstand mg/l	372	378
Glührückstand ,,	358	360
Chloride (als Cl) ,,	9,0	9,8
Sulfate (als CaSO ₄) ,,	88,0	80,0
Temperatur °C	10,6 °	11,1 °

Während einzelne dieser Quellen durchaus normales Trinkwasser liefern, treten daneben solche auf, deren Gehalt an Mineralsubstanz die normale Grenze erheblich überschreitet. Diese Quellläufe dürften den gipsführenden Keuperschichten, die sich durch das Höhtal bis zu den Gipsgruben von Ober-Ehrendingen erstrecken, entstammen. Zieht man ausser den durch chemische Arbeiten ermittelten Werten noch die Abfluss- und speziellen Quellverhältnisse in Betracht, so kann daraus geschlossen werden, dass ein ursächlicher Zusammenhang mit dem neu erschlossenen Grundwasser besteht. Somit ist eine Speisung der Pumpstelle durch unterirdische Quellläufe des Höhtals mit grösster Wahrscheinlichkeit anzunehmen.

Ganz analog dürfte die Erscheinung der auf nicht sehr langer Wegstrecke stattfindenden Härteerhöhung zwischen Aue und Hinterhofwald gedeutet werden, wobei das starke Einschneiden des ehemaligen Stroms Anlass zu zahlreichen Quellaustritten aus tiefer gelegenen Schichten gegeben hat. Vor der Bildung des Stausees war diese Wirkung infiltrieren-

den härteren Wassers noch ausgeprägter — der Unterschied der festgestellten Härtegrade betrug annähernd 10 frz. Grade —, heute ist die Differenz auf ca. 8 Grade zurückgegangen. Dies steht im Zusammenhang mit der bedeutend stärkeren Wasserführung der Diluvialrinne, die sich auch durch einen ausserordentlich intensiven Anstieg des Grundwassers in der Aue sichtbar auswirkte (Vgl. Abb. No. 4).

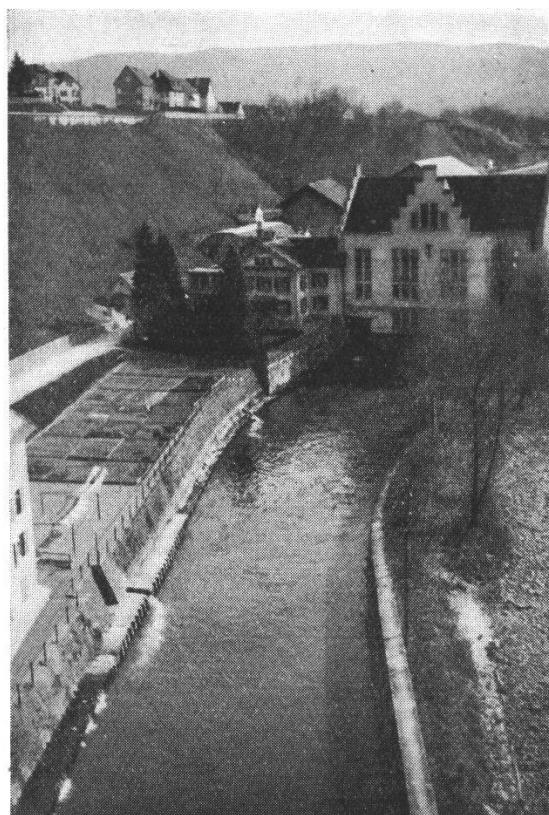


Abb. 4 Grundwasseraustritt beim städt.
Elektrizitätswerk Aue-Baden.

Unterhalb Baden stösst der Grundwasserstrom wieder zum Fluss und bleibt nunmehr auf längere Strecke mit ihm zusammen. Zirka 2,2 km oberhalb der Station Turgi erscheint die Limmat neuerdings auf eine Länge von ca. 350 m in untere Süßwassermolasse eingeschnitten; sie befindet sich in diesem engen Talabschnitt links ausserhalb der alten, aufgefüllten Diluvialrinne. Diese selbst streicht in westlicher Richtung unter Turgi durch, um schliesslich in das Schottergebiet der Aare-Reuss-Limmatzone einzumünden. Damit enden die individuellen Eigenschaften des gewaltigen unterirdischen Stromes, dessen Beziehungen zum oberflächlichen Fluss so mannigfaltig sind,

wie sie bisher in keinem andern Grundwassergebiet nachgewiesen werden konnten. Analytische Untersuchungen haben ergeben, dass die Karbonathärte des Grundwassers zwischen Baden-Hinterhofwald und Turgi von 25 frz. Graden auf 15 Grad zurückgeht, was darauf schliessen lässt, dass zwischen den erwähnten Stationen wiederum eine Speisung durch weicheres Flusswasser erfolgt. Letztere findet offenbar in jenem Talstück statt, wo beide Wasserströme in ihrem Verlaufe annähernd zusammenfallen. —

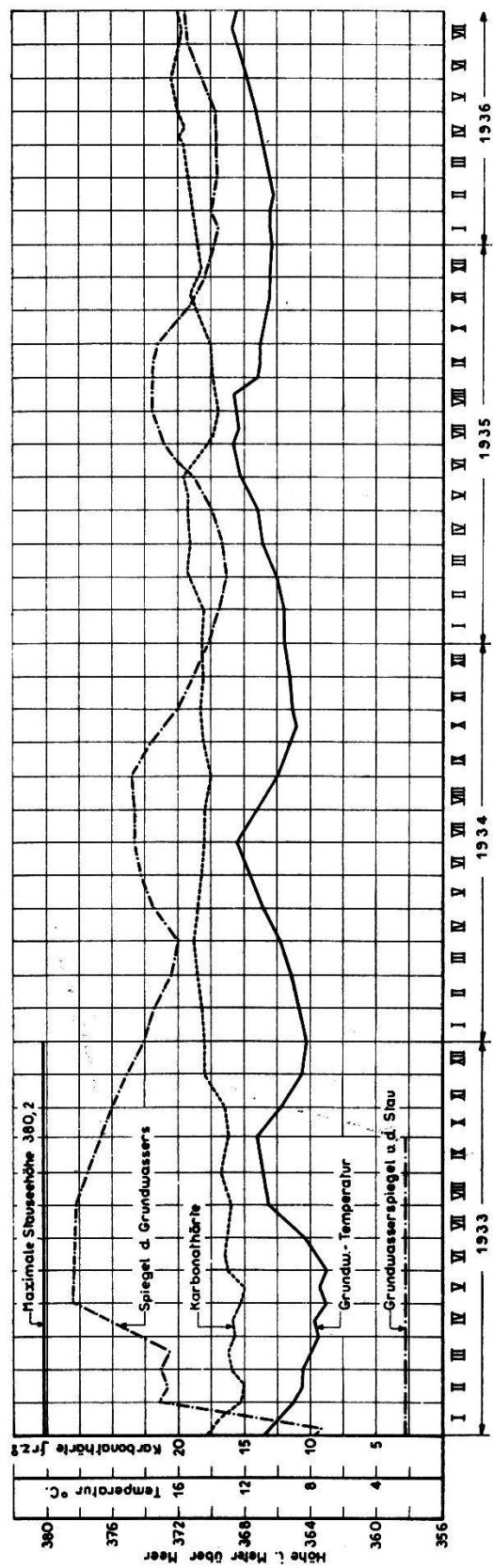
B. Veränderungen des Grundwassers während und nach dem Aufstau der Limmat

Der durch den Bau des Kraftwerkes Wettingen bedingte Aufstau der Limmat, der gegen Ende November 1932 einsetzte und am 4. Mai 1933 auf Kote 380,2 seinen Maximalstand erreichte, blieb natürlich nicht ohne Einfluss auf Tieflage und chemische Zusammensetzung des Grundwassers. Die nachstehenden Ausführungen verfolgen das Ziel, in aller Kürze Werden und Wesen der heutigen Zustände noch zu schildern.

Im Verlaufe der ersten Stauperiode, die gegen Ende November 1932 einsetzte und am 10. Februar 1933 ihr vorläufiges Ende nahm, traten hinsichtlich Höhe des Grundwasserspiegels bereits wesentliche Änderungen ein. Während der ursprüngliche, auf einer mittleren Kote von 364 m. ü. M. gelegene Limmatflusspiegel sich in dieser Zeit um 10 m gehoben hatte, stieg das Grundwasser nach und nach aus einer Tiefe von 358,1 m. ü. M. auf Kote 373. Die graphische Darstellung Abb. 5, konstruiert an Hand zahlreicher Messungen im Pumpwerk Tägerhard, veranschaulicht einerseits das Werden des Stauses, anderseits Schwankungen des Grundwasserspiegels im Zeitraum Januar 1933 bis Juli 1936. Die Erhöhung desselben, bedingt durch den gewaltigen Ueberdruck der Wassermassen des Stauses, erreichte anfangs August 1933 auf Kote 378,4 den Maximalstand. Anschliessend gab sich der durch die niederschlagsarme Witterungsperiode des Winters 1933/34 bedingte Niederwasserstand der Limmat deutlich im veränderten tiefen Grundwasserstand anfangs 1934 ($-4,20$ m) zu erkennen.

Bekanntlich zeigen durch natürliche Filtermassen eindringende Oberflächenwasser je nach Länge des Weges und der Jahreszeit Änderungen ihrer Temperaturen. Bezügliche Messungen bestätigen, dass ein tatsächlicher Ausgleich zwischen den beiden Wasserströmen stattfindet. Neben dieser Erscheinung thermischer Natur kommt in besonderem Masse die chemische

Abb. 5



Grundwasserpumpwerk Wettingen: Grundwasserspiegel, Temperatur und Karbonathärte.

Beeinflussung durch das Flusswasser stark zur Geltung. Zwecks Ermittlung des Infiltrationsgrades wurde im Verlaufe der Untersuchungen wiederum die Härtebestimmung herangezogen. Die Resultate sind nachfolgend zusammengestellt:

Datum	Stausee-Kote m. ü. M.	Grundw.-Kote m. ü. M.	Trockenrückstand mg/l	Grundw. Limmat mg/l	Grundwasser-Anteil i. %	Infiltrat. Limmatw. i. %
5. 12. 32.	368,05	363,4	272	135	88,4	11,6
27. 12. 32.	369,0	365,9	232	135	62,6	37,4
21. 3. 33.	376,0	373,8	200	135	41,9	58,1
9. 5. 33.	380,2	378,2	190	135	35,5	64,5
30. 11. 33.	380,2	375,0	192	148	31,0	69,0
1. 6. 34.	380,2	374,0	175	148	19,0	81,0

Aus diesen Zahlen geht deutlich hervor, dass die mit dem Ansteigen des Stauseespiegels zunehmende Infiltration Hand in Hand geht. Abbildung Nr. 6 bringt in graphischer Darstellung den Zusammenhang zwischen Infiltrationsmenge (Limmatwasser) und Härterückgang (Grundwasser) sinnfällig zum Ausdruck, ausserdem sind noch die Temperaturkurven aufgenommen, wobei für die Limmat die durchschnittlich festgestellten Monatswerte, für das Grundwasser die anlässlich der Probe fassungen gemessenen Temperaturen berücksichtigt worden sind.

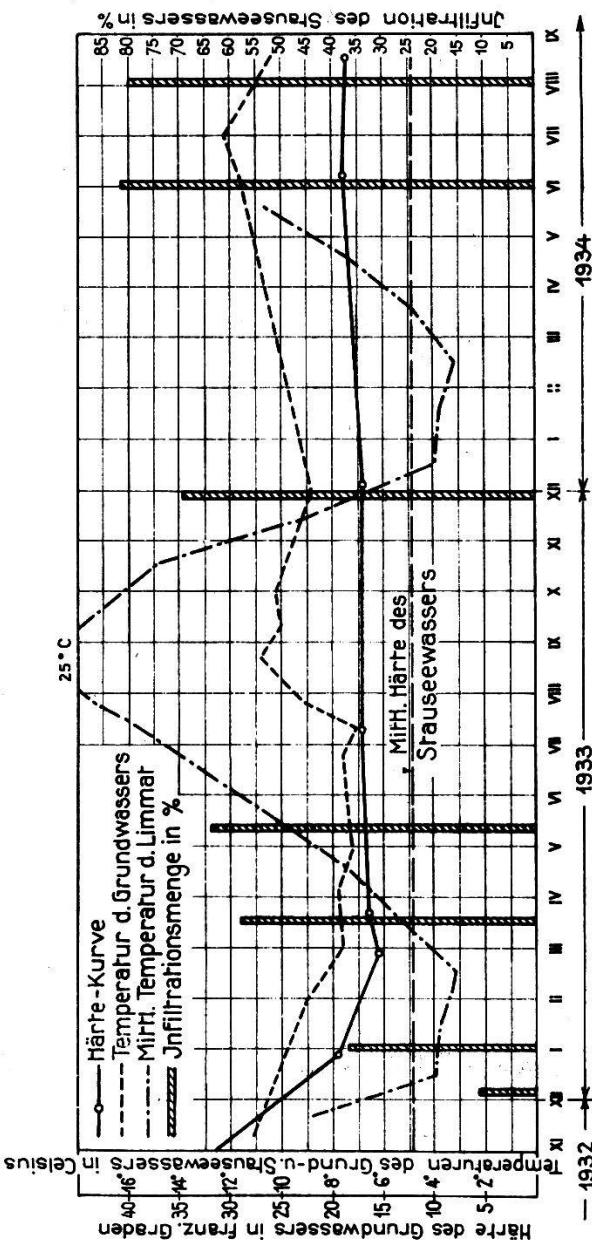
Der durch die Wechselwirkung zwischen Stausee und Grundwasser bedingte Charakter des letztern findet seinen Ausdruck in den durch die chemische Untersuchung ermittelten Kennzahlen, die in Tabelle Nr. 3 auszugsweise wiedergegeben sind.

Datum	Härte in frz. °	Ammoniak						Kote des Grundwasserspiegels m. ü. M.		
		Trocken-Rückstand mg/l	Gährückstand mg/l	Chlor (Cl) mg/l	Organische Stoffe mg/l	frei mg/l	albumin mg/l			
1. 10. 32.	31,5	380	337	6,6	6,9	0,008	0,020	23,0	358,10	
5. 12. 32.	25,0	272	264	9,0	12,5	0,006	0,010	neg.	14,0	363,40
27. 12. 32.	19,5	232	222	6,0	9,5	0,004	0,022	—	20,0	365,90
27. 2. 33.	15,5	188	180	6,0	7,5	0,00	0,008	Spur	25,0	372,80
21. 3. 33.	17,0	200	184	8,0	17,3	0,006	0,018	neg.	14,0	374,00
9. 5. 33.	16,5	190	180	7,0	4,9	0,006	0,022	neg.	15,0	378,20
10. 7. 33.	18,8	200	184	7,1	14,3	0,004	0,016	neg.	4,0	378,60
27. 11. 33.	17,9	192	180	7,4	15,0	0,004	0,024	neg.	Spur	375,00
8. 8. 34.	19,0	198	190	9,8	19,9	0,003	0,040	neg.	Spur	375,60
22. 11. 34.	18,6	200	183	—	14,7	0,002	0,016	neg.	Spur	—

Hiezu seien folgende Erläuterungen angebracht:

- Das im Verlaufe der Beobachtungsperiode 1932/34 anhaltende Sinken der Härte des Grundwassers und dessen bedeutend geringerer Mineralgehalt (vorwiegend Karbonate) sind die

Abb. 6



Grundwasserpumpwerk Wettingen: Härte-, Temperatur- und Infiltrationsverhältnisse.

unmittelbare Folge gesteigerter Infiltration von Fluss-(Stausee-)Wasser in Grundwasser.

- Der Gehalt an Chloriden, beim Stauseewasser etwas höher als beim ursprünglichen Grundwasser, ist bei diesem etwas gestiegen, auch zeigt die chemische Analyse eine Zunahme

an Sulfaten. Sie hängt offenbar mit der durch das Ansteigen des Grundwassers verursachten Durchspülung und Auslauung diluvialer Gesteinsmassen zusammen.

3. Vergleiche und Auswertung der ermittelten Daten für den Gehalt an organischen, oxydierbaren Substanzen im Stausee und Grundwasser beweisen, dass die filtrierende Wirkung des Schottermaterials als vorzüglich bezeichnet werden kann. Inwieweit sich diese Eigenschaft auch in bakteriologischer Hinsicht geltend macht, wird später noch Erwähnung finden. —

Es war zu erwarten, dass der durch den Aufstau bedingte höhere Grundwasserstand in Wettingen sich nach gewisser Zeit in einer grösseren, limmatabwärts gelegenen Zone bemerkbar machen würde. Es schien deshalb zweckmässig, analoge Untersuchungen auch auf dieses Gebiet auszudehnen.

Zeitlich betrachtet, zeigt sich nach Beginn des Aufstaues im November 1932 bereits Anfang April 1933 im Pumpwerk Aue-Baden deutlich der Einfluss gesteigerter Infiltration ins Grundwasser, dessen Härtegrad im Verlaufe von ca. 5 Monaten bereits um $7,5^{\circ}$ zurückgegangen ist. Wiewohl die Entfernung der beiden Pumpwerke Wettingen und Baden-Aue längs der Diluvialrinne gemessen ca. 2,7 km. beträgt, also länger ist als die Strecke Aue-Hinterhofwald, konnte eine Beeinflussung des an letzterer Stelle geförderten Trinkwassers noch nicht konstatiert werden. Eine solche machte sich erst Anfang Mai 1933 bemerkbar, wobei die Härte zu 30° , also $2,5^{\circ}$ tiefer bestimmt wurde. Sie sank in der Folge langsam weiter; indessen scheint sich nunmehr eine gewisse Konstanz eingestellt zu haben, indem die Alkalinität seit November 1933 stets 24,5 bis $25,5^{\circ}$ aufweist (Vgl. Tabelle 4).

Datum	Pumpwerk-Anlage	Härte franz. $^{\circ}$	Trock.- Glüh-				Temp. i. $^{\circ}$ Cels.
			Rückstand mg/l	Chlor mg/l	Sulfate		
5. 4. 33.	Wettingen-Tägerhard	17,0	200	178	7,0	8,0	$8,0^{\circ}$
	Baden-Aue	17,5	200	192	9,0	17,0	$8,3^{\circ}$
	Baden-Hinterhofw.	31,5	396	348	10,0	33,0	$11,3^{\circ}$
10. 7. 33.	Wettingen-Tägerhard	17,7	200	184	7,1	7,0	$7,4^{\circ}$
	Baden-Aue	16,5	201	189	6,2	24,0	$7,9^{\circ}$
	Baden-Hinterhofw.	28,0	358	338	11,8	58,0	$11,4^{\circ}$
30. 11. 33.	Wettingen-Tägerhard	17,9	192	180	7,4	—	$8,8^{\circ}$
	Baden-Aue	17,0	178	170	7,9	—	$9,0^{\circ}$
	Baden-Hinterhofw.	26,0	306	292	10,4	32,0	$11,5^{\circ}$

Bezüglich Stand des Grundwasserspiegels haben weitere Beobachtungen im Laufe der Jahre 1934—1936 ergeben, dass jener wellenförmigen Schwankungen unterworfen ist; diese sind gekennzeichnet durch einen Hochstand im Sommer und Tiefstand gegen Ende des Winters. Indessen sind die Höchststände seit 1932 stets etwas zurückgegangen. Während zu dieser Zeit das Grundwasser sich auf Kote 378,4 bewegte, sank der Spiegel bis im Juli 1933 auf 373,4 m. ü. M. Anfang September 1936 wurde die Höhenlage bei Kote 371,70 m festgestellt, also volle 5,65 m tiefer als im gleichen Zeitraum des Jahres 1933. Die Vermutung, dass diese Verhältnisse durch geringere Infiltration vom Stausee her bedingt werden, findet ihre Bestätigung im Härtegrad des Grundwassers. Dieser stieg im Verlaufe von 2 Jahren, wenn auch mit kleinen Schwankungen, auf 18,5°. Diese Tatsache lässt erkennen, dass das Grundwasser sich langsam wieder jenen ursprünglichen Verhältnissen nähert, wie sie vor dem Aufstau der Limmat bestanden haben (Vgl. Abb. 5).

Im Hinblick auf die Wasserversorgung der erwähnten Ortschaften verdient die Beziehung zwischen Grund- und Flusswasser in Berücksichtigung der bakteriologischen Verhältnisse ganz besonderes Interesse, weshalb die Untersuchungen auch auf dieses Gebiet ausgedehnt worden sind. Ohne näher darauf einzutreten, sei nur bemerkt, dass bis heute eine Verschlechterung des Grundwassers in bakteriologischer Hinsicht in keinem der genannten Grundwasserwerke konstatiert werden konnte. Die Keimzahlen der periodisch überprüften Wasserproben zeigen durchwegs günstige Resultate, ein Beweis, dass die zwischen Stausee und Pumpbrunnen gelegenen Schottermassen als Filter sehr wirksam sind und eine vollkommene Reinigung des eindringenden Flusswassers ermöglichen. Die Ergebnisse sprechen durchaus für ein reines Trinkwasser, das den Anforderungen vollauf entspricht. Trotzdem soll aber die weitere Ueberwachung im vollen Umfang aufrecht erhalten bleiben, um eventuelle Nachwirkungen und unliebsame Nebenerscheinungen beizeiten erfassen und unter Umständen rechtzeitig bekämpfen zu können.

Die Klischees für die Abbildungen 2, 3, 5 und 6 sind Eigentum des Schweiz. Wasserwirtschaftsverbandes und wurden von diesem in verdankenswerter Weise zur Verfügung gestellt.