Zeitschrift: Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie

Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

Band: 27 (1935)

Heft: 11

Artikel: Ueber Erscheinungen und Veränderungen des Grundwassers in der Zone Wettingen-Baden nach dem Aufstau der Limmat

Autor: Harder, W.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-922329

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: 10.07.2025

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

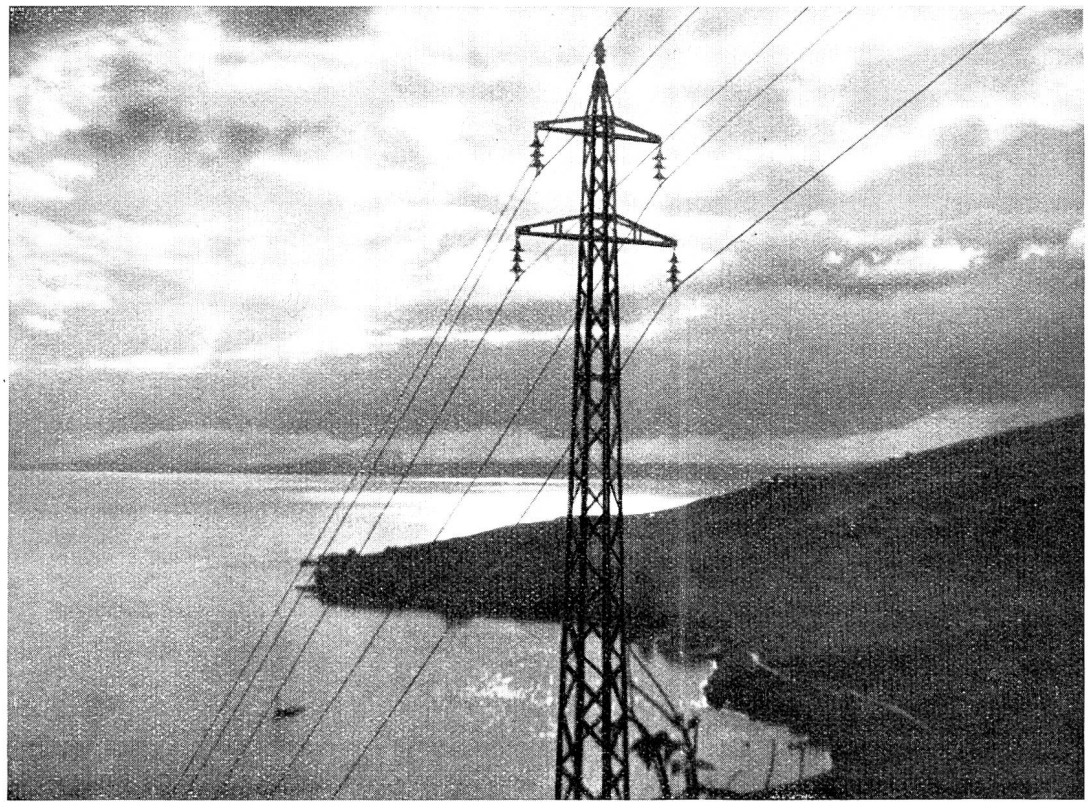

Abb. 77
Von den Höhen führt die Hochspannungsleitung hinab zum Tal (Genfersee und Lavauxhänge). (Aus dem Film «Unsichtbare Kraft»)

Des hauteurs, la ligne de transport à haute tension descend vers la plaine (Le Léman et les coteaux de Lavaux). (Extrait du film «Puissance invisible»)

Ueber Erscheinungen und Veränderungen des Grundwassers in der Zone Wettingen-Baden nach dem Aufstau der Limmat

Von Dr. W. Harder, Wettingen

Nachdem bereits früher in dieser Zeitschrift[1] über Beobachtungen und Untersuchungsresultate, die die Grundwasserverhältnisse im Wettingerfeld vor und nach dem ersten Aufstau der Limmat betrafen, berichtet worden ist, verfolgen die nachstehenden Ausführungen das Ziel, Werden und Wesen der heutigen Zustände zu schildern.

Bekanntlich fanden frühere Untersuchungen der chemischen und bakteriologischen Eigenschaften ihren vorläufigen Abschluss nach Beendigung der ersten Stauperiode, die am 22. November 1932 ihren Anfang genommen und bis 10. Februar 1933 gedauert hatte. Der ursprüngliche, auf einer mittleren Kote von 364 m ü. M. gelegene Limmatspiegel hatte sich in dieser Zeit bereits auf 374 m ü. M., also um 10 m gehoben, während der Grundwasserspiegel nach und nach aus einer ursprünglichen Tiefe von 358,1 m ü. M. auf Kote 373 gestiegen war.

Mit dem Fortschritte der Arbeiten am Kraftwerk Wettingen konnte nunmehr auch ein weiterer Aufstau der Limmat einsetzen. Inwieweit sich dieser in der Folge auf den Stand des Grundwassers auswirkte, ist aus Kurvenbild 1, Abb. 78, ersichtlich, das auf Grund periodisch durchgeführter Messungen erstellt worden ist.

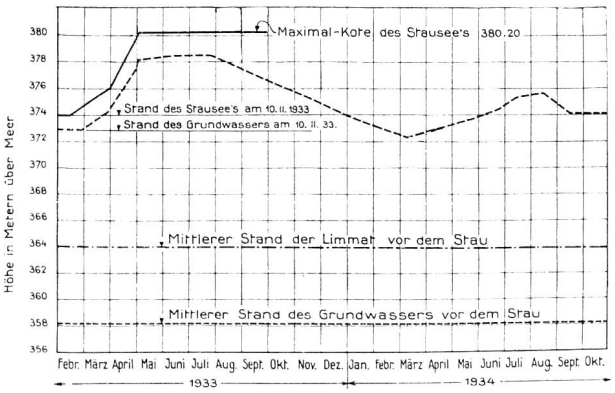

Abb. 78 Limmat-Stausee- und Grundwasserspiegel-Messungen Febr. 1933 bis September 1934.

Die Kurven veranschaulichen einerseits die weitgehende Erhöhung des Limmatsee-Spiegels, der am 4. Mai die Maximalkote von 380,2 erreichte. Das Grundwasser anderseits, das, wie bereits erwähnt, am 10. Februar noch 30,27 m unter Terrainoberfläche lag, erhob sich in der Folgezeit in ziemlich raschem Anstieg auf eine Höhe von 378,2 m ü. M., um dann schliesslich anfangs August auf Kote 378,40 das Maximum einzunehmen.

[1] Vgl. Schweiz. Wasser- und Energiewirtschaft 1, 4 und 5 (1933).

Anschliessend gab sich der durch die ausserordentlich niederschlagsarme Witterungsperiode des Winters 1933/34 bedingte Niederwasserstand der Limmat und des Stausees denn auch deutlich in einem veränderten Grundwasserstand zu erkennen. Da dieser in starkem Masse vom Ueberdruck, den die gestauten Wassermassen ausüben, abhängig ist, wurde durch das Sinken des Seespiegels eine Tieferlegung des Grundwassers bedingt. So ergaben weitere Messungen zu Beginn des Jahres 1934 für die Lage des Grundwasserspiegels eine Kote von 374, also volle 4,20 m tiefer als im August des Vorjahres. Der grösste Tiefstand wurde anfangs März erreicht, daraufhin erfolgte wiederum ein gemächlicher Anstieg auf Kote 375,80. Dieser Stand hat, von geringen Schwankungen abgesehen, bis zum Ende der Beobachtungszeit (Ende September 1934) angehalten; ob er nur vorübergehender Natur ist oder fernerhin innerhalb minimaler Grenzen konstant bleibt, muss durch fortgesetzte Messungen festgestellt werden.

Bekanntlich zeigen durch natürliche Filtermassen eindringende Oberflächenwässer je nach Länge des zurückgelegten Weges und Jahreszeit gewisse Aenderungen in ihrer Temperatur. In Anbetracht der steten Wechselwirkung zwischen Grundwasser und Stausee erschien es daher angebracht, im Verlaufe der Beobachtungsperiode orientierende Temperaturmessungen durchzuführen. Diese zeigen, dass ein tatsächlicher Ausgleich zwischen den beiden Wasserströmen stattfindet, die bezüglichen Mittelwerte, ausgedrückt in Celsiusgraden, sind ebenfalls aus Kurvenbild 2 ersichtlich. Hiebei darf nicht ausser acht gelassen werden, dass bei den festgestellten Temperaturänderungen nicht so sehr die Länge des Weges als die darauf verbrachte Zeit und der Unterschied zwischen Boden- und Wasserwärme eigentlich die Hauptrolle spielen.

Neben dieser Erscheinung thermischer Natur kommt in besonderem Masse die chemische Beeinflussung durch das Flusswasser stark zur Geltung. Zwecks Ermittlung des Infiltrationsgrades wurde im Verlaufe der Untersuchungen wiederum die Härtebestimmung, die ein einwandfreies Kriterium zulässt, herangezogen.

Härte und Trockenrückstand stehen bekanntlich in direkter Beziehung zueinander. Die Menge des eingedrungenen Flusswassers kann direkt errechnet werden, wenn ein chemischer Bestandteil des Grundwassers ($= a$), ein solcher des Flusswassers ($= b$) und des zugehörigen Mischwassers ($= c$) bekannt ist. In unserem Falle wurden für die bezüglichen Berechnungen stets die Mengen des analytisch bestimmten Trockenrückstandes verwendet, wobei für das Limmatwasser ein Mittelwert von 135 mg/l für die Zeit vom 5. 12. 32 bis 9. 5. 33, später ein solcher von 148 mg/l (bis 1. 6. 34) berücksichtigt wurde. Für das Grundwasser dienten die jeweils durch chemische Analyse ermittelten Zahlenwerte.

Die Bestimmung der in % ausgedrückten Menge vorhandenen Grundwassers ($= y$) erfolgt nach der Formel

$$y = \frac{(c - b)\,100}{a - b}$$

Das Quantum der infiltrierten Menge Flusswasser ($= x$ %) wird ausgedrückt durch folgende einfache Beziehung:

$$x = 100 - y$$

Die so ermittelten Resultate sind in nachfolgender Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 1.

Datum	Stausee-Kote m ü. M.	Grundw. Kote m ü. M.	Trocken-rückstand Grundw.	Trocken-rückstand Limmatw.	Grundw.-Anteil in %	Infiltr. Limmatw. %
5. 12. 32.	368,05	363.40	272 mg/l	135 mg/l	88,4	11,6
27. 12. 32.	369,0	365,90	232 mg/l	135 mg/l	62,6	37,4
21. 3. 33.	376,0	373,80	200 mg/l	135 mg/l	41,9	58,1
9. 5. 33.	380,20	378,20	190 mg/l	135 mg/l	35,5	64,5
30. 11. 33.	380,20	375,0	192 mg/l	148 mg/l	31,0	69,0
1. 6. 34.	380.20	374,0	175 mg/l	148 mg/l	19,0	81,0

Aus diesen Zahlen geht deutlich hervor, wie mit dem Ansteigen des Stauseespiegels zunehmende Infiltration von Fluss- in Grundwasser Hand in Hand geht, welche Erscheinung aber nunmehr gemäss neueren analytischen Bestimmungen eine gewisse Konstanz erreicht zu haben scheint.

Abbildung 79 bringt in graphischer Darstellung den Zusammenhang zwischen Infiltrationsmenge (Limmatwasser) und Härterückgang (Grundwasser) sinnfällig zum Ausdruck; ausserdem sind noch die Temperaturkurven aufgenommen, wobei für das Limmatwasser die durchschnittlichen Monatswerte, für das Grundwasser die anlässlich der jeweiligen Probefassungen festgestellten Temperaturen Verwendung gefunden haben.

Die nunmehr seit geraumer Zeit bestehende Wechselwirkung zwischen Stausee und Grundwasser bedingt seinen nunmehrigen Charakter in weitgehendem Masse. Dieser findet seinen Ausdruck in den Kennzahlen, die durch fortgesetzte analytische Untersuchungen festgestellt wurden und in der nachfolgenden Tabelle auszugsweise wiedergegeben sind.

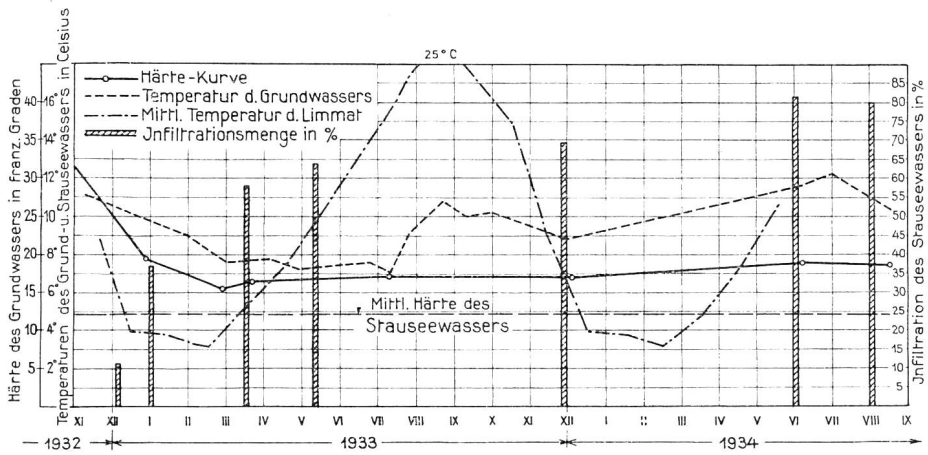

Abb. 79 Stausee- und Grundwasser: Härte-, Temperatur- und Infiltrationsverhältnisse.

Tabelle 2.[2]

Datum	Härte in franz. °	Trocken-Rückstand mg/l	Glüh-Rückstand mg/l	Chlor (Cl) mg/l	Organ. Stoffe mg/l	Ammoniak frei mg/l	Ammoniak albumin. mg/l	Nitrate N_2O_5 mg/l	Sulfate $CaSO_4$ mg/l	Kote des Grundwasser-Spiegels
31.10.32	31.5	380	337	6.6	6.9	0.008	0.020	—	23	358.10
5.12.32	25.0	272	264	9.0	12.5	0.006	0.010	neg.	14	363.4
27.12.32	19.5	232	222	6.0	9.5	0.004	0.022	—	20	365.9
27. 2.33	15.5	188	180	6.0	7.55	0.00	0.008	Spur	25.0	372.8
21. 3.33	17.0	200	184	8.0	17.3	0.006	0.018	neg.	14.0	374.0
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	11.35	0.004	0.016	neg.	4.0	378.6
27.11.33	17.9	192	180	7.4	15.0	0.004	0.024	neg.	Spur	375.0
8. 8.34	19.0	198	190	9.8	19.9	0.003	0.040	neg.	Spur	375.6
22.11.34	18.6	200	183	—	14.7	0.002	0.016	neg.	Spur	—

[2] Bestimmungen ausgeführt durch das kant. Laboratorium in Aarau.

Vergleichshalber seien auch noch die analytischen Zahlenwerte von zwei Wasserproben, die seinerzeit dem Stausee in einer Tiefe von zirka 50 cm in der Nähe des bestehenden Pumpwerks entnommen worden sind, beigefügt:

Probeentnahme:		**14. Mai**	**26. Juli 1934**
Trockenrückstand	mg/l	148	155
Glührückstand	mg/l	138	146
Permanganatverbrauch	mg/l	19,45	10,22
Organische Stoffe	mg/l	97,25	51,10
Ammoniak frei	mg/l	0,54	0,31
Ammoniak albuminoid	mg/l	0,38	0,295
Nitrate (N_2O_5)	mg/l	0,0	0,0
Chloride (Cl)	mg/l	11,8	8,9
Sulfate (SO_4)	mg/l	Spuren	Spuren
Schwebestoffe	mg/l	38,8	10,4
Alkalität frz. H°	mg/l	13,0	11,4

In Ergänzung der vorstehenden Analysenwerte seien hiezu folgende Erläuterungen angebracht:

1. Das im Verlaufe der Beobachtungsperiode anhaltende Sinken der Härte des Grundwassers und dessen bedeutend geringerer Gehalt an mineralischen Substanzen (vorwiegend Karbonate) sind eine unmittelbare Folge der gesteigerten Infiltration von Fluss- (Stausee-) Wasser in Grundwasser, die aber nunmehr in ihrem Ausmass keine weitere Erhöhung mehr erfahren dürfte.

2. Der Gehalt an Chloriden, bei Stauseewasser etwas höher als beim ursprünglichen Grundwasser, ist bei diesem etwas gestiegen, auch zeigt die chemische Analyse eine Zunahme an Sulfaten, besonders während der ersten Stauperiode, die am 10. II. 1933 ihren vorläufigen Abschluss fand. Diese Erscheinung hängt offenbar mit der Zusammensetzung jener diluvialen Gesteinsmassen zusammen, die beim ersten Ansteigen des Grundwassers von diesem durchspült und ausgelaugt worden sind. Die in der Folgezeit stärker einsetzende Infiltration von sulfatärmerem Limmatwasser bedingte nachträglich ein Sinken an schwefelsauren Salzen, wobei neben der Tendenz des gegenseitigen Ausgleichs zwischen den beiden Wasserströmen auch eine Verarmung des durchspülten Untergrundes an derartigen Salzen in Erwägung gezogen werden muss.

3. Vergleiche und Auswertung der ermittelten Daten für den Gehalt an organischen, oxydierbaren Kolloiden in Stausee und Grundwasser verdienen deshalb besondere Beachtung, weil sie für die Filterwirkung des Bodens gewisse Schlüsse zulassen.

Vergleicht man in diesem Sinne die für den Gehalt an organischen Stoffen gefundenen Werte für Stausee und Grundwasser, so zeigt sich, dass die filtrierende Wirkung jener fluvioglazialen Materialien, die den Untergrund des Wettingerfeldes in mannigfacher Weise, vom Sand bis zu groben Geröllen variierend, zusammensetzen, eine ganz vorzügliche ist. Dieses natürliche Filter hält weitaus den grössten Teil gewisser im Stausee vorhandener Stoffe zurück, die direkt oder indirekt bei ungenügender Filtration die Qualität des Grundwassers in schlechtem Sinne beeinträchtigen würden. Inwieweit sich diese Wirksamkeit der erwähnten Schottermassen auch in bakteriologischer Hinsicht geltend macht, wird weiter unten noch Erwähnung finden.

Es war zu erwarten, dass der durch den Aufstau der Limmat bedingte höhere Stand des Grundwassers, sowie dessen veränderte chemische Zusammensetzung nach gewisser Zeit sich in einer grösseren, hauptsächlich limmatabwärts gelegenen Zone bemerkbar machen würde. Es schien schon deshalb besonders interessant, hierüber durch zweckmässige Untersuchungen Aufklärung zu schaffen, weil in diesem Gebiet unterhalb des Stausees zwei weitere Grundwasserpumpwerke liegen, welche der Versorgung der Stadt Baden dienen: 1. Die Pumpstation in der Aue am rechten Limmatufer oberhalb der neuen Hochbrücke; 2. das neu errichtete Grundwasserwerk im Hinterhofwald unterhalb Baden in der Nähe des städtischen Gaswerks am linken Ufer des Flusses.

Dass ein bestimmter Zusammenhang zwischen den beiden Grundwasserstationen im Tägerhard-Wettingen und Aue-Baden möglich ist, konnte schon früher daraus geschlossen werden, dass die chemische Analyse entsprechender Wasserproben ungefähr die gleichen Resultate ergab.

Schon früher [3] wurde die Tatsache erwähnt, dass die Grundwasserverhältnisse des Limmattales in weitgehendem Masse vom Verlauf der Terrassenschotter abhängig sind. Die Mächtigkeit dieser Ablagerungen ist ganz beträchtlich, als Nieder- und Hochterrassenschotter setzen sie einen Grossteil des Untergrundes im Wettingerfeld zusammen. Der Hochterrassenschotter, als mächtigste aller Diluvialablagerungen geltend, oberflächlich allerdings meist durch jüngere Gebilde glazialer Herkunft verdeckt, erfüllt in der Tiefe vorwiegend jene im anstehenden Molassefels übertiefte Rinne, die zwischen dem heutigen Limmatlauf und Lägernkamm gegen die Klus von Baden durchstreicht.[4] (Vergl. nachfolgendes Profil.)

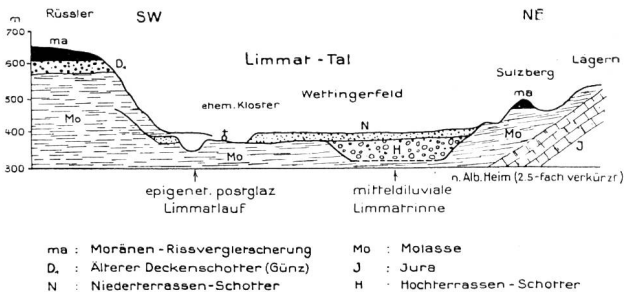

Abb. 80 Querprofil durch das untere Limmattal.

Diese alte Talrinne, die für die Grundwasserverhältnisse in der Aue von grösster Bedeutung ist, besitzt eine ansehnliche Tiefe. Ihre Basis wurde bei 28 m unter der Limmat, also einer mittleren Meereshöhe von zirka 339 m noch nicht erreicht. Derartige Rinnen bilden ausgezeichnete Sammelkanäle für ergiebige Grundwasserströme; wo jene von lebendigen Flussläufen überquert werden, tritt meist ein kräftiger Aufstoss von Grundwasser ein. Dieser erreichte in der Aue-Baden bereits vor dem Aufstau der Limmat einen Ertrag von zirka 30 000 Minutenlitern.

Mit der Feststellung des Zusammenhanges der beiden Grundwasserförderstellen durch die gemeinsame altdiluviale Talrinne findet die Tatsache gleicher chemischer Zusammensetzung beider Grundwässer ihre Erklärung, ebenso aber auch die kontinuierliche Veränderung ihrer ursprünglichen Eigenschaften hinsichtlich Härte, mineralischer Anteile usw., bedingt durch den Höherstau des Limmatflußspiegels.

Etwas anders liegen jedoch die Verhältnisse der etwas weiter limmatabwärts gelegenen Pumpstation Baden-Hinterhofwald, wiewohl sich im Verlaufe der Zeit auch dort ein unverkennbarer Einfluß des veränderten Grundwasserstaues geltend machte. Bestimmend dürften hier vor allem die etwas komplizierten geologischen Verhältnisse, wie sie im Talkessel von Baden-Ennetbaden vorherrschen, sein. Hier durchbricht die Limmat in zwei Klusen die Malmkalke der Lägern, beiderseits dieser Zone treten Isoklinalkämme, die jedoch wegen weitgehender Abtragung keine Gewölbebildung zeigen, in Erscheinung. Der innerhalb der beiden Schenkelklusen eingeschlossene Talkessel von beinahe 1 km Durchmesser weist mächtige Diluvialaufschüttung auf, unter ihr streicht die bereits oben erwähnte alte Erosionsrinne durch, erfüllt von glazialem Rinnenschotter. Ihre Anwesenheit konnte dank intensiver geologischer Forschungsarbeit an der Durchbruchstelle direkt unter dem heutigen Limmatflußbett nachgewiesen werden.[5]

Die diluviale Terrassenfläche, die den Untergrund der Stadt Baden bildet und sich auf einer Höhe von ca. 30 m über dem Fluss dahinzieht, besteht in ihrem obersten Teil aus Niederterrasse, am Steilabsturz E der Stadtkirche und N besonders im Gebiete der Parkanlagen des Grand Hotel erkennt man deutlich in den bestehenden Aufschlüssen, daß der bedeutend mächtigere untere Teil des abfallenden Geländes in stark verkittetem Hochterrassenschotter eingeschnitten ist.

Welcher Art die Veränderungen des Grundwassers sind, die dieser auf der zwischen «Pumpstation Aue» und Hinterhofwald gelegenen, ca. 2,3 km

[3] Vgl. Schweiz. Wasser- u. Energiewirtschaft Nr. 5, 64 ff. (1933).

[4] A. Heim, Geol. d. Schweiz, Bd. I, 291 f. (1919).

[5] A. Heim, Geol. d. Schweiz. Bd. I, 296 f. (1919).

langen Wegstrecke erfährt, geht aus nachstehender Tabelle hervor. Diese enthält im wesentlichen jene analytischen Zahlenwerte, die geeignet sind, am ehesten einen klaren Einblick in die etwas eigenartigen Verhältnisse zu gewähren.

Tabelle 3.

Datum	Bohrstelle	Härte franz. °	Trok-ken-Rückstand mg/l	Glüh-Rückstand mg/l	Chlor mg/l	Sulfate mg/l	Temp. in °C
	Wettingen-Tägerhard (1)	25.0	272	264	9.0	14.0	10.2°
5.12.32	Baden-Aue (2)	25.0	276	260	9.0	10.0	11.4°
	Baden-Hinterhofwald (3)	32.5	374	350	10.0	25.0	11.6°
	Wettingen-Tägerhard	17.0	200	178	7.0	8.0	8.0°
5.4.33	Baden-Aue	17.5	200	192	9.0	17.0	8.3°
	Baden-Hinterhofwald	31.5	396	348	10.0	33.0	11.3°
	Wettingen-Tägerhard	17.7	200	184	7.1	7.0	7.4°
10.7.33	Baden-Aue	16.5	201	189	6.2	24.0	7.9°
	Baden-Hinterhofwald	28.0	358	338	11.8	58.0	11.4°
	Wettingen-Tägerhard	17.9	192	180	7.4	—	8.8°
30.11.33	Baden-Aue	17.0	178	170	7.9	—	—
	Baden-Hinterhofwald	26.0	306	292	10.4	32.0	11.5°

Die Auswertung dieser chemischen Daten ergibt folgende Tatsachen:

Bezüglich Härte, Trocken- und Glührückstand, Chlor- und Sulfatgehalt des bei den Pumpstellen 1 und 2 (Wettingen-Tägerhard und Baden-Aue) geförderten Wassers zeigen, abgesehen von geringfügigen und unwesentlichen Differenzen, praktische Übereinstimmung. Das Grundwasser der Station 3, Baden-Hinterhofwald, weist dagegen einen bedeutend höheren Gehalt an mineralischen Substanzen auf, der im Härtegrad des Wassers ein Plus von 7,5° frz. H. ergibt. Der Chlorgehalt erscheint ebenfalls, wenn auch nicht so ausgesprochen, etwas erhöht, besonders fällt aber auch der gesteigerte Betrag an schwefelsauren Salzen auf.

Zeitlich betrachtet, zeigt sich nach Beginn des Aufstaus der Limmat im November 1932 bereits zu Anfang April 1933 im Pumpwerk Aue-Baden ganz deutlich der Einfluss gesteigerter Infiltration von Fluß- in Grundwasser, dessen Alkalinitätsgrad im Verlaufe von ca. 5 Monaten bereits um volle 7,5 Grad zurückgegangen ist. Wiewohl die Entfernung der beiden Pumpwerke Wettingen und Baden-Aue in direkter Distanz 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 Trinkwasser noch nicht konstatiert werden. Eine solche machte sich erst Anfang Mai 1933 bemerkbar, wobei die Härte zu 30° (franz. Skala), also 2,5° tiefer bestimmt wurde. In der Folgezeit sank diese aber fortwährend weiter, indessen scheint sich nunmehr eine gewisse Konstanz eingestellt zu haben, indem die Alkalinität seit November 1933 stets 24,5—25,5 H° aufweist.

Es ergibt sich also gegenwärtig die auffallende Tatsache, dass das im Hinterhofwald gepumpte Grundwasser gegenüber jenem in der Aue geförderten eine um volle 8° höhere Härte besitzt.

Es ist ausser allem Zweifel, dass die Gründe für diese äusserst interessante Erscheinung im besondern tektonischen Bau und den dadurch bedingten veränderten hydrologischen Verhältnissen der Durchbruchzone im Talkessel von Baden zu suchen sind. Es ist bereits oben erwähnt worden, dass die mitteldiluviale Talrinne ausserordentlich tief unter der heutigen Oberfläche durchstreicht, was die Annahme zulässt, dass jene in der Klus von Baden die dort beidseitig anstehenden Schichten durch Erosionswirkung weitgehend aufgeschlossen hat. Bekanntlich treten in Quertälern sehr häufig Quellen zutage, insbesondere dort, wo ein Flusslauf durchlässige Schichtkomplexe anschneidet. Die Austrittsstellen solcher Quelläufe liegen, wenn auch oft verborgen, meist symmetrisch zu beiden Seiten der Erosionsrinne; ihre Ergiebigkeit hängt in starkem Masse von der Grösse der durchlässigen Schichtzone ab, der das Wasser entspringt. Ausser Molasse-, Nieder- und Hochterrassenschotterquellen sind es vor allem Malm- und Doggerquellen, welche in diesem Gebiete in Betracht fallen dürften. Jene stammen aus den durchlässigen Kalken der erwähnten Formation und treten in der Tiefe über den Mergeln des Argovien-Oxfordien aus. Die Doggerquellen, im Ertrag gegenüber den vorgenannten etwas zurücktretend, haben ihren Ursprung in den Kalken des braunen Jura, sie treten in der Regel über den schwerdurchlässigen Opalinustonen zutage.

Der tektonische Bau der Lägern und ihr Schichtensystem sind 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 härteren Wassers eintreten muss. Wo diese stattfindet, kann nicht mit voller Sicherheit gesagt werden, doch deuten gewisse Tatsachen darauf hin, dass dies im obern Teil der Klus wahrscheinlich der Fall ist. Einen ersten wichtigen Hinweis und besonders wertvolle Aufschlüsse verdanken wir Ergebnissen, die sich aus der Untersuchung des durch die neue Grundwasserbohrung der Gemeinde Ennetbaden erschlossenen Wassers ergeben haben. Es soll deshalb an dieser Stelle etwas eingehender über diese Verhältnisse berichtet werden.

Die durch genannte Gemeinde neu angelegte Bohrstelle liegt rechtseitig der Limmat, zirka 60 m von dieser entfernt im Gelände der Maschinenfabrik Diebold. Die Distanz vom Pumpwerk Aue beläuft sich auf zirka 700 m, die Bohrung wurde auf Kote 365 angelegt und ist bis in eine Tiefe von 24,5 m getrieben worden. Hiebei traf man den Wasserspiegel auf Kote 357,10, also 7,90 m unter Terrainniveau. Das im Verlaufe dieser Bohrarbeiten ermittelte Profil des Untergrundes zeigt im wesentlichen folgendes Bild:

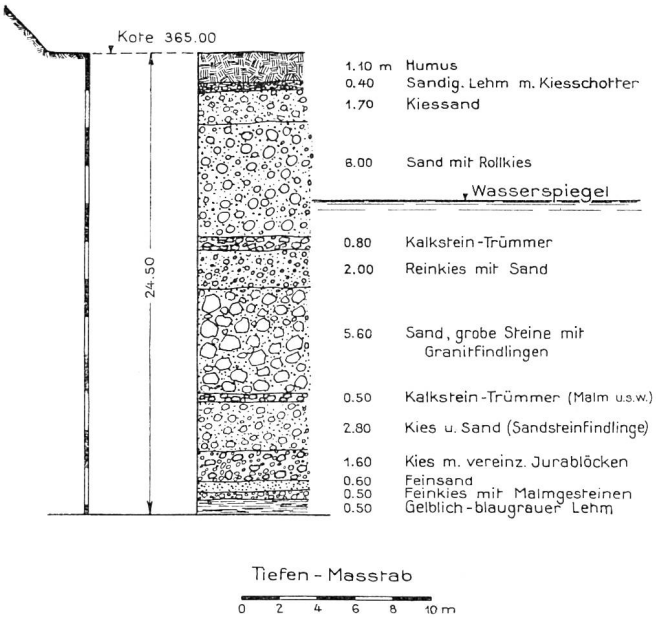

Abb. 81 Profil des Bohrlochs Ennetbaden.

Das Profil durchsticht typischen Alluvialboden, östlich begrenzt durch eine mässig geneigte Halde, aus Bergschuttmaterial bestehend, in grösserer Höhe dann jedoch an die steileren Hänge der Nieder- und Hochterrasse stossend, die sich über Ennetbaden sowohl gegen Norden und Nordosten, als auch in westlicher Richtung weiterziehen. Weitaus der grösste Teil der den Untergrund bei der Bohrstelle zusammensetzenden Gesteine ist gerundet, von glatter Oberfläche ohne scharfe Kanten oder Ecken, Merkmale, die für den Flusstransport sprechen. Aber nicht nur durch Alluvion, sondern auch durch herabstürzende Gesteinsmassen von den aufstrebenden Hängen des Lägernkammes erfuhr der Talboden eine weitere Aufschüttung, was durch die Tatsache bewiesen wird, dass in verschiedenen Tiefen des durchbohrten Untergrundes zahlreiche Trümmer von Lägerngesteinen — hauptsächlich solche der Malmformation — aufgefunden worden sind. Ihre eckige, scharfkantige Beschaffenheit verrät, dass sie nicht durch Wassertransport, sondern durch Rutsch und Sturz hieher gekommen sind. Die in bunter Mannigfaltigkeit vorhandenen erratischen Trümmer, oft verwittert, zum Teil aber noch sehr gut erhalten, von denen nur einzelne erwähnt werden sollen, stammen teilweise aus den ausgedehnten Schottermassen des Wettingerfeldes, von wo sie durch die treibende Kraft des lebendigen Flusses hertransportiert worden sind: Melaphyr, Sernifitkonglomerat, Gneisse und vereinzelt Taveyannazsandstein.

Trotz der ansehnlichen Tiefe des Bohrlochs wurde der anstehende Fels nicht angetroffen; der ergiebige unterirdische Wasserstrom, dessen mittlerer Ertrag sich beim ersten Pumpversuch auf 2500 Minutenliter belief, bewegt sich vollkommen in den erwähnten Schottermassen. In Anbetracht der nicht sehr weiten Entfernung der Bohrstelle von der «Aue» war zu erwarten, dass das geförderte Wasser in seiner Zusammensetzung eine gewisse Aehnlichkeit zeigen würde. Die chemische Untersuchung ergab aber wider Erwarten ein ganz anderes Resultat, wie aus den nachfolgenden Analysenwerten hervorgeht:

Tabelle 4.

Datum 1934	Bohrstelle	Härte frz. °	Trocken Rück	Glüh-stand	Chlor	Sulfate	Temp. ° C
14. XII.	**Ennet-Baden**	28.55	358	340	10.0	54.5	10.6°
	Zum Vergleich:						
28. XII.	**Aue-Baden**	16.0	200	182	9.0	22.0	12.3°

Vor allem muss zwischen den beiden Wässern der grosse Unterschied in der Härte, im Gehalt an Trocken- und Glührückstand sowie in schwefelsauren Salzen auffallen.

In Erkenntnis dieser Tatsachen muss die Vermutung naheliegen, dass es sich im vorliegenden Falle um zwei total verschiedene Wasser handelt, wobei für das im Bohrloch Ennetbaden geförderte ein ganz anderes Ursprungs- und Einzugsgebiet in Betracht fällt. Im Anschluss an die bereits oben erwähnten Ausführungen über das Auftreten von Quellen in Quertälern soll versucht werden, eine Erklärung dieser höchst eigenartigen Verhältnisse zu finden.

Die Feststellung, dass der Wasseraustritt im Bohrloch Ennetbaden in der Nähe des tiefsten Punktes einer in W-E-Richtung streichenden Zone erfolgt, dass ferner innerhalb dieser letzteren zahlreiche Quellen verschiedenen Ursprungs auftreten, lassen die Annahme zu, dass es sich nicht um Grundwasser eines grösseren Flußsystems, wie das bei den Förderstellen von Wettingen, Baden-Aue und -Hinterhofwald der Fall ist, sondern eher um unterirdische Ergüsse starker Quellen handelt. Als Einzugsgebiet kommt das Höhtal in Betracht, das vom Signal Punkt 522,78 bis Bohrstelle Ennet-

baden Punkt 365 ein durchschnittliches, westlich gerichtetes Gefälle von zirka 6,8 % erreicht. Unter den Formationen, die den Untergrund zusammensetzen, können besonders Malm und Dogger als bevorzugte Quellbildner gelten. Daneben dürften aber auch die im Beobachtungsgebiete abgelagerten Schuttmassen, ferner Nieder- und Hochterrassenschotter als solche eine nicht unwesentliche Rolle spielen.

Die vom Verfasser systematisch durchgeführten analytischen Untersuchungen verschiedener Quellen im Höhtalgebiet haben interessante Resultate gezeitigt. Während einzelne dieser Wasseradern durchaus als normal zu bezeichnendes und den Anforderungen als Trinkwasser vollauf genügendes Wasser liefern, treten daneben solche auf, deren Anteil an Sulfaten (Gips) die zulässige Grenze wesentlich übersteigt, in einem Falle sogar derart hoch war, dass die betreffende Quelle als Mineralquelle angesprochen werden muss. Diese dürfte in den gipsführenden Keuperschichten, die sich von Ennetbaden durch das ganze Höhtal bis zu den Ehrendinger Gipsgruben erstrecken, ihren Ursprung haben. Besonders wichtig erscheint aber die Tatsache, dass im Verlauf dieser Untersuchungsarbeit Quellen aufgefunden worden sind, die in ihrer Zusammensetzung grosse Aehnlichkeit mit dem an der Limmat erbohrten Wasser zeigen: Hiezu folgendes Beispiel:

Datum der Untersuchung: März 1934

Härte in franz. Grad	:	27,0°
Trockenrückstand mg/l	:	372
Glührückstand mg/l	:	358
Chlor (Cl) mg/l	:	9,0
Sulfate (SO_4)	:	stark positiv
Temperatur	:	10,5° C

Es ist selbstverständlich, dass die Komplikationen im tektonischen Bau des Höhtals auch auf seine hydrologischen Verhältnisse nicht ohne Einfluss sind entsprechend der stratigraphischen Lagerung auch die Zusammensetzung der dort entspringenden Quellen eine differenzierte ist. Zieht man die Gesamtheit der gemachten Feststellungen, wie Abfluss- und Quellverhältnisse des Tales, sodann die durch die chemische Analyse ermittelten Werte der vorkommenden Quellen in Berücksichtigung, so kann daraus gefolgert werden, dass ein ursächlicher Zusammenhang mit dem neu erschlossenen Wasser an der Limmat besteht, infolgedessen eine Speisung der Pumpstelle durch unterirdisch austretende Quellwasserläufe aus dem Gebiete des Höhtals nicht von der Hand zu weisen, sondern mit grösster Wahrscheinlichkeit anzunehmen ist.

Aehnliche Erscheinungen dürften jener bereits oben erwähnten Beeinflussung des Grundwassers zwischen «Aue» und Pumpstation «Hinterhofwald» zugrunde gelegt werden. Die Tatsache der auf nicht sehr langer Wegstrecke stattfindenden Härteerhöhung kann lediglich durch die Annahme erklärt werden, dass unterwegs eine Speisung des unterirdischen Wasserstromes durch Zufluss von härterem Quellwasser erfolgt. Welchen Ursprungs diese Quelläufe sind, kann nicht mit voller Sicherheit festgestellt werden, da in erster Linie die Tiefe der Erosionsbasis des mitteldiluvialen Limmatlaufes bisher genau zu bestimmen nicht möglich war. Schätzungsweise dürfte diese zirka 60—70 m unter der Terrassenfläche von Baden liegen, wobei ein bestimmtes Gefälle der Rinne in nördlicher Richtung und das allmähliche Einschneiden des durchgehenden Flusses Anlass zu zahlreichen Quellaustritten aus tiefer gelegenen Schichten gegeben haben dürfte.

Vor dem Aufstau der Limmat war die Wirkung dieser Infiltration härteren Quellwassers noch ausgeprägter, die Differenz der festgestellten Alkalinitätsgrade zwischen den bezeichneten Grundwasserpumpstellen betrug annähernd 10 französische Härtegrade, während sie heute auf zirka 8° zurückgegangen ist. Es ist dies auf die bedeutend stärkere Wasserführung in der Diluvialrinne zurückzuführen, die sich auch in einem beträchtlichen Anstieg des Grundwassers in der Aue sichtbar auswirkte.

Im Hinblick auf die Wasserversorgung der beiden grossen Ortschaften verdient die Beziehung zwischen Grund- und Flusswasser in Berücksichtigung der bakteriologischen Verhältnisse ganz besonderes Interesse; spielen doch im allgemeinen jene Gesundheitsschädigungen, die durch im Wasser vorkommende Bakterienarten und sonstigen Kleinlebewesen verursacht werden, in hygienischer Hinsicht eine bedeutend wichtigere Rolle als solche, die durch chemische und physikalische Beschaffenheit des Trinkwassers bedingt werden.

Es erschien deshalb angezeigt, die Untersuchung des Grundwassers auch auf dieses Gebiet besonders auszudehnen.

Ohne auf die gewaltigen Aenderungen, welche die hydrobiologischen Verhältnisse bei der Umbildung des ehemaligen Flussabschnittes zum Staubecken betreffen, näher einzutreten, sei nur bemerkt, dass bis heute eine Verschlechterung des Grundwassers in bakteriologischer Hinsicht bei keiner der genannten Grundwasserstationen konstatiert werden konnte. Die Keimzahlen der periodisch überprüften Wasserproben zeigen durchwegs günstige Resultate, ein erneuter Beweis, dass die zwischen Stausee und Pumpbrunnen gelegenen Schottermassen als Filter sehr wirksam sind und eine

vollkommene Reinigung des eindringenden Flusswassers ermöglichen. Die erhaltenen Ergebnisse sprechen durchaus für ein reines Trinkwasser, das den Anforderungen vollauf entspricht.

Trotzdem soll die weitere Ueberwachung in vollem Umfange aufrecht erhalten bleiben, liegt es doch im Interesse der gesundheitlichen Bedeutung einwandfreien Trinkwassers, wenn spätere Nachwirkungen des Stausees und damit verbundene unliebsame Nebenerscheinungen beizeiten erfasst und unter Umständen rechtzeitig bekämpft werden können.

Modifications des eaux souterraines dans la zone Wettingen-Baden, après la retenue de la Limmat.

La retenue de la Limmat a provoqué une élévation sensible de la nappe souterraine, qui a passé de la cote 358,1 m lors du niveau primitif à 373 m lors de la 1re retenue (374 m) et finalement à 378,4 m, le niveau du lac étant de 380,2 m. La retenue à augmenté les infiltrations comme le montre le tableau 1 déduit des analyses des eaux.

La retenue devait nécessairement avoir une influence sur les eaux souterraines en aval de Wettingen, d'où les stations de pompage de Aue et Hinterhofwald alimentent la ville de Baden. Le tableau 3 donne les analyses des eaux pompées. A Aue, on a remarqué, dès le début de la retenue, l'influence de celle-ci, par suite de la baisse du degré d'alcalinité. Il n'est pas douteux que ces variations sont dues aux constructions dans la rivière qui ont changé le régime hydrologique.

Un puits de forage creusé à Ennetbaden a fourni des eaux selon l'analyse du tableau 4, qui doivent provenir d'une source séparée provenant du Höhtal, où l'on a fait des constatations analogues.

Les modifications constatées ne montrent aucune baisse de la qualité de l'eau, au point de vue bactériologique, dans les stations de pompage. **M.**

L'état actuel de la navigation du Rhône

Avant-propos. Au Congrès de la navigation intérieure, tenu à Lyon, du 7 au 9 mars 1935, plusieurs communications intéressantes eurent pour object le «problème» du Rhône: on en a tiré la substance de la note suivante qui vise à définir l'état actuel de la navigation du Rhône et ses perspectives d'avenir.

Le Rhône est «à l'ordre du jour» en France, depuis la constitution de la Compagnie nationale du Rhône, dans laquelle d'innombrables collectivités politiques, administratives, professionnelles ou commerciales prétendaient à être représentées. Tandis que les uns augurent de cette institution un rapide essor de la navigation fluviale et de la captation des forces hydrauliques, d'autres demeurent sceptiques. Et la polémique ne chôme pas: les tenants de la navigation protestent qu'à en croire certains articles de journaux, la navigation sur le Rhône serait simplement impossible. Or, s'il est vrai qu'au cours du temps le développement de la navigation a été modeste et que bien peu de choses ont été entreprises pour l'améliorer, il n'en existe pas moins sur le Rhône une flotte comprenant 13 remorqueurs, environ 140 chalands, plus de 30 bateaux-réservoirs et 19 automoteurs, le tout ayant véhiculé, en 1933, 862 758 tonnes. La substitution du mazout au charbon, pour la propulsion des remorqueurs, a eu pour conséquence, outre une exploitation plus économique, une réduction de 10 cm du tirant d'eau, ce qui n'est pas négligeable, état donné le mauvais état du chenal navigable. Les nouveaux chalands mesurent, en règle générale, 80 m de long, 8 m de large et, sous la charge de 450 à 500 tonnes, accusent un tirant d'eau de 1,40 m, qui peut, moyennant de bonnes conditions, être porté à 1,80 m, correspondant à une charge de 650 à 700 tonnes; quant aux automoteurs, ils ne portent que 150 à 300 tonnes. Le voyage d'un train de bateaux remorqués, de St. Louis-du-Rhône à Lyon dure, à la remonte, 57 heures, soit 5 jours, et 2 jours à la descente. Ensuite de la régularisation projetée par Girardon et exécutée en vertu d'une loi de 1878, le Rhône a été doté d'un chenal navigable qui, aujourd'hui, accuse une profondeur de 1,60 m pendant 11 mois annuellement, alors qu'antérieurement à la régularisation, cette durée annuelle était réduite à 5 ou 6 mois au plus. Mais, la navigation est souvent difficile, pendant les basses eaux, en certains endroits où les conditions pourraient, d'ailleurs, être notablement améliorées moyennant la disposition de crédits suffisants: c'est, notamment, le cas à Tournon, en amont de Valence, où des alluvions résultants des hautes eaux de 1932 font obstacle à la navigation, et à l'extrémité de la section régularisée, en amont d'Arles, où un prolongement de la régularisation paraît nécessaire. On suppute à 40 millions de francs français le coût de ces travaux d'amélioration. Etant donné que les transports fluviaux sont attrayants seulement s'ils sont sensiblement moins chers que par un autre moyen, les conditions faites à la navigation sur le Rhône sont difficiles. En effet, le trafic fluvial s'étant développé, le chemin de fer y para par une réduction de ses tarifs, déjà relativement bas; en outre, les frais de propulsion des bateaux sont élevés en raison de la pente du fleuve qui