

Zur Kenntnis der Thermen von Baden

Autor(en): **Hartmann, Ad.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Mitteilungen der aargauischen Naturforschenden Gesellschaft**

Band (Jahr): **20 (1937)**

PDF erstellt am: **11.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-172182>

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.

Zur Kenntnis der Thermen von Baden.

Von Ad. Hartmann, Aarau.

I. Die Abdichtung der Schwanenquelle, im Winter 1936.

Von den 18 Einzelquellen der Therme von Baden ist die Schwanenquelle in Ennetbaden eine der größten und besitzt die tiefste Fassung und den höchsten Schacht. Aus diesem Grunde mußte die Fassung mehrmals erneuert und verbessert werden, wofür Herr Küpfer, der Besitzer des Hotels Schwannen, immer das richtige Verständnis und die nötige Opferwilligkeit an den Tag legte. Die beiden letzten Verbesserungen der Fassung gaben Veranlassung zu eingehenden Studien der Thermen von Baden, worüber hier kurz berichtet werden soll.

Die Schwanenquelle wurde im Jahre 1844 durch eine 9 m tiefe Grabung und eine 4,5 m tiefe Bohrung erschlossen und dann hochgestaut auf das Niveau der Baderäume im Hotel. Im Jahre 1856 war eine Neufassung notwendig und es wurde ein 20 cm weites und 23 m langes gußeisernes Rohr in den Boden getrieben. Im Jahre 1893 wurde der Quellenstock erneuert. Im zweiten Jahrzehnt dieses Jahrhunderts ging der Erguß der Quelle von 111 L/M wieder zurück und sank im Jahre 1920 auf 72 L/M; eine Neufassung erwies sich als notwendig, die Herr Hermann Mäder, Bauunternehmer, in Baden, ausführte. Es wurde die alte Fassung total beseitigt und am Quellorte im Innern des Hotels ein oben 4 m und unten 1 m weiter Schacht gegraben. Die getroffenen Erdmaterialien waren Schutt und Gesteine der Keuperformation, wie Keupermergel, sandige Mergel, Gips und Dolomit. Besonders im untersten Teil des Schachtes waren die Keupermergel locker, weich und als Baugrund schlecht, sodaß keine dichte, bleibende Verbindung des Quellrohres mit dem Keuper möglich war. Die untern 3,85 m des Schachtes wurden mit meterweiten Zementröhren ausgekleidet, mit Ton und Zement gegen den Keuper und das Quellrohr abgedichtet. Im oberen Teil des Schachtes wurde ein

16 m hoher, 2 m weiter und unten geschlossener, sehr solider Betonzylinder eingebaut, der für alle späteren Reparaturen an der Quelle als Kontroll- und Arbeitsschacht dienen konnte. Die Therme selbst wurde in einem 20 cm weiten und 20 m hohen, von Beton umkleideten Tonrohr hoch geführt.

Während jener mühsamen und zeitraubenden Fassungsarbeiten mußte die Therme längere Zeit, mehr als zwei Monate, 20 m tief abgepumpt werden. Sie steigerte dabei ihren Erguß von 72 auf über 360 L/M. und es mischten sich dem Thermalwasser 8,5 % Wildwasser bei. Alle andern Heilquellen von Baden wurden mehr oder weniger beeinflußt und ließen sich nach ihrer Abhängigkeit von der Schwanenquelle in vier Gruppen einteilen.

1. Total abstehende Quellen: Ochsenquelle und Straßenquelle im Ochsen.
2. Rückgang 70 %: Verenaquelle.
3. Rückgang 30—40 %: Kesselquelle im Bären 40 %, Kesselquelle, Paradiesquelle im Ochsen 30 %.
4. Rückgang 0—20 %: Limmatquelle 15 %, Heißenstein 20 %, Wälderhut 15 %, St. Verenaquelle 15 %, Allgemeine Quelle Ennetbaden 8 %, Kesselquelle im Stadthof 7,5 %, Carolaquelle 0 %.

Die Neufassung 1920/21 hatte vorübergehenden Erfolg und nach der Wiederherstellung des hydrostatischen Gleichgewichtes erhielten alle andern Quellen ihren früheren Erguß wieder und die Schwanenquelle lieferte 112—121 L/M.

Im Laufe von weiteren 15 Jahren ging aber der Erguß langsam wieder zurück, wie folgende amtlichen Messungen ergaben:

1921	112—121	L/M.	1929	72—77	L/M.
1922	110—120	«	1930	69—70	«
1923	110—114	«	1931	73,2—76	«
1924	96—109	«	1932	66,2—70,2	«
1925	93—100	«	1933	60—66,5	«
1926	90,5—96	«	1934	54,5	«
1927	88,5—90,2	«	1935	51,0	«
1928	79,5—86,8	«			

Dieser fast gleichmäßige Ergußrückgang ließ darauf schließen, daß das gestaute Thermalwasser langsam einen andern, leichtern Weg gefunden hatte und daß ein weiterer Rückgang zu befürchten sei.

Eine Untersuchung der Verhältnisse im Herbst 1935 hat ergeben, daß der Kontrollschacht mit Thermalwasser gefüllt war, dessen Temperatur mit $44,5^{\circ}$ um $1,5^{\circ}$ niedriger war als die Therme und dessen Wasserspiegel um 115 cm tiefer war, dessen chemische Zusammensetzung aber identisch war mit dem Thermalwasser und wie dieses 1050 Milligramm gebundenes Chlor im Liter enthielt. Außerhalb des Schachtes konnte in zwei Kontrollröhren wiederum Thermalwasser von normaler chemischer Zusammensetzung, aber tieferer Temperatur, festgestellt werden, dessen Spiegel mit demjenigen im Quellrohr schwankte. Alle Quellgase der Therme stiegen durch das Quellrohr auf und verursachten die Wasserspiegeldifferenz von 115 cm zwischen Quellrohr und Kontrollschacht; denn die aufsteigenden Gase mochten zirka 5 % des Wasservolumens betragen; also mußte die gashaltende Wassersäule um zirka 5 % höher steigen, also bei 20 m Höhe um zirka 1 m. Der Kontrollschacht erwies sich als undicht; selbst wenn 40 M/L. Wasser aus dem Quellrohr in den Schacht flossen, so stieg sein Wasserspiegel nicht stark an, obwohl kein sichtbarer Ausfluß vorhanden war.

Rund die Hälfte des ursprünglichen Thermalwassers der Schwanenquelle hatte also einen andern, leichtern Weg außerhalb des Quellrohrs gefunden. Es floß entweder durch den Kontrollschacht oder durch den Schutt, der zwischen der Schachtwand und dem umliegenden Keuper lag. Das verlorene Wasser hatte einen unsichtbaren Weg gefunden nach der nur 15 m entfernten Limmat, deren Spiegel bei Normalwasser 3,55 m tiefer lag als die gesetzliche Stauhöhe der Schwanenquelle.

Nachdem der Regierungsrat des Kantons Aargau die Erlaubnis zur Kontrolle der Schwanenquelle und zu einer event. Reparatur oder Neufassung erteilt hatte und alle Anordnungen zur Kontrolle der andern Quellen und Vorsichtsmaßnahmen im Falle des völligen Versagens einzelner Quellen getroffen wa-

ren, konnte am 18. Januar 1936 mit dem Auspumpen des Kontrollschachtes begonnen werden. Herr Dr. Diebold, in Baden, hatte eine bewegliche, regulierbare Pumpe installiert, die immer ausgezeichnet funktionierte, ferner einen Wasserpegel, so daß man jederzeit die Menge des gepumpten Thermalwassers ablesen konnte. In einer Woche wurde unter Beobachtung aller Vorsichtsmaßnahmen der Schacht geleert und während dieser Zeit die Therme nur 6,25 m abgesenkt. Der Erguß stieg schon bei dieser geringen Absenkung von 47 L/M. auf 146 bis 152 und bei einer nachherigen Absenkung auf 16,0 m sogar auf 215 L/M. Die Temperatur der Quelle senkte sich von 47,2° auf 46,3°, also um 0,9°. Die wiederholte chemische Untersuchung des Wassers ergab, daß der Chlorgehalt und Trockenrückstand um 4,5 % gesunken waren, daß also dem Mineralwasser sich 4,5 % Wildwasser beigemischt hatten, die außerhalb des Schachtes oder durch den Keuper in den Quellgrund fließen konnten.

Das Quellrohr und der Kontrollschacht, die vor 15 Jahren von Herrn Ing. Mäder erstellt worden waren, konnten einer genauen Kontrolle unterzogen werden. Das Quellrohr war außen und innen vollkommen intakt und überall dicht, auch bei den drei seitlichen Verschlüssen. Der Schacht war in sehr gutem Zustande; er ließ nur an wenigen Stellen kleine Mengen von Wasser eindringen, teils Mineral-, teils Wild-, teils Mischwasser. Obwohl der Hohlraum zwischen Quellrohr und Schachtwand 15 Jahre lang mit Thermalwasser gefüllt war, so zeigten sich nicht die geringsten Angriffe auf den Beton oder die gußeisernen Metallteile. Es zeigte sogar der Zementverputz noch seine ursprüngliche Oberfläche und einzig ein schmiedeiserner Eisenteil zeigte Korrosionserscheinungen. Schon bei früheren Neufassungen, z. B. der Fassung der Limmatquelle, wurde von Fr. Mühlberg konstatiert, daß Mörtelmaterialien, Kalk, Beton oder Backsteine und Kalksteine vom Badener Thermalwasser nicht angegriffen werden.

Die Summe aller Beobachtungen und Überlegungen ergab, daß das Quellrohr total intakt war, daß höchstens kleine Thermalwassermengen durch den Schacht aufsteigen und verloren gehen können, daß die Hauptverluste vom Quellgrund aus

außerhalb des Schachtes in der Schuttzone zwischen Schacht und umgebendem Keupergestein oder gar im gelockerten Keuper stattfinden müssen. Das dort aufsteigende Mineralwasser mußte den Weg nach der Limmat gefunden haben.

Es wurden zur Behebung dieses Übelstandes drei technische Lösungen in Erwägung gezogen.

1. Öffnen des Schachtbodens, Zerstören des untern Teiles des Quellrohres, Ausräumen der untern 4 m des engen Schachtes, Freilegung des Quellgrundes in 20 m Tiefe und dem Versuch der Erstellung einer neuen, besseren Fassung, sodaß kein Wasser mehr außerhalb des Schachtes entweichen könnte und alles Wasser durch das Quellrohr aufsteigen müßte. Der Verfasser dieser Zeilen hatte im Winter 1921 feststellen müssen, daß der Keuper im untern Teil des Schachtes ein zur Anlage einer Quellfassung sehr schlechtes Gestein ist, weil er aus weichen Mergeln besteht, die mit Wasserberührung sich lockern. Bei der Suche nach einem besseren Gestein durch Abteufen des Schachtes wäre man schließlich aller Voraussicht nach auf den Trigonodusdolomit gestoßen, der nach den Erfahrungen beim Kraftwerkbau in Klingnau ein sehr durchlässiges und für Quellfassungen wieder ungeeignetes Gestein wäre. Die ganze Arbeit einer Neufassung hätte einige Monate Zeit in Anspruch genommen und unerhörte Kosten verursacht. Der Erguß der Schwanenquelle wäre bei weiterm Abteufen des Schachtes auf über 500 L/M. angestiegen und die meisten andern Quellen hätten eine sehr starke Beeinflussung erlitten und einige wären total abgestanden. Ein Arbeiten mit versenktem Luftdruckcaisson oder in einer pneumatischen Arbeitsgrube, um den Wasserandrang zu vermindern und so die andern Quellen zu schonen, hätte große, teure Installationen und erhebliche Schwierigkeiten wegen der hohen Temperatur des Thermalwassers gebracht. Die Aussichten auf Erfolg bei einer solchen Neufassung wären der schlechten geologischen Verhältnisse wegen doch fraglich gewesen. Es konnte niemand eine solche Neufassung befürworten, nachdem die Fassungsarbeiten des Jahres 1921 noch in sehr gutem Zustande waren.

2. Es mußte also versucht werden, die nähere Umgebung des Schachtes zu dichten. Das konnte geschehen durch Aus-

graben eines Hohlraumes um den Schacht herum und Einstampfen vom Lehm und Zement, um so einen Aufstieg von Thermalwasser zu verhüten. Diese Arbeit im Innern eines Hotels wäre sehr mühsam und zeitraubend gewesen und im Erfolg wieder unsicher, weil die Wasserzirkulation auch im schlechten, durch die einstige oder neue Grabung gelockerten Keuper stattfinden konnte.

3. Die beste Lösung erblickte man in einem Versuch, die nähere Schachtumgebung vom Innern des Schachtes aus zu dichten. Das war möglich durch Bohren von Löchern durch die Schachtwand und die Schuttschicht hindurch in den Keuper hinein und durch sofortiges Einpressen von Dichtungschemikalien und Zement. Durch eine größere Anzahl von solchen Bohrlöchern und Injektionen konnte ein zusammenhängender Dichtungsschleier um den Schacht angelegt werden. Für diese Injektionen kam das Joosten'sche Verfahren in Frage, das wiederholt bei Mineralquellfassungen gute Dienste geleistet hatte und mit dem Herr *Ing. Hans Fehlmann* von der A.G. für Grundwasserbauten in Bern gut vertraut war. Die Dichtungschemikalien bestanden aus einem Gelith I und einem Gelith II, die beide als Flüssigkeiten nacheinander in das Bohrloch gepreßt wurden und dann dort augenblicklich so reagierten, daß ein steifer, fester Niederschlag, eine mineralische Gallerte, entstehen mußte, die lockeres Gestein, Kanäle und Rinnen sofort schließen mußte.

Hätte keine der drei Lösungen zum Ziele geführt, so wäre das verlorene Wasser dennoch wieder zu gewinnen gewesen durch ständiges Absenken des Wasserspiegels, vorausgesetzt, daß eine Änderung des Dekretes über die Benützung der Quellen das gestattet hätte.

Es lag aber nahe, die Lösung 3 als die billigste und weit-aus sicherste zu versuchen.

Die beiden Firmen, *Herm. Mäder, in Baden*, als Baufirma und die *A. G. für Grundwasserbauten, in Bern*, als Spezialfirma für Quellfassungen und Bohr- und Injektionsarbeiten haben die Arbeit zur vollsten Zufriedenheit durchgeführt. Die schwere Arbeit des Bohrens von Bohrlöchern und des Injizierens im

engen, tiefen Schacht vollzogen sie programmgemäß in kurzer Zeit und ohne den geringsten Unfall.

Vor Beginn der Bohrungen und Injektionen wurde der Kontrollschacht an den Sickerstellen gedichtet und sein Boden verstärkt. Dann wurde mit einer elektrisch angetriebenen und in den Schacht versenkten Maschine für Kernbohrungen im Laufe von 35 Tagen nach allen Richtungen schief abwärts durch die Schachtwandung und den umliegenden Schutt und ins feste Keupergestein hinein gebohrt. Die zahlreichen, gut erhaltenen Bohrkernbe weisen, daß der Quellschacht sehr dick und solid ist, daß aber das außerhalb liegende Schutt- und Keupermaterial teilweise locker und durchlässig war. In jedes der 20 Löcher wurden vor Beginn eines weiteren die Injektionen gemacht, Zement und Dichtungskemikalien eingepreßt, bis die Umgebung des Bohrloches gedichtet war. Es wurde mit einem Kompressor Zementbrei und wenig Sand und mit einem andern, wenn der Widerstand im Bohrloch zu gering war, die beiden Dichtungskemikalien Gelith I und Gelith II eingepreßt.

In der folgenden Tabelle sind die näheren Angaben über die Höhen und Längen der Bohrlöcher und die Mengen der eingepreßten Materialien zusammengestellt. Die Höhenzahlen unter B sind die Anfänge der Bohrlöcher in der Schachtwandung und unter A deren Enden im Keupergestein.

Im ganzen wurden nach Angaben von Ing. H. Mäder folgende Materialmengen in die Bohrlöcher injiziert:

860 Sack Portlandzement zu 36 Liter	= 30,96 m ³
70 Sack Spezialzement zu 36 Liter	= 2,52 m ³
1568 kg Gelith I (1193 Liter)	ca. 1,193 m ³
1386 kg Gelith II (977 Liter)	= 0,977 m ³
Gewaschener Sand	ca. 2,00 m ³
Eisenbetonkies	ca. 3,00 m ³
	<hr/>
Total	40,65 m ³

In Wirklichkeit ist das injizierte Materialvolumen noch erheblich größer, weil sowohl Zement als auch die Gelithe größere Mengen Wasser binden.

Die Injektionen wurden jeweilen fortgesetzt, bis der am Manometer abgelesene Druck erheblich zu steigen begann.

Tabelle über Bohrungen und Injektionen.

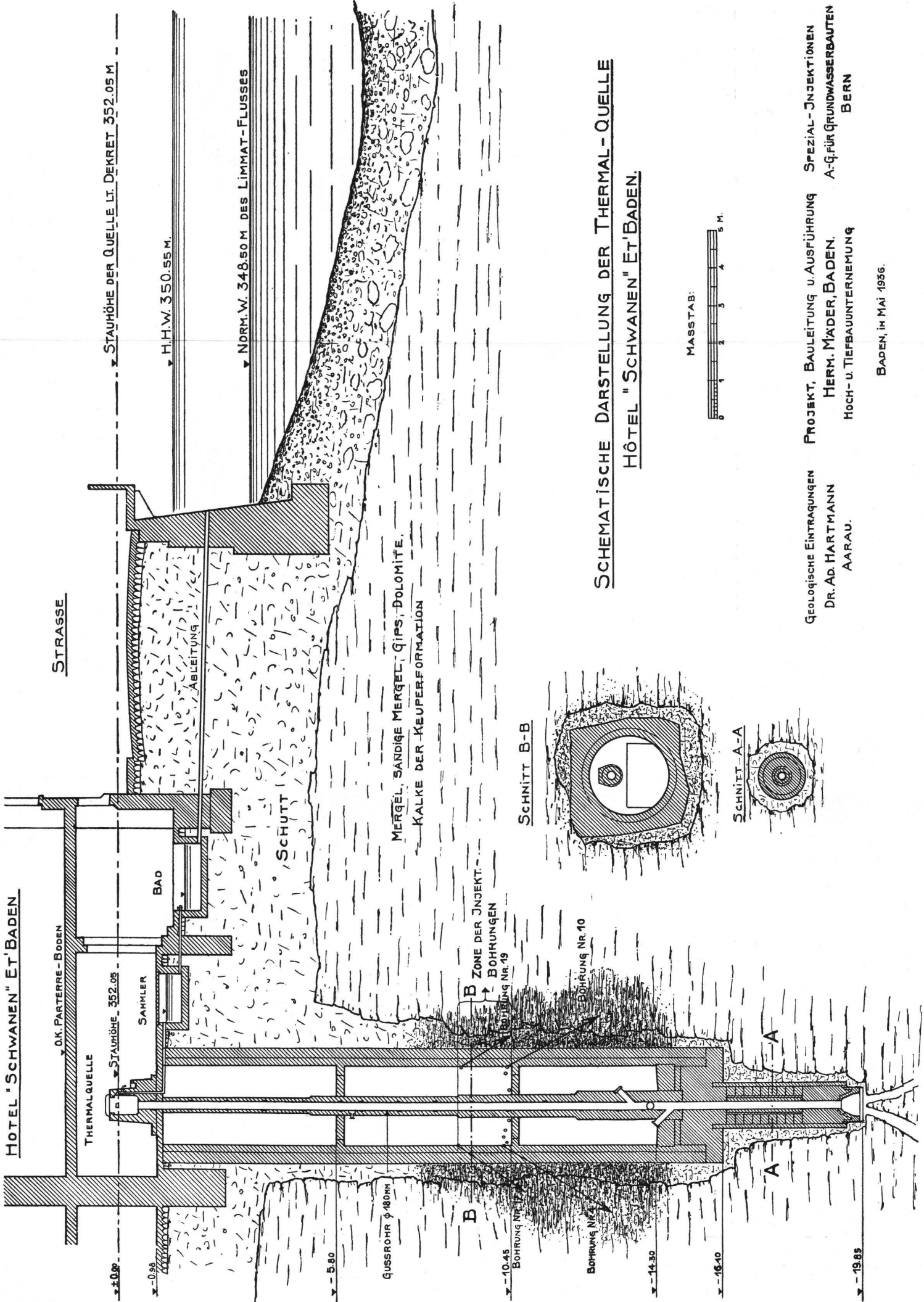
Datum 1936		Bohrung Nr.	Höhen = m		Bohrung Tiefe m	Ce- ment Sack	Chemikalien Liter		Druck Atm.
Bohrung.	Injektion.		A.	B.			K. I	K. II	
12./13. II.	18. II.	1	13.00	10.10	5.00	10	—	53	—
17./18. II.	19. II.	1a	10.30	7.40	5.00	28	—	—	—
20. II.	21. II.	2	10.15	7.40	3.80	27	49	23	—
22. II.	22./24. II.	3	10.35	7.35	3.00	6+47	—	—	—
24./25. II.	25. II.	4	10.25	7.10	3.20	36	60	60	1.5
26. II.	27. II.	5	10.30	7.65	2.50	51	78	76	2.—
28. II.	8. III.	6	10.10	7.00	2.80	40	60	60	1.5
28./29. II.	9. III.	7	10.40	7.70	2.60	81	—	—	1.5
3. II.	3./4. III.	8	10.20	7.40	2.60	40+33	142	65	2.—
4./5. III.	5. III.	9	10.20	7.60	2.50	80	75	60	2.—
6. III.	7. III.	10	10.35	7.60	2.60	124	60	60	2.5
9. III.	9. III.	11	10.30	7.55	2.50	43	60	60	2.—
10. III.	11. III.	12	10.45	7.80	1.80	79	80	55	2.5
12. III.	13. III.	13	10.25	7.55	2.10	48	60	45	3.5
13. III.	14. III.	14	10.30	7.40	1.80	30	104	60	2.5
15. III.	16. III.	15	10.25	7.40	2.55	35	65	60	3.—
17. III.	17. III.	16	9.10	6.25	1.60	17	60	60	3.5
18. III.	18. III.	17	9.00	6.00	2.00	18	60	60	4.—
19. III.	19. III.	18	9.00	6.00	2.00	46	60	60	4.5
20. III.	20. III.	19	9.10	6.10	1.30	21	120	60	5.—
Total		20				930	1193	977	

Während der ganzen Zeit wurde die Therme genau beobachtet; es sind nie auch nur Spuren der Injektionsmassen oder des reichlichen Injektionswassers in das Thermalwasser gelangt. Die injizierten Materialien sind also nie bis zum Quellengrund vorgedrungen. Gegen das Ende der Arbeiten konnte aber in den Kellerräumen und sogar mehrmals an der Ufermauer der Limmat weißes Zementwasser beobachtet werden. Die Injektionsmassen haben also alle Hohlräume um den Schacht herum bis hinauf zu den Hausfundamenten und Kellerböden ausgefüllt. Es bedeutet somit die reichliche Injektion nicht nur einen Schutz gegen Quellwasserverluste, sondern auch eine Festigung der Hausfundamente. Gegen das Ende der Injektionen steigerte das Thermalwasser seinen Chlorgehalt wieder auf die normale Höhe vor der Absenkung und es hatte somit die Wildwasserbeimischung aufgehört. Das war ein gutes Zeichen.

Als am 28. März nach gründlicher Reinigung des Schachtes und Ummantelung des obern Teiles des Quellrohres mit Beton die Arbeiten beendet waren und der seitliche Ausfluß des Quellrohres unten auf dem Schachtboden verschlossen werden konnte, stieg die Therme mit ihren reichlichen kleinen und großen Gasblasen wieder aufwärts und lieferte den früheren Erguß von 112—116 L/M. Die Reparatur hatte mit einem minimalen Aufwand von Material, Zeit und Kosten einen vollen Erfolg.

Vor, während und nach den Bauarbeiten an der Schwanenquelle hat Herr Bauverwalter R. Keller, der schon Jahrzehnte lang die Thermen von Baden immer genau gemessen hatte, 11 Extramessungen vorgenommen und 18 Messungen während eines Jahres tabellarisch und graphisch zusammengestellt. Dieses reiche statistische Material kann auf der Bauverwaltung der Stadt Baden eingesehen werden; ihm seien folgende wichtigste Ergebnisse entnommen: Die Schwanenquelle wurde gegenüber ihrer dekretsgemäßen Stauhöhe von 352,05 m vom 17. Januar an 16 Tage 6,25 m, dann 3 Tage 16 m, während der Injektionen 24 Tage 14,3 m und weitere 4 Tage wieder 6,25 m abgesenkt. Durch diese Absenkung wurden alle andern 17 Quellen beeinflusst. Schon die anfänglich geringe Absenkung von 6,25 m machte sich sofort bei 16 an-

HOTEL "SCHWANEN" ET BADEN



STAUHÖHE DER QUELLE LT. DEKRET 352.05 M

H.H.W. 350.55 M.

NDRM. W. 348.50 M DES LIMMAT-FLUSSES

STRASSE

THERMALQUELLE

STAUHÖHE 352.05

SAMMLER

BAD

SCHÜTT

MERGEL, SANDIGE MERGEL, GIPS, DOLOMITE,
KALKE DER KEUPERFORMATION

B ZONE DER INJEKT. BOHRUNGEN
BOHRUNG NR. 19

BOHRUNG NR. 10

GUSSROHR ϕ 180 MM

BOHRUNG NR. 17

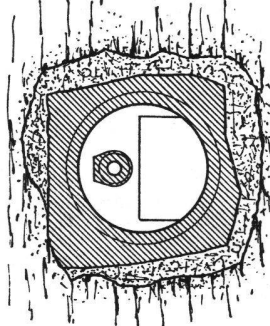
BOHRUNG NR. 14

BOHRUNG NR. 13

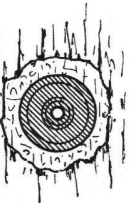
BOHRUNG NR. 12

BOHRUNG NR. 11

SCHNITT B-B



SCHNITT A-A



MASSTAB:



SCHEMATISCHE DARSTELLUNG DER THERMAL-QUELLE
HÖTEL "SCHWANEN" ET BADEN

Geologische Eintragungen
DR. AD. HARTMANN
AARAU.

PROJEKT, BAULEITUNG U. AUSFÜHRUNG
HERM. MADER, BADEN.
HOCH- U. TIEFBAUENTWURFUNG
BERN

BADEN, IM MAI 1936.

dern Quellen bemerkbar; die benachbarte kleine Adlerquelle stand sofort ab. Es reagierten am raschesten und heftigsten die vier Ochsenquellen, die Verenahofquelle, die Limmatquelle und der heiße Stein. Es reagierte zunächst gar nicht die Karolaquelle und die kleine Quelle im Stadhof; es stieg sogar die benachbarte allgemeine Quelle um 2 L/M. aus unerklärlichen Gründen an.

Die kurze, aber starke Absenkung der Schwanenquelle um 16 m erhöhte ihren Erguß auf 215 L/M., reduzierte aber den Erguß aller andern Quellen ruckartig.

Am tiefsten sanken wieder die Verenahofquelle, die Ochsenquellen, die Limmatquelle und der heiße Stein. Mittleres Verhalten zeigten die Hinterhofquelle, die St. Verenaquelle, die Kesselquelle im Stadhof und den geringsten Einfluß verspürten die Bärenquelle und die kleine Quelle im Stadhof.

Wie die Bauarbeiten an der Schwanenquelle beendet und diese wieder auf 352,05 m gestaut wurden, erholten sich alle andern Quellen wieder, am raschesten die Verenahof- und Paradiesquelle. Es dauerte immerhin zirka 2 Wochen, bis die Quellen wieder im Gleichgewicht waren.

Interessant ist die Feststellung, daß die gegenseitige Beeinflussung der Quellen nicht merklich von der gegenseitigen Entfernung oder der Tiefe der Fassung abhängig ist, sondern in erster Linie von der Lage zur West-Ost-Streichrichtung der Triasschichten des Untergrundes und der Höhe des Quellausflusses. Die Ochsenquellen mit dem höchsten Ausfluß liegen, wie die Schwanenquelle, im südlichen Rand der wasserführenden Triaszone, also in der Streichrichtung der Schichten; sie haben den Eingriff zuerst und am stärksten gespürt, obwohl sie horizontal am weitesten entfernt sind. Die am nächsten, aber in den nördlichen Triasschichten gelegene allgemeine Quelle in Ennetbaden hat viel später und weniger intensiv reagiert, weil sie einen tieferen Ausfluß hat und weil ihre Verbindungslinie mit der Schwanenquelle senkrecht zur allgemeinen Streichrichtung der Schichten steht.

Folgenden Tabellen ist zu entnehmen, wie die Wasserführung der Schwanenquelle bei deren Absenkung zugenommen hat, wie infolgedessen der Gesamterguß aller drei Quellen von

Ennetbaden erheblich gewachsen, durch die Beeinflussung aber die Quellen auf dem linken Ufer in ihrer Gesamtheit abgenommen haben. Der Gesamterguß aller Quellen hat aber doch erheblich, im Maximum um 126,4 L/M. zugenommen, also um einen weit höheren Betrag, als die Verluste an der Schwannenquelle vor der Reparatur der Fassung waren. Durch die Absenkung einer Quelle wurde Wasser gewonnen, das normalerweise unsichtbar in den Schutt des Limmattales fließt. Nach dem Wiederaufstau der Schwannenquelle und der Wiederherstellung des Gleichgewichtes war der Gesamterguß aller Quellen immer noch 60—70 L/M. größer als vor der Fassung. Dieser Betrag entspricht den früheren Verlusten an der Schwannenquelle.

Wichtigste Ergußmessungen im Winter 1935/36.

Datum der Messung	Absenkung der Schwannenquelle in m	Erguss der Schwannenquelle L/M	Erguss der Quellen von Ennetbaden L/M	Erguss der Quellen von Baden L/M	Totalerguss aller Quellen L/M	Vermehrung gegenüber dem 17. Jan. L/M
22. VII. 1935	—	53,0	151,7	576,8	728,5	—
4. X. 1935	—	54,0	151,7	582,1	733,8	—
17. I. 1936	6,35	47	143,6	578,0	721,5	—
24. I. 1936	6,25	115	203,1	556,1	764,2	42,6
31. I. 1936	6,25	137,0	233,0	554,7	787,2	65,2
7. II. 1936	16,0	215	307,0	518,0	825,9	104,3
14. II. 1936	14,3	205	299,0	534,2	833,2	111,6
21. II. 1936	14,3	210	302,0	530,4	832,4	110,8
28. II. 1936	14,3	210	302,0	546,0	848,0	126,4
6. III. 1936	14,3	210	298,5	527,4	825,9	104,3
13. III. 1936	14,3	210	303,0	535,5	836,5	114,9
20. III. 1936	14,3	210	303	525,9	828,9	107,30
27. III. 1936	6,25	165	258	539,3	797,3	75,8
3. IV. 1936	—	114	209,6	550	799,6	38,1
17. IV. 1936	—	116	212,7	575,8	788,5	67,0
1. V. 1936	—	115	212,2	567,9	780,1	59,6
15. V. 1936	—	116	213,9	567,3	781,2	59,7
16. VII. 1936	—	116,5	215,6	575,8	791,4	69,9

Anteil jeder Quelle in Prozenten des Gesamtgusses
während der Abdichtung der Schwanenquelle im Winter 1935/36.

Quellen	Vor der Absenkung		Während der Absenkung				Nach der Absenkung	
	4. X.	17. I.	24. I.	7. II.	6. III.	27. III.	3. IV.	1. V.
Heißer Stein	20,714	20,078	19,196	16,418	16,879	17,722	19,022	19,010
Limmatquelle	19,624	19,679	18,059	15,983	16,164	17,020	18,035	18,280
Allgemeine Quelle	13,219	13,304	12,824	11,140	10,716	11,664	12,440	12,306
Summe Ochsenquellen . . .	8,653	8,481	7,629	6,224	6,183	6,811	7,398	7,717
Hinterhofquelle	8,177	8,287	7,590	6,744	6,732	7,024	7,372	7,409
Schwanenquelle	7,359	6,513	14,394	26,032	25,427	20,695	15,033	14,806
Wälderhut	6,541	6,513	5,980	5,279	5,340	5,456	5,858	5,833
Verenahofquelle	4,634	4,989	4,227	3,305	3,487	4,453	4,870	4,743
St. Verenaquelle	4,579	4,573	4,161	3,705	3,814	3,750	3,989	4,038
Paradiesquelle	3,816	3,742	3,350	2,761	2,724	3,161	3,462	3,384
Straßenquelle	3,434	3,326	3,141	2,724	2,664	2,835	2,962	3,205
Kesselstaadhofquelle . . .	2,998	3,035	2,813	2,422	2,470	2,546	2,764	2,743
Carolaquelle	2,180	2,217	2,093	1,877	1,864	1,881	2,014	1,987
Kesselquelle Bären	1,091	1,025	0,890	0,763	0,835	0,865	0,948	0,910
Neue Ochsenquelle	1,049	1,109	0,798	0,497	0,533	0,552	0,658	0,846
Kesselquelle Ochsen	0,354	0,388	0,340	0,242	0,242	0,263	0,316	0,282
Kleine Quelle Staadhof . .	0,136	0,139	0,131	0,131	0,131	0,131	0,132	0,128
Adlerquelle	0,095	0,083	0,013	0,109	0,109	0,113	0,125	0,090
Summe aller Quellen in Baden	79,300	80,100	72,769	62,829	63,857	67,641	72,402	72,798
in Ennetbaden	20,700	19,900	27,231	37,171	36,143	32,359	27,598	27,202
Absenkung der Schwanen- quelle in m	0,0	0,0	-6,25	-16,0	-14,3	-6,25	0,0	0,0

Die Absenkung der Schwanenquelle hat am 17. Jan. begonnen, am 7. Febr. den größten Stand erreicht und hörte im März wieder auf.

II. Untersuchungen durch Absenken der Paradies- und Verenhofquelle in Baden im Winter 1937.

Auf Ersuchen des Herrn X. Markwalder zum «Verenhof» und «Ochsen» gestattete der Regierungsrat Pumpversuche an den beiden Quellen, die von Mitte März bis Ende April 1937 durchgeführt worden sind.

Es wurden die Verenhofquelle, die Paradiesquelle einzeln und dann beide gleichzeitig stufenweise bis auf 4 und 5,4 m abgesenkt. Gleichzeitig wurden zahlreiche Ergußmessungen an den benachbarten und an allen Quellen ausgeführt, von denen die wichtigsten in der folgenden Tabelle zusammengestellt sind. Die Ergußzahlen sind Minutenliter.

Tabelle 1. Absenkung einer Quelle.

	Datum der Messung						
	13. I.	20. I.	27. I.	6. II.	13. III.	3. IV.	10. IV.
Absenkung der Verenhofquelle cm	0	124	242	404	—	—	—
Paradiesquelle cm	—	—	—	—	232	309	543
Barometer mm	735	726	715	720	718	727	718
Temperatur der Luft	—4	1	0	8	2	7	4
Pegel der Limmat m	5,8	6,05	5,80	6,0	5,95	5,9	5,9
Allgemeine Quelle	101,7	102,0	103,3	101,7	103,2	106,4	106,8
Adler	0,5	0,6	0,55	0,65	0,55	0,65	0,7
Schwanen	109	108,1	108,15	106,2	105,25	105,31	106,5
Heiße Stein	157,3	158,5	162,35	156,25	161,95	168,05	167,7
Limmatquelle	150,5	149,2	151,2	148,00	149,80	155,2	157,4
St. Verenaquelle	34,2	28,6	28,05	22,00	33,25	33,6	31,7
Staadhof-Kessel	22,6	22,55	22,95	22,30	22,90	23,6	23,75
„ Kleine Quelle	1,0	1,0	1,3	1,2	1,1	1,3	1,3
Wälderhut	48,9	45,1	42,45	40,05	50,00	50,8	50,25
Ochsen-Paradiesquelle	26,5	8,7	0,02	0,00	108,00	124,3	148,9
„ Straßeng. gep.	25,1	24,2	23,2	22,1	21,5	21,7	21,25
„ Kesselquelle	2,85	2,75	3,0	2,75	3,0	3,35	3,25
„ Neue Quelle	8,0	7,9	8,9	7,9	10,45	12,0	12,15
Hinterhofquelle	60,8	61,5	62,4	60,4	61,95	64,05	63,75
Bären-Kesselquelle	6,6	0,2	0,0	0,0	7,7	6,10	3,2
„ Karolaquelle	15,85	15,6	15,2	10,9	15,7	15,4	15,0
Verenhofquelle	52,2	112,40	136,8	181,20	32,3	25,7	0,00
Total	823,4	848,90	869,82	883,6	888,6	917,51	923,45

Tabelle 2. **Kombinierte Absenkung.**

	Datum der Messung							
	3. III.	30. III.	25. III.	20. III.	17. III.	27. II.	20. II.	15. II.
Absenkung der Verenaquelle cm	—	25	49,5	75	154	152	241	404
Paradiesquelle cm	—	238	238	230	237	149	241	400
Barometer mm	719	728	726	718	727	721	724	734
Temperatur d. Luft	2	3	2	6	3	10	8	4
Pegel m	6,1	6,1	6,10	5,9	5,90	6,3	6,1	6,0
Allgemeine Quelle	103,4	105,0	104,9	103,4	103,2	103,3	100,2	99,6
Adler	0,6	0,6	0,55	0,6	0,55	0,7	0,7	0,5
Schwanen	105,25	104,95	103,38	104,65	104,9	104,65	104,05	103,45
HeiBer Stein	159,55	160,6	161,15	162,8	159	156,4	153,25	156,4
Limmatquelle	148,4	150,8	150,5	152	147,6	148,5	142,8	141,5
St. Verena	35,6	31,25	30,15	29,15	25,65	26,7	22,2	15,3
Staadhof, Kessel	22,7	23,0	22,8	22,95	22,55	22,3	21,9	21,2
„ Kl. Quelle	1,2	1,2	1,15	1,2	1,15	1,2	1,10	1,00
Wälderhut	51,5	49,27	48,15	48,10	43,9	44,4	39,9	33,4
Ochsen, Paradies	41,8	100,35	101,1	96	87,4	63	75,0	95,05
„ Straßenquelle gep.	21,2	21,4	21,45	21,65	21,55	21,1	20,8	21,8
„ Kessel	3,00	3,0	2,95	2,95	2,85	2,8	2,6	2,35
„ Neue Q.	9,80	10,95	10,56	10,65	9,70	9,10	7,7	6,0
Hinterhof	61,35	63,0	61,95	61,95	61,8	60,8	60,6	59
Bären, Kessel	13,95	3,45	1,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
„ Karola	16,1	15,2	15,2	15,3	12,9	14,3	11,65	6,3
Verenaquelle	74,35	51,85	61,4	79,8	111,50	123,8	140,65	162,8
Total	869,75	895,36	898,74	913,15	916,20	903,05	905,10	915,65

Diese systematischen Pumpversuche mit Absenkung von einer oder zwei Quellen haben viele interessante Ergebnisse gebracht, von denen nur die wichtigsten hier erwähnt seien.

In der *Tabelle 1* sind die Ergüsse zusammengestellt, die beim Absenken nur einer Quelle, zuerst der Verenaquelle, dann der Paradiesquelle festgestellt wurden. Die erste Kolonne stellt den Stand der unveränderten Quellen zu Beginn der Pumpversuche dar, die weiteren 6 Kolonnen zeigen die Ergüsse, wenn eine Quelle immer weiter abgepumpt wird.

Verenahof- und Paradiesquelle stehen miteinander in einem sehr engen Zusammenhang; ein Absenken der einen reduziert sofort den Erguß der andern. Die beiden Quellen zeigen sich aber in ihrem Verhalten zu den andern Quellen sehr verschieden; jede ist wieder ein besonderer Typ für sich. Wird die Paradiesquelle abgesenkt, so steigert sie ihren Erguß sofort erheblich und bei 5,4 m Absenkung sogar von 26,5 auf 148,9 L/M.; der Totalerguß aller Quellen steigt von 823,4 auf 923,45 L/M. Dadurch wird die Verenahofquelle sofort beeinflusst, verliert bald ihren Erguß und die Kesselquelle im «Bären» sinkt auf die Hälfte ihres Ergusses; alle andern Quellen aber werden gar nicht oder kaum merklich beeinflusst.

Ganz anders verhält sich die Verenahofquelle; sie steigert bei einer Absenkung von 404 cm ihren Erguß von 52,2 auf 181,2 L/M. Ihre Absenkung wirkt aber nicht nur auf die Paradies-, sondern sofort auch auf die Kesselquelle im Bären, die St. Verenaquelle und den Wälderhut ein. Die Verenahofquelle steht also mit denen der Umgebung in einem viel engeren Zusammenhange, als das bei der Paradiesquelle der Fall ist. Letztere steht nur mit der Verenahofquelle in einem nahen Zusammenhang, sonst aber mit keiner andern; sie ist besonders geeignet, um der Hotelgruppe Ochsen-Verenahof vermehrtes Thermalwasser zuzuführen.

In der *Tabelle 2* sind die Beobachtungen zusammengestellt, die sich ergaben bei gleichzeitiger stufenweiser Absenkung der beiden Versuchsquellen. Die erste Kolonne zeigt wieder den normalen Ausfluß der Quellen bei unverändertem Auslauf; die sieben andern Kolonnen zeigen die Ergüsse bei Absenkungen. Es zeigt sich auch hier wieder, daß die Absenkung der Verenahofquelle sofort die benachbarten wie die Kesselquelle im Bären, die St. Verenaquelle und den Wälderhut beeinflussen. Bei der extremsten Absenkung vom 15. II. werden sogar alle andern Quellen mehr oder weniger beeinflusst; dennoch bleibt der Gesamterguß hinter demjenigen vom 10. IV. zurück, wo die Paradiesquelle allein 5,43 m abgesenkt war. Ein gleichzeitiges Absenken zweier benachbarten Quellen erweist sich als weniger günstig als dasjenige einer möglichst selbständigen Quelle, wie sie die Paradiesquelle darstellt.

Die eingehenden Versuche bestätigen wieder, daß jede Einzelquelle einerseits ein Individuum und andererseits ein Bestandteil der ganzen Thermalgruppe ist. Die hydrostatischen Zusammenhänge sind deutlich vorhanden, sind aber komplizierter Art, wie es in einem Gebiet zu erwarten ist, das im Untergrund durch geologische Vorgänge, Aufschiebung des Lägerngewölbes, aber auch an der Oberfläche durch Grabungen und Bohrungen gestört ist.

Es wäre zu wünschen, daß bald weitere derartige Pumpversuche ausgeführt würden.

Bei allen, auch den geringsten Absenkungen, hat der Totalerguß aller Quellen immer erheblich zugenommen; es wurde dabei Wasser gewonnen, das ohne Absenkung verloren geht. Der Mehrerguß war bei der Absenkung der Verena- und Paradiesquelle verhältnismäßig größer als bei der Absenkung der Schwanenquelle. Die beiden Quellen, besonders die Verenaquelle, liegen im Zentrum der westlichen Quellgruppe, während die Schwanenquelle am östlichen Rande liegt. Vermutlich könnten an der Stelle der Verenaquelle durch Abteufen der Fassung sehr viel Wasser gewonnen und sogar einige andere Quellen zum Versiegen gebracht werden. Dieser Ort wäre für die Anlage von neuen zentralen Fassungen sehr günstig gelegen.

Aus diesen und allen früheren Versuchen an den Thermen von Baden geht hervor, daß beim heutigen System der gestauten Quellen Verluste entstehen, die weit über 100 L/M. betragen und durch Absenken einiger Quellen sehr wohl behoben werden könnten. Es darf aber andererseits nicht erwartet werden, daß der Mehrerguß beliebig proportional mit der Absenkung einzelner Quellen wachse, sondern sich auf wenige hundert Minutenliter beschränken wird; bei zu starkem Abpumpen müßte eine Wildwasserbeimischung eintreten.

III. Chemische Untersuchungen.

Bei der chemischen Kontrolle zahlreicher Wasserproben, die während der Pumpversuche an der Verena- und Paradiesquelle in allen Quellen erhoben wurden, zeigten sich immer wieder erhebliche Differenzen im Gehalt an Trockenrückstand, Alkalinität, Chlor und in der Leitfähigkeit.

Bei den Kontrollmessungen vom 3. März 1937, wobei alle Quellen, ausgenommen die Straßenquelle, auf ihrem normalen Niveau ausflossen, wurden Proben erhoben und im chemischen Laboratorium der Kantonsschule untersucht.

Die Ergebnisse der Wassermessungen und chemischen Untersuchungen lauten:

Quelle	Erguß in L/M.	Temp. Cels.	Trocken- rückstand gr. 1 L.	Chlor gr i. L.	Alka- linität cc 1/10 HC 1/100	Elektr. Leit- fähig- keit
Allgemeine Quelle	103,4	47,3	4,331	1,07	8,2	19
Adler	0,65	40,3	4,000	0,66	6,7	16,2
Schwanen	105,25	47,2	4,121	0,93	7,8	17,8
Heißer Stein	159,55	47,3	4,210	0,98	7,9	19,9
Limmatquelle	148,40	47,4	4,175	0,97	7,7	18,1
St. Verenaquelle	35,6	47,1	4,212	1,03	7,8	18,9
Staadhof, Kesselquelle .	22,7	46,5	4,139	0,99	7,5	18,1
„ Kleine Quelle .	1,2	38,3	4,378	1,05	8,3	19,0
Wälderhut	51,5	48,2	4,269	1,11	8,1	19,2
Paradiesquelle, Ochsen .	41,8	47,1	4,319	1,07	8,0	19,2
Straßenquelle, „ .	21,2	47,1	4,174	1,04	8,0	19,0
Kesselquelle, „ .	3,00	46,3	4,122	1,04	8,0	19,1
Neue Quelle, „ .	9,80	46,9	4,122	1,04	8,0	19,0
Hinterhofquelle	61,35	47,6	4,329	1,09	8,2	19,2
Bären, Kesselquelle . .	13,93	47,1	4,171	1,07	8,0	18,9
„ Karolaquelle	16,10	46,9	4,162	1,07	8,0	18,9
Verenahofquelle	74,35	47,3	4,303	1,07	8,0	19,2
Total	869,75					

Aus diesen Untersuchungen geht hervor, daß alle 17 Quellen einen sehr ähnlichen Gesamtcharakter haben, aber doch nicht ganz gleiches Wasser liefern. Die nördlichsten Quellen, die aus den geologisch tiefsten Schichten des Muschelkalksüdschenkels aufsteigen, sind etwas gehaltreicher als die andern, so die allgemeine Quelle in Ennetbaden, die Staadhof- und Hinterhofquellen, der Wälderhut, die Paradies- und Verenahofquelle.

Während der anhaltenden Pumpversuche an der Verenahof- und Paradiesquelle konnte nie ein Rückgang des chemischen Gehaltes im Thermalwasser festgestellt werden, wie das

seinerzeit beim starken Abpumpen der Schwanenquelle der Fall war, wo 4, 5 und sogar 9 % Wildwasser eingedrungen waren.

IV. Von der Herkunft des Wassers.

Die Tatsache, daß alle 18 Quellen eine ähnliche, aber nicht gleiche chemische Zusammensetzung und die großen unter ihnen annähernd die gleiche Temperatur von 46—48° aufweisen, daß mit der Absenkung einer Quelle alle andern mehr oder weniger beeinflußt werden, sprechen für die Annahme, daß alles Thermalwasser einen gemeinsamen Ursprung im durchlässigen Muschelkalk besitzt und aus der Tiefe aufsteigt und sich erst höher oben büschelartig in einzelne Teilquellen verteilt, die dann mühsam einen Ausgang an die Erdoberfläche, teils mit, teils ohne Hilfe des Menschen durch die schwer durchlässigen Keuper-schichten suchen.

Aus der Feststellung, daß die horizontale Entfernung in der gegenseitigen Beeinflussung der Quellen keine Rolle spielt, wie auch die Messungen an der Schwanenquelle bewiesen haben, und daß die Einzelquellen chemische Differenzen aufweisen, darf der Schluß gezogen werden, daß die Wasserzerstreuung in Teilquellen doch in beträchtlicher Tiefe unter dem Boden von Baden eintreten wird.

Der Gesamterguß oder die Schüttung der Therme von Baden ist außerordentlich konstant, wie selten bei einer Quelle oder Mineralquelle. Nach den bisherigen langjährigen Messungen schwankt der Erguß mit 10—12monatlicher Verspätung nach den Niederschlägen. Nach der Ansicht der Herren Ing. *H. Peter* und *J. Cadisch* besteht aber auch eine Abhängigkeit vom Stande der Limmat. Ein Anstieg der Limmat um 1,81 m erhöhte den Erguß um 17,2 L/M. und ein Sinken des Flusses um 0,72 m reduzierte ihn um 17,7 L/M.

Bei den vielen Wassermessungen im Winter 1937 trat jedesmal bei niederem Barometerstand ein erhöhter Gesamterguß auf; es ist sehr wahrscheinlich, daß der Luftdruck einen Einfluß auf den Quellerguß ausübt. Diese Abhängigkeit ist zu erwarten, weil das Thermalwasser wegen des reichlichen Gasgehaltes der Kompression und Entspannung ausgesetzt ist. Bei

einem raschen Sinken des Barometers dehnen sich die Gasblasen des Wassers aus; das Wasser wird leichter und steigt höher; der Erguß muß entsprechend zunehmen. Die Zeichnung von J. Cadisch (Seite 227 d. Mit. a. d. G. d. Lebensmittelunters. u. Hygiene 1936) kann auch in diesem Sinne gedeutet werden. Es wäre wünschenswert, bei rasch folgenden extremen Barometerständen Ergußmessungen zu machen, wenn die Quellen künstlich nicht beeinflußt werden.

Im Laufe der Zeit hat die Therme von Baden den Triaschichten des Untergrundes beträchtliche Substanzenmassen entnommen und an die Oberfläche geführt. Die Therme liefert bei einem Erguß von 800 L/M. täglich 1 152 000 Liter Wasser mit 5700 kg gelösten Stoffen oder im Jahr 420 480 m³ Wasser, in dem 2080 Tonnen Stoffe gelöst sind. Das Steinvolumen dieser Stoffe beträgt annähernd 1000 m³. Die gelösten Stoffe bestehen zur Hauptsache aus Steinsalz und Gips, nämlich aus 840 Tonnen Salz und 930 Tonnen Gips.

Seit der Römerzeit haben die Thermen in den 2000 Jahren dem Untergrund von Baden und Umgebung zirka 2 Millionen m³ Gesteinsmaterial entnommen und hätten entsprechende Hohlräume erzeugt, wenn nicht die Erdschwere ein langsames Nachsinken der überlagernden Bodenschichten bedingt hätte. Nun bestehen aber die Thermen von Baden zum mindesten seit der letzten Eiszeit, also seit zirka 100 000 Jahren; also hätten die vom Thermalwasser ausgelaugten Räume ohne Nachsinken der Erdoberfläche ein ungeheuerliches Ausmaß angenommen.

Die Therme von Baden befördert neben der großen Menge Wasser und Mineralstoffen jeden Tag 46 Millionen kg Kalorien Wärme an die Erdoberfläche. Zur künstlichen Erzeugung dieser Wärme würde es täglich 50 000 kg Holz oder 25 000 kg Kohlen bei einem Nutzeffekt der Feuerung von 25 % oder an elektrischer Energie 53 500 Kilowattstunden benötigen. Es müßte also ein größtes Kraftwerk, wie dasjenige von Laufenburg, seine gesamte Energie täglich eine Stunde zur Verfügung stellen, um die Wärme der Badener Thermen zu liefern. Auch die thermische Leistung der Badener Heilquellen ist sehr groß.

Über die Herkunft des Badener Thermalwassers geben auch diese neuen Untersuchungen keine Anhaltspunkte. Es bleiben immer noch die früheren Hypothesen unbewiesen und unwiderlegt. Nach *Albert Heim* würde das Wasser im autochthonen Triasmantel des Aarmassivs versickern, unter dem schweizerischen Mittelland hindurchfließen und in den zwei nächsten, durch Faltung gehobenen und durch Erosion entblößten Stellen des Kettenjuras mit Mineralstoffen beladen wieder ausfließen. Die neueren Anschauungen über den Bau der Alpen machen die alpine Herkunft des Wassers unwahrscheinlich. Nach *Fr. Mühlberg* sickert das Wasser im Jura-gebirge ein und wird durch den Bau des Juragebirges gezwungen, in große Tiefe einzudringen und dann wieder aufzusteigen. Die Sedimentdicke bis zum Muschelkalk ist aber bei Baden kaum 1000 m mächtig und es ist bei einer geothermischen Tiefenstufe von 30—33 m kaum verständlich, wie das Wasser in so geringer Tiefe die hohe Temperatur von über 47° annehmen könnte. Aus der im Jahre 1914 künstlich für wenige Wochen erschlossenen Therme von Zurzach, die aus 416 m Tiefe 300 L/M. 38,2° warmes Mineralwasser aus dem Bohrloch stieß, kann geschlossen werden, daß die geothermische Tiefenstufe in jener Gegend nur 13—14 m beträgt, daß also im Untergrund jener Gegend ein Überschuß an Erdwärme liegt.

Ein solcher Wärmevorrat könnte nur *vulkanischen Ursprungs* und vermutlich auf einen Erguß zurückzuführen sein, der während der Jura- und Alpenfaltung emporgestiegen wäre, die Sedimenthülle aber nicht durchstoßen hätte, wie das beim Ausbruch der benachbarten Hegauvulkane der Fall war. Dieses vulkanische Lager im östlichen Aargauerjura würde heute noch die darüberliegenden Erdschichten erwärmen und die Thermalität der Thermen von Baden, Zurzach und Schinznach erklären. Die chemischen Eigenschaften und Besonderheiten dieser drei Thermen erklären sich zwanglos aus den stratigraphischen und tektonischen Verhältnissen der drei Quellorte. Die Thermen von Baden und Schinznach enthalten die aufgelösten und chemisch umgesetzten Mineralien der Triasformation und diejenige von Zurzach solche des kristalli-

nen Grundgebirges und des Rotliegenden. Es sei aber ausdrücklich betont, daß gar keine Anhaltspunkte vorliegen für das Aufsteigen von vulkanischem, juvenilem Wasser oder auch nur Spuren anderer vulkanischer Produkte. Das Wasser der Thermen ist zweifellos Hydrometeorwasser. Es wäre also nur vulkanische Erdwärme, die die Thermen zutage fördert, wenn diese dritte Hypothese über die Entstehung der Thermen richtig sein sollte.

V. Vorschläge für Verbesserungen an den Quellen.

Wenn auch die Schwanenquelle jetzt für lange Zeiten gesichert ist und andere defekte Quellen auf ähnliche Weise durch Schachtbauten und Verfestigung und Dichtung des umliegenden schlechten Gesteines durch Chemikalien und Zement richtig gefaßt werden können, so sind die heute für die Thermen geltenden Grundsätze und die bestehenden Verhältnisse nicht befriedigend. Die nach dem aus dem Jahre 1869 stammenden regierungsrätlichen Dekret verlangte Stauung der 18 Quellen auf eine bestimmte Höhe entspricht den heutigen quelltechnischen und balneologischen Anschauungen nicht mehr. Das Stauen der Quellen stammt aus einer Zeit, wo man noch keine elektrisch angetriebenen Wasserpumpen hatte und die Heilfaktoren Sonne und Licht nicht so schätzte wie heute. Damals hätte man Wasserpumpen nur mit Wasserrädern oder Dampfmaschinen antreiben können, beides umständliche und für Badehotels unmögliche Einrichtungen. Also suchte man einerseits die Quellen möglichst hoch zu stauen und andererseits die Badehotels möglichst weit hinabzusetzen und verzichtete in einzelnen Häusern auf Sonne, Luft und Aussicht. Die erste Maßnahme aber schadet der Quelle; diese vermindert ihren Erguß, zerfrißt immer wieder die Fassung und Stauleitung. Den altbewährten Grundsatz jeder Quellfassung, daß man dem Wasser nachgrabe, bis es nicht mehr aufwärts fließe, hat man bei den Mineralquellen vielfach nicht angewendet; bei den Thermen von Baden hat man im Gegenteil die Quellen noch gestaut, einzelne sogar viele Meter.

Daß bei der Stauung der Quellen Wasserverluste entstehen, konnte bei allen Fassungsarbeiten der neueren Zeit im-

mer wieder beobachtet werden, indem beim Aufheben der Stauung und Abpumpen einzelner Quellen nicht nur deren Erguß, sondern der Gesamtertrag aller Quellen angestiegen war. Anlässlich des anhaltenden Abpumpens bei den Neufassungen der Limmat- und Schwanenquelle haben diese den Erguß um über 300 L/M. gesteigert, während die Abnahme der andern Quellen kaum $\frac{1}{5}$ dieses Betrages erreichte. Es konnte also durch anhaltende starke Absenkung nur einer Quelle der Totalerguß aller Quellen um 200—250 L/M. gesteigert werden. Während beim Stauen Ergußverluste eintreten, die Qualität des Wassers aber nicht leidet, so kann beim zu starken Abpumpen Wildwasser angezogen und dem Mineralwasser beigemischt, dessen Qualität also herabgesetzt werden. Bei der Absenkung der Schwanenquelle auf 20 m im Winter 1921 betrug die Wildwasserbeimischung 8,5 % und bei einer solchen um 16 m im Winter 1936 noch 4,5 %.

Es besteht also ein Gleichgewichtszustand zwischen dem Andrang von Thermal- und Wildwasser der Umgebung. Ein Stauen des Mineralwassers schützt vor Verdünnung, bringt aber leicht Ergußverluste; ein zu starkes Abpumpen steigert den Erguß, kann ihn auch übersteigern und bringt dann Wildwasserbeimischung. Starkes Stauen kann andere im Zusammenhang stehende Quellen im Erguß vermehren und zu starkes Absenken schwächen. Es sollte daher für jede Quelle durch Pumpversuche ermittelt werden, wie weit man ihr Ausflusniveau absenken kann, ohne die Wasserqualität zu schwächen und die andern Quellen zu beeinträchtigen. Für einzelne Quellen wird die notwendige Absenkung nur wenige Meter betragen, weil die tieferen auch nur wenige Meter über dem Limmatspiegel liegen, der die Grundwasserausflüsse zu beiden Seiten des Flusses reguliert.

Es sei verwiesen auf das Gutachten, das die Professoren *Arnold Escher* von der Linth und *Carl Culmann* im Jahre 1858 an den aarg. Regierungsrat erstattet haben. Sie machen schon damals auf die schlimmen Folgen der Quellenstauung aufmerksam und bringen das Absenken des Ausflusses einzelner Quellen in Vorschlag; sie berechnen sogar die Kosten einer vierpferdigen Dampfmaschine, um das Wasser der Limmat-

und der Engelquelle, der heutigen Schwanenquelle, künstlich zu heben, also ihr Niveau künstlich abzusenken, um dadurch das in der Limmat austretende Thermalwasser zu gewinnen. Sie empfehlen dann Vornahme von Ergußmessungen bei abgesenkten Wasserspiegeln, die Anlage von Wasserpegeln und geben der Überzeugung Ausdruck, daß bei Beseitigung aller unnötigen Quellenstauungen mehr Wasser gewonnen würde, als durch die Fassungen der Limmatquellen gewonnen werden könnte. Seit der Erstattung jenes Gutachtens sind bald 80 Jahre verflossen; die Quellen sind aber immer noch gestaut, obwohl wir im Zeitalter der Elektrizität mit geringen Kosten für Anlage und Betrieb einer Pumpe die Quellen beliebig absenken und ihr Wasser in beliebig angelegte Reservoirs heben könnten.

Die Förderung des Thermalwassers durch Pumpen bringt neben dem größeren Quellertrag noch weitere Vorteile. Sie schützt das Wasser vor chemischen Verlusten durch Entgasung und gestattet vor allem jede bauliche Entwicklung für Bäder und Hotelzimmer. Jetzt sind viele Baderäume tief unten in feuchten, dumpfen Kellerräumen und entbehren der Besonnung und guten Belüftung. Auch in vielen Hotelzimmern werden Sonne und Aussicht vermißt, zwei Faktoren, die für einen Kurserfolg nicht nebensächlich sind. Die künstliche Förderung des Thermalwassers mit elektrischen Pumpen befreit die Baumöglichkeiten von mittelalterlichen Fesseln und gibt freie Bahn für die Schaffung neuer, sonniger, schöner Räume für Kurgäste.

Die Tatsache, daß die zirka 800 L/M. Thermalwasser (im Minimum seit 100 Jahren 640, im Maximum 865), das in erster Linie zum Baden benützt wird, aus 18 verschiedenen Quellen ausfließt, die aber alle beinahe das gleiche Wasser führen und die in wenigen indirekt zusammenhängenden Adern aufsteigen, entspricht wohl der geschichtlichen Entwicklung der Bäder, nicht aber den heutigen Möglichkeiten der rationellen und hygienisch einwandfreien Benützung der Quellen. Von den 18 Quellen haben einzelne 100 bis 150 L/M., andere aber nur wenige oder nur einen Bruchteil eines Minutenliters. Die Quellen hatten am 16. Juli 1936 bei der letzten Messung vor der Nieder-

schrift dieses Berichtes total 791,4 Minutenliter. Diese verteilen sich auf die einzelnen Quellen wie folgt. (Die Namen der Quellen sind mit Rücksicht auf die Besitzer der kleinen nicht genannt.) 149,1 (zwei Quellen, großer und kleiner heißer Stein), 144,9 - 116,5 - 99,3 - 57,6 - 46,5 - 39,0 - 32,2 - 27,1 - 23,0 - 22,0 - 15,5 - 8,9 - 6,5 - 2,0 - 1,0 - 0,8 M/L.

Es hat keinen Sinn, eine so große Zahl von Quellen und immer wieder reparaturbedürftigen Quellfassungen zu unterhalten, wenn man in einer kleineren Zahl von Quellen mehr Wasser besser gewinnen könnte. Für Fassungsarbeiten und Prozesse wegen Wasserabgrabung und Verdächtigungen wurden seit einem Jahrhundert große Summen ausgelegt. Einzelne Quellen sind heute in gutem Zustand, andere aber in einem bedenklichen und in baufälligen Räumen; sie machen auf den Besucher einen schlechten Eindruck. Die kleinen Quellen sollten alle verschwinden; die großen soweit abgesenkt werden, daß alles bis anhin benützte und bis jetzt verlorene Wasser dort ausgebeutet werden kann. Die neuen Fassungen sollten jederzeit für Kurgäste zugänglich sein, so daß diese das interessante Spiel der gasreichen Quellen beobachten können, wie das jetzt bei der Schwanenquelle der Fall ist. Das Wasser sollte aber durch Glasabschlüsse gegen jede Verunreinigung geschützt sein.

Die Verteilung des Wassers in offenen Teilstöcken mit Luftzutritt und die Wegleitung des Wassers in Kanälen und das Magazinieren in Behältern mit Luftzutritt ist vom chemischen Gesichtspunkte aus zu beanstanden. Mit jeder, auch nur einer ganz kurzen Luftmischung, verliert das Wasser sofort durch Oxydation seinen Schwefelwasserstoff, diesen zuerst wahrnehmbaren, charakteristischen und wichtigen Bestandteil. Es scheiden die massenhaft vorkommenden Schwefelbakterien große Klumpen von schwefelreichen Pilzmassen aus, die immer wieder entfernt werden müssen, weil sie Kanäle und Leitungen verstopfen würden. Diese Pilzwucherungen sollten nicht vorkommen und sind in den luftfreien Quellschächten auch nie vorhanden. Mit der offenen Verteilung und Leitung des Thermalwassers geht aber nicht nur der Schwefelwasser-

stoff verloren, sondern auch andere Quellgase und mit ihnen ein Teil der an die Gase gebundenen Radioaktivität.

Benützte Quellen.

- Cadisch J. Zur Geologie der Schweizer Mineral- und Thermalquellen. Verh. Natf. Ges. Basel 42, 1930/31, 1932.
- Cadisch J. Geologie der Schweizer Mineral- und Heilquellen. Mit. a. d. G. d. Lebensmitteluntersuchung und Hygiene, Bd. Vol. XXVII Heft 4/5. 1936.
- Gutachten von Prof. Arnold Escher und Prof. Culmann an den Regierungsrat des Kts. Aargau 1858.
- Die Auffindung der Schwanenquelle, Thermal-Bad Schwanen, Ennetbaden.
- Hartmann Ad. Die Mineral- und Heilquellen des Kantons Aargau. Heft 17 der Mitt. der A. N. G., 1925.
- Hartmann Ad. Die Entstehung der Mineralquellen von Schuls-Tarasp, Vierteljahresschrift der Naturf. Ges. Zürich 1927.
- Hartmann Ad. Neue Untersuchungen an der Therme von Schinznach. Mitt. d. A. N. G. Heft 19, 1932.
- Weber J., Dr. med. Der Kurort Baden, seine Heilquellen und seine Umgebung. Kurverwaltung Baden 1930.
- Akten der Baudirektion des Kantons Aargau.
- Akten der Bauverwaltung der Stadt Baden und besondere Zusammenstellung der Quellmessungen des Herrn Bauverwalter Keller, Baden.
-