Zeitschrift: Mitteilungen der aargauischen Naturforschenden Gesellschaft
Herausgeber: Aargauische Naturforschende Gesellschaft
Band: 21 (1943)

Artikel: Natur und Herkunft der Therme von Baden
Autor: Hartmann, A.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-172218

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: 04.07.2025

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

Natur und Herkunft der Therme von Baden

Von Dr. A. HARTMANN, Aarau

Erdbeben, Vulkane und heisse Quellen sind die auffallendsten erdgeschichtlichen Erscheinungen, die den Menschen immer wieder in ihren Bann ziehen und ihm beweisen, dass in der Erde noch verborgene Spannungen und Kräfte schlummern. Erdbeben und Vulkane erschrecken die Bewohner, können in wenigen Augenblicken furchtbare Naturkatastrophen auslösen und viele Tausende von Menschen vernichten. Die heissen Quellen aber sind harmlose Erscheinungen, die der Mensch stets als gütige Naturgeschenke aufgefasst hat, die ihm Heil und Segen bringen. Die Therme von Baden steht mit diesen Naturereignissen in einem Zusammenhang, wenn auch Erdbeben und vulkanische Erscheinungen weit zurückliegen und heute nur die Struktur der Berge und die Wärme vulkanischer Vorgänge als Folgen einstiger gewaltiger Naturgeschehen zu betrachten sind. Die Therme von Baden ist eine Folge der Gebirgsbildung, die in einer Zeit häufiger, starker Erdbeben stattgefunden hat, und der nachherigen, teilweisen Abtragung der Berge. Sie ist nach neuester Annahme aber auch die Folge einer früheren vulkanischen Tätigkeit. Die heissen Quellen von Baden sind eine äusserst interessante Naturerscheinung, die weite Kreise immer wieder beschäftigen wird, auch solche, die nicht Heilung in der Badekur suchen. Die frühere Forschung hat viele Rätsel über die Quellen gelöst. Diese Arbeit soll die Herkunft des Wassers abklären und die chemischen Kenntnisse erweitern.

Die Therme von Baden ist die bekannteste, am besten untersuchte und interessanteste Heilquelle der Schweiz. Es steht ausser Zweifel, dass sie seit vielen Jahrhunderttausenden im Limmattal ausfliesst und seit altersher vom Menschen beachtet und benützt wird. Die geschichtlichen Ueberlieferungen über die Heilquelle gehen 2000 Jahre zurück. Seit über 100 Jahren bestehen Ergussmessungen, seit der Erfindung chemischer Untersuchungsmethoden auch chemische Analysen, die bis in die neueste Zeit hinein vervollkommnet wurden. Der Zustand der heutigen Fassungen und die Badeeinrichtungen entsprechen den Anschauungen und Möglichkeiten des letzten Jahrhunderts. Wesentliche Verbesserungen sind aber im Bereiche der

Möglichkeit und sollen hier genannt und angeregt werden. Diese Arbeit verzichtet raumeshalber auf eine Darstellung der geschichtlichen Entwicklung der Kenntnisse über die Therme sowie die medizinische Wirkung des Wassers und beschränkt sich auf die physikalischen, chemischen und geologischen Tatsachen und Theorien.

Austrittsverhältnisse der Quellen

Baden besitzt heute 18 gefasste Thermalquellen, von denen drei auf der rechten Seite der Limmat in Ennetbaden, und 15 auf der linken Seite in Baden aus dem Boden treten. Die Quellen fliessen auf einem Raume von 180 m Länge in der Westostrichtung und 50 m Breite in der Nordsüdrichtung aus dem Boden. Ausser diesen 18 gefassten Quellen können noch kleine Wasseradern in die Limmat oder in die Umgebung derselben fliessen; doch ist anzunehmen, dass die so verloren gehenden Wassermengen nicht sehr gross sind. (Abb. 1).

Wie aus Tabelle 1 ersichtlich ist, sind die Ausflusshöhen und Schachttiefen der 18 Quellen sehr verschieden. Die Verenahofquelle hat den höchsten Auslauf, die Adlerquelle einen 4,948 m und die kleine Quelle im Staadhof einen 5,628 m tieferen Auslauf. Die Fassungstiefen weisen noch grössere Unterschiede auf. Die Fassung der Schwanenquelle liegt 23,745 m tiefer als der Auslauf der Verenahofquelle. Diese grossen Unterschiede in den Auslaufhöhen und Fassungstiefen sind eine Folge der Unregelmässigkeiten im geologischen Bau des Quellgebietes.

Auslaufhöhen und Fassungstiefen sind erstmals durch ein Verbal vom 2. August 1858 für alle Quellen festgesetzt worden. Am 12. Januar 1869 erliess der Grosse Rat an Stelle des früheren Dekretes ein neues Dekret betreffend «Sicherung der bestehenden Heilquellen und das Graben von solchen in Baden und Ennetbaden». Dieses Verbal ist seinerzeit von allen Quellenbesitzern als richtig anerkannt worden. Seither haben sich Aenderungen an den Fassungen und Auslaufhöhen als notwendig erwiesen; sie wurden jeweils vom Regierungsrat bewilligt, haben aber nur provisorische Gültigkeit. Die Rechtsverhältnisse der Thermen von Baden sind daher revisionsbedürftig.

Bis vor wenigen Jahrzehnten standen den Quellenbesitzern keine technischen Hilfsmittel zur Hebung des Themalwassers zur Verfügung. Es blieb ihnen nichts anderes übrig, als einerseits die wenig über der Limmat ausfliessenden Quellen durch

Tab. 1. Ausflusshöhen, Fassungstiefen, Schacht- oder Bohrlochtiefen, Ergüsse und Temperaturen der Thermalquellen zu Baden. (Abb. 2)

Quelle	Wasserspiegel (Auslaufhöhe)	Fassungstiefe	Schacht- od. Bohrlochtiefe	Erguss am 15. IX. 1942	Temperatur am 15. X. 1942
	Höhe ü. M. in m	Höhe ü. M. in m	in m	in ml (Minutenliter)	in Cels.
Ennetbaden					
1. Allgemeine	351.222	341.75	9.472	106.70	47.3
2. Adler	350.967	331.62	9.347	0.55	40.1
3. Schwanen	352.018	332.17	19.848	59.10*)	46.8
Baden					
4. Grosser heisser Stein	354.180	350.38	3.800	163.70	47.3
5. Kleiner heisser Stein	354.313	350.66	3.653		
6. Limmat	352.863	343.86	9.003	147.60	47.4
7. St. Verena	354.177	351.72	2.457	34.05	47.1
8. Staadhof, Kessel	353.756	345.86	7.896	23.25	46.7
9. Staadhof, kleine	350.287	342.79	7.497	1.25	39.0
10. Wälderhut	354.470	350.27	4.200	49.35	48.0
11. Ochsen Paradies	355.758	347.56	8.198	35.30	46.7
12. Ochsen Kessel	355.527	351.98	3.547	16.65	47.0
13. Ochsen Strassen	356.144	352.60	3.544	2.95	46.4
14. Ochsen Neue	355.468	353.21	2.258	8.10	46.8
15. Hinterhof	352.934	350.20	2.734	61.00	47.5
16. Bären Kessel	354.247	343.50	10.747	6.50	46.4
17. Bären Carola	352.626	352.62	0.000	12.95	46.4
18. Verenahof	355.915	346.82	9.095	52.25	46.8
				781.25	

*) Wegen einer Störung im Zufluss zur Fassung war der Erguss am 15. September 1942 reduziert; er beträgt sonst normalerweise über 100 ml.

einen künstlich aufgebauten Quellschacht, Quellenstock genannt, zu stauen, bis das Wasser in die Bäder floss, und anderseits die Bäder möglichst tief zu legen. Heute sind noch alle Fassungen nach diesem Grundsatze gebaut. Die Quellenkunde lehrt aber, dass das Stauen einer Quelle für deren Fassung und Erguß nachteilig ist und dass man einer Quelle nachgraben sollte, bis das Wasser nicht mehr von unten aufsteigt. Bei Thermalquellen ist das nicht möglich. Alle Quellen sind mehr oder weniger gestaut und daher der Gefahr ausgesetzt, dass die Fassungen undicht werden und Wasserverluste entstehen. Diese

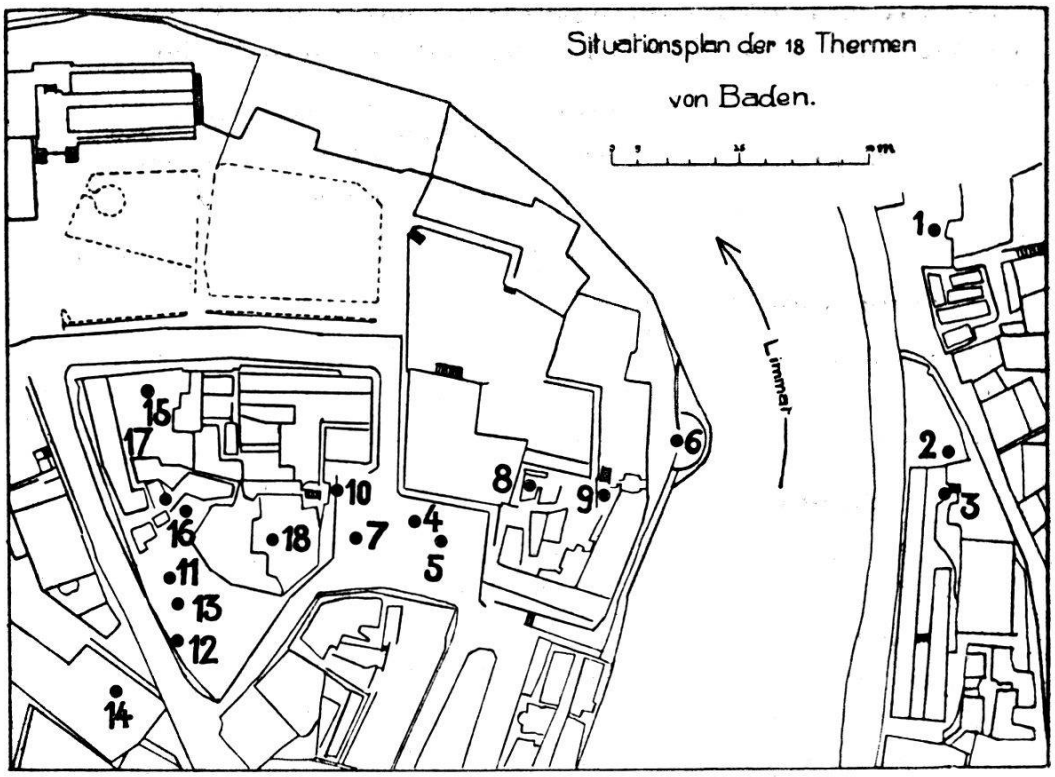

Abb. 1. Legende der Quellen siehe Abb. 2.

Gefahr ist vor allem gross, weil die Gesteinsbeschaffenheit des Quellengrundes ungünstig ist. Die meisten Quellen treten aus der Keuperformation aus. Diese besteht vorwiegend aus kalk-, dolomit-, sand- und gipsreichen Mergeln. Das Aufsetzen der Quellstöcke auf diesen schlechten Untergrund ist mit grossen Schwierigkeiten verbunden und bietet nie volle Sicherheit. Zudem erweist sich das heisse Mineralwasser gegenüber den meisten Baumaterialien als aggressiv. Infolge dieser Verhältnisse stehen die Thermenbesitzer von Baden in ständigem Kampfe mit dem widernatürlichen Aufstau der Quellen. Bei einer Reparatur oder Erneuerung der Fassung muss das Wasser künstlich abgesenkt werden. Dabei zeigen sich immer gegenseitige Abhängigkeiten der einzelnen Quellen, die aber nie genauer studiert wurden. Bei den höher gelegenen Quellen kann die Absenkung durch tiefere Hilfsausläufe geschehen; bei den tiefer gelegenen ist sie nur durch künstliches Abpumpen möglich. Es sollte deshalb angestrebt werden, die Stauung der Quellen nach Möglichkeit zu reduzieren, was aber nur verwirklicht werden kann, wenn die gegenseitigen Beziehungen und Abhängigkeiten der Quellen geklärt sind. Diese Ansichten sind nicht neu. Sie wurden schon früher geäussert und durch prak-

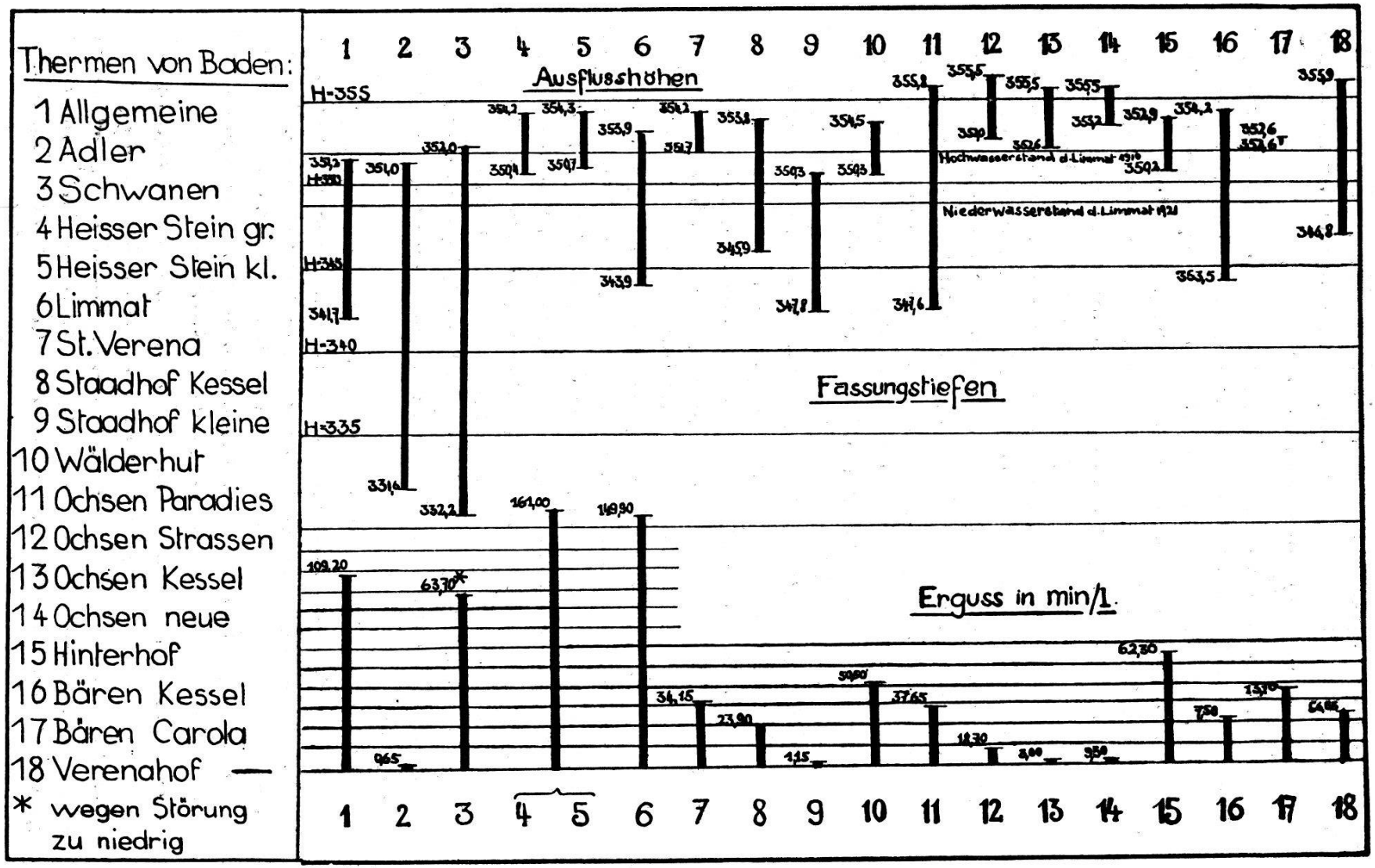
Thermen von Baden:
1 Allgemeine
2 Adler
3 Schwanen
4 Heisser Stein gr.
5 Heisser Stein kl.
6 Limmat
7 St. Verena
8 Staadhof Kessel
9 Staadhof kleine
10 Wälderhut
11 Ochsen Paradies
12 Ochsen Strassen
13 Ochsen Kessel
14 Ochsen neue
15 Hinterhof
16 Bären Kessel
17 Bären Carola
18 Verenahof
* wegen Störung zu niedrig
Ausflusshöhen
H-355
H-350
H-345
H-340
H-335
Hochwasserstand d. Limmat 1916
Niederwasserstand d. Limmat 1921
Fassungstiefen
Erguss in min/l.

Abb. 2

tische Erfahrungen belegt, so im Jahre 1858 in Gutachten der Professoren Escher und Cullmann vom Polytechnikum in Zürich und später von andern Fachleuten.

In den letzten 40 Jahren wurden die Fassungen einiger Quellen repariert und erneuert. Bei diesen Arbeiten mussten die Quellen während mehrerer Monate abgesenkt werden. Das bewirkte einen starken Anstieg des Ergusses der gesenkten Quelle auf Kosten der andern. Leider wurden bei früheren Absenkungen zu wenig Messungen gemacht, um die genauen Beziehungen zwischen den Quellen zu ermitteln. Erst in der letzten Zeit, bei der Neufassung der Schwanenquelle im Winter 1920/21 und bei den Dichtungsversuchen an derselben Quelle in den Jahren 1936/37, wurden viele Messungen gemacht. In den Jahren 1937/39, dann wieder 1940/41 wurden an der Verenahof-, Paradies- und Schwanenquelle systematische Absenkungsversuche durchgeführt und dabei alle notwendigen Beobachtungen über Aenderung bei den andern Quellen gemacht. Dabei hat sich ergeben, dass die starke Absenkung einer der drei Quellen alle andern mehr oder weniger beeinflusst, wobei sich aber bei der Wiederaufstauung der frühere Zustand wieder einstellt. Bei den Versuchen hat sich ferner gezeigt, dass die 18 Quellen eine zusammenhängende Quellgruppe sind. Jede Einzelquelle ist einerseits ein Individuum für sich, aber anderseits ein Bestandteil der ganzen Gruppe. Hydrostatische Zusammenhänge sind deutlich vorhanden, aber von komplizierter Art, wie es in einem Gebiet zu erwarten ist, das im Untergrund durch geologische Vorgänge wie Aufschiebung des Lägerngewölbes, aber auch an der Oberfläche durch Limmaterosion, ferner durch Grabungen und Bohrungen gestört worden ist. Die 18 Quellen sind geologisch, hydrologisch, chemisch und rechtlich als eine einheitliche Thermalgruppe zu betrachten.

Es hat sich auch gezeigt, dass für eine gegenseitige Beeinflussung nicht die horizontalen Distanzen, sondern vielmehr die von West nach Ost verlaufende Streichrichtung der Untergrundschichten massgebend ist. Die Versuche haben gelehrt, dass der Pegelstand der Limmat oder der Barometerstand keinen wesentlichen Einfluss ausüben.

Der Quellerguss ist abhängig von den atmosphärischen Niederschlägen. Erhöhte oder verminderte Niederschläge machen sich erst nach vielen Monaten abgeschwächt bemerkbar. Frühere Beobachtungen führten zur Annahme, die Ergußschwankungen würden erst 1 bis 2 Jahre hinter denen

der Niederschläge folgen. Neuere Messungen sprechen für eine 8—10-monatige Verspätung, was aber noch nicht bestimmt festgestellt ist, weil man erst seit wenigen Jahren regelmässig monatliche Messungen macht und weil vermutlich auch die Art der Niederschläge, ob sie verteilt oder gehäuft sind, einen Einfluss hat. Aus dem Vergleich der Quellergüsse mit den Niederschlägen der Gegend von Baden oder denen im Alpengebiet ergeben sich keine Anhaltspunkte über die Herkunft des Quellwassers. Es steht aber unzweifelhaft fest, dass das Wasser nicht aus dem Erdinnern stammt, also nicht juveniles Wasser ist, sondern von Niederschlägen herrührt und deshalb vadoses Wasser ist.

Die Mengen des Gesamtergusses aller Quellen schwanken nach ungefähr seit 100 Jahren erfolgten Messungen zwischen 700 bis 950 ml. Es hat den Anschein, dass der Quellerguss in den letzten Jahrzehnten eher zugenommen hat; das ist wohl eine Folge der Verbesserung der Fassungen. Die Ergußschwankungen sind ausserordentlich gering und die Therme von Baden muss als eine der konstantesten Quellen des Landes betrachtet werden.

Die chemische Natur des Thermalwassers

Bis ins 18. Jahrhundert war die chemische Wissenschaft noch nicht in der Lage, ein Quellwasser zu analysieren und die einzelnen Bestandteile objektiv zu ermitteln. Der Zürcher Naturforscher *Scheuchzer* hat 1730 die ersten Angaben über die chemische Natur des Wassers gemacht. Weitere Analysen stammen von *Morell* 1786, *Bauhoff* 1816, *Löwig* 1835 und *Müller* in Bern 1870. Die genaueste und auch heute kaum zu überbietende Analyse stammt vom Zürcher Altmeister der Analyse, Prof. Dr. *F. P. Treadwell* aus dem Jahre 1896. Die Zahlen seiner Analyse in neuester Darstellung sind aus Tabelle 2 ersichtlich.

In der ersten Spalte der Analyse sind die im Thermalwasser vorhandenen Mineralbestandteile angeführt, zuerst die elektrisch positiv geladenen Metalle, dann die negativ geladenen Säurereste und schliesslich die Nichtelektrolyte. Die Zahlen bedeuten Milligramm im Liter Wasser. Unter den Metallen herrschen Natrium und Calcium und unter den Säureresten Chlor-, Sulfat- und Karbonatrest vor. Die zweite Spalte enthält die Milligrammäquivalente, mit denen jedes Ion im Liter vorhanden ist. Diese Zahlen werden erhalten, wenn man die Gehaltszahlen der ersten Spalte durch die Atom- oder Radikalgewichte dividiert. Die Zahlen der zweiten Spalte geben so ein Bild über das Verhältnis der im Wasser vorhandenen Atome und Atomgruppen und dienen besonders dem Kurarzt, um die Wirkung des Wassers beurteilen zu können. Die Zahlen

Tab. 2.

Thermalquelle von Baden, 388 m. ü. M. an der Limmat, Kt. Aargau
Mineralbestandteile und Gase

	I. S. M. mg/l	N/1000	N/1000 %
A. Mineralbestandteile			
Ammonium . . . $NH_4^{\cdot}$	Spur		
Lithium . . . . . $Li^{\cdot}$	4,31	0,621	0,9
Natrium . . . . . $Na^{\cdot}$	797,6	34,68	48,6
Kalium . . . . . $K^{\cdot}$	68,0	1,74	2,4
Caesium . . . . . $Cs^{\cdot}$	Spur, sp.		
Rubidium . . . . $Rb^{\cdot}$	Spur, sp.		
Calcium . . . . . $Ca^{\cdot\cdot}$	517,4	25,82	36,2
Strontium . . . . $Sr^{\cdot\cdot}$	6,19	0,14	0,2
Magnesium . . . $Mg^{\cdot\cdot}$	101,2	4,32	11,6
Eisen, Mangan, Aluminium	Spuren		
Summe der Kationen	1494,7	71,3	
Chlorid . . . . . Cl'	1200,9	33,86	47,4
Bromid . . . . . Br'	2,459	0,031	
Iodid . . . . . I'	0,015	0,0001	
Fluorid . . . . . F'	0,08	0,004	
Nitrat . . . . . NO_3'	Spur		
Sulfat . . . . . SO_4''	1418,6	29,53	41,4
Hydrophosphat . . HPO_4''	0,13	0,0027	
Hydroarsenat . . $HAsO_4''$	0,027	0,0004	
Hydrocarbonat . . HCO_3'	481,1	7,887	11,1
Summe der Anionen	3103,3	71,3	
Borsäure . . . . HBO_2	1,80		
Kieselsäure . . . H_2SiO_3	66,4		
Total	4666,2	142,6	

Gesucht und nicht gefunden: $Ba^{\cdot\cdot}$, HS'.

B. Gase. Alle 18 Thermalquellen stossen ständig Gase aus, die in kleinen und grossen Blasen aufsteigen. Die freien Gase bestehen aus 30,80 % Kohlenoxyd, 69,15 % Stickstoff und 0,052 % Schwefelwasserstoff. Die gelösten Gase bestehen aus 356,2 mgr oder 188 cm^3 Kohlendioxyd, 144,9 cm^3 Stickstoff und einer Spur Schwefelwasserstoff.

der dritten Spalte geben das prozentuale Verhältnis der wichtigsten Ionen an und gestatten die Charakterisierung des Wassers und einen Vergleich mit andern Mineralwassern.

Früher wurden die Mineralquellenanalysen meistens in Salzform dargestellt. Wenn auch die gelösten Stoffe durch Auslaugung von Salzen in den vom Wasser durchflossenen Sedimenten entstanden sind und beim Verdampfen des Wassers wieder Salze entstehen, so sind im Mineralwasser doch keine Salze, sondern deren elektrisch geladenen Spaltungsprodukte, die Ionen, vorhanden. Die Analyendarstellung in Salzform ist daher willkürlich, der Natur nicht entsprechend und wird deshalb nicht mehr verwendet.

Die wichtigsten Bestandteile des Thermalwassers von Baden stammen aus den gips- und steinsalzführenden Schichten der mittleren Triasformation und sind Produkte der Auslaugung und der chemischen Umsetzung.

Durch die folgenden einfachen Versuche kann man zeigen, dass sich das Thermalwasser ganz wesentlich von einem gewöhnlichen Trinkwasser unterscheidet. Man giesse in vier Gläser gewöhnliches Wasser und in vier andere Thermalwasser und führe die folgenden Reaktionen aus:

1. *Nachweis von Calcium*. Man versetze je ein Glas mit einigen Tropfen einer ca. 5prozentigen Sodalösung. Gewöhnliches Wasser gibt nur eine sehr schwache, Thermalwasser eine starke weisse Trübung von Calciumkarbonat.

$$\underset{\text{Gips}}{CaSO_4} + \underset{\text{Soda}}{Na_2CO_3} = \underset{\text{Calciumkarbonat}}{\underline{CaCO_3}} + \underset{\text{Natriumsulfat}}{Na_2SO_4}$$

2. *Nachweis von Chlor:* Man versetzt zwei Gläser mit einigen Tropfen einer 1-prozentigen Silbernitratlösung, der man etwas Salpetersäure beigefügt hat. Eine weisse, käsige Fällung von Silberchlorid beim Thermalwasser zeigt das reichlich vorhandene Chlor an; beim gewöhnlichen Wasser entsteht eine kaum erkennbare Trübung.

$$\underset{\text{Natriumchlorid}}{NaCl} + \underset{\text{Silbernitrat}}{AgNO_3} = \underset{\text{Silberchlorid}}{\underline{AgCl}} + \underset{\text{Natriumnitrat}}{NaNO_3}$$

3. *Nachweis des Schwefelsäurerestes:* Man verstetzt die zwei Proben mit einigen Tropfen einer 5-prozentigen Baryumchloridlösung, der man wenig Salzsäure beigefügt hat. Eine weisse Fällung beim Thermalwasser zeigt das Sulfat an.

$$\underset{\text{Gips}}{CaSO_4} + \underset{\text{Baryumchlorid}}{BaCl_2} = \underset{\text{Baryumsulfat}}{\underline{BaSO_4}} + \underset{\text{Calciumchlorid}}{CaCl_2}$$

4. *Nachweis des gelösten Schwefelwasserstoffes:* Entgegen den früheren Angaben, wonach dieser auffallendste Bestandteil des Badener Thermalwassers chemisch nicht nachweisbar sei, lässt er sich leicht nachweisen und sogar mit einfachen Mitteln quantitativ bestimmen. Versetzt man eine sehr verdünnte Jodlösung (für quanitative Bestimmungen eine Eintausendstelnormallösung) mit Stärkelösung, so entsteht eine intensive Blauviolettfärbung, die mit Thermalwasser verschwindet, während sie mit

gewöhnlichem Wasser nicht reagiert. Mit dieser Reaktion kann man Schwefelwasserstoff in kleinsten Mengen nachweisen und bestimmen.

$$\underset{\text{Schwefelwasserstoff}}{H_2S} + \underset{\text{Jod}}{J_2} = \underset{\text{Jodwasserstoff}}{2\,HJ} + \underset{\text{Schwefel}}{S}$$

Mit dieser Reaktion kann man festellen, dass der Schwefelwassergehalt beim Berühren mit Luft zurückgeht. Lässt man das Wasser in einem Badwasserreservoir oder in einer Badwanne stehen, zersetzt sich der Schwefelwasserstoff rasch durch Oxydation:

$$\underset{\text{Schwefelwasserstoff}}{2\,H_2S} + \underset{\text{Luftsauerstoff}}{O_2} = \underset{\text{Wasser}}{2\,H_2O} + \underset{\text{Schwefel}}{S_2}$$

Falls dem Schwefelwasserstoff die hauptsächlichste heilende Wirkung zukommt, sind die jetzigen Quellfassungen, Quelleitungen, Thermalwasserreservoire und Methoden der Wasserkühlung durch Stehenlassen des Badwassers in den Kabinen unrichtig. Bei allen diesen Einrichtungen und Prozessen wird Schwefelwasserstoff rasch zerstört. Es sollte das Thermalwasser ohne jede Luftmischung der Fassung entnommen, unter dem Druck der eigenen Quellgase magaziniert und nur in geschlossenen Leitungen gekühlt und zur Badekabine geleitet werden.

Vergleiche des Gehaltes der einzelnen Quellen

Früher war man der Auffassung, dass das Wasser aller 18 Quellen vollkommen gleich sei und sich nur in der Temperatur unterscheide, weil bei den einzelnen Quellen in der Nähe der Bodenoberfläche eine Abkühlung eintrete. Der Verfasser hat durch Untersuchungen festgestellt, dass die Quellgase in allen Quellen ungefähr die gleiche Zusammensetzung haben, dass aber in den Gehaltszahlen der gelösten Stoffe doch merkliche Differenzen vorkommen, die aber für die therapeutische Verwendung des Wassers kaum Bedeutung haben, aber beweisen, dass nicht alle Quellen aus einer einzigen aus der Tiefe stammenden Ader kommen können. Die Quellen stammen aus den gleichen Formationen, entstehen nach dem gleichen Bildungsprinzip, treten aber nicht als geschlossene Wasserader in die Nähe der Bodenoberfläche.

Die am 15. Oktober 1942 erhobenen 18 Wasserproben ergaben bei der Titration des Schwefelwasserstoffes an Ort und Stelle und bei der chemischen Untersuchung im chemischen Laboratorium der Kantonsschule Aarau folgenden Befund:

Tab. 3

Quellen	Trockenrückstand bei 105°	Alkalinität $^1/_{10}$n-HCl für 100 cm³ Wasser	Chlor gr. i. Lt.	Schwefelwasserstoff	Elektr. Leitfähigkeit
	gr. i. Lit.			cm³ $^1/_{1000}$ n-Jod f. 1 Lt.	Vergleichszahlen
Ennetbaden					
1. Allgemeine	4,570	8,28	1,15	112	14,9
2. Adler	4,131	6,88	0,61	53	12,0
3. Schwanen	4,644	8,18	1,05	122	14,2
Baden					
4. Grosser heisser Stein	4,627	8,26	1,10	47	14,8
5. Kleiner heisser Stein	4,598	8,42	1,122	104	14,8
6. Limmat	4,530	8,20	1,098	110	14,4
7. St. Verena	4,505	8,20	1,145	96	14,8
8. Kessel im Staadhof	4,660	8,14	1,11	80	14,3
9. Staadhof, kleine	4,518	8,32	1,09	19	14,2
10. Wälderhut	4,595	8,32	1,17	85	14,8
11. Paradies im Ochsen	4,490	8,08	1,153	116	14,4
12. Kessel im Ochsen	4,462	8,36	1,13	90	14,1
13. Strassen im Ochsen	4,448	8,36	1,10	109	14,1
14. Neue im Ochsen	4,656	8,20	1,138	102	14,0
15. Hinterhof	4,750	8,60	1,11	37	15,0
16. Kessel im Bären	4,482	8,20	1,17	54	14,2
17. Carola im Bären	4,384	8,28	1,12	54	14,0
18. Verenahof	4,433	8,30	1,15	120	14,1

Weitaus die grössten Unterschiede zwischen den einzelnen Quellen zeigen sich im Gehalt an Schwefelwasserstoff, weil diese Substanz grosse Empfindlichkeit gegenüber Luft aufweist und vom Sauerstoff zerstört wird. Die Menge des Schwefelwasserstoffes betrug in den an diesem Stoff reichsten Quellen im Schwanen und im Verenahof 1,37 cm³ Gas oder 2,07 Milligramm im Liter Thermalwasser. Es ist anzunehmen, dass die Quellen mit hohem Schwefelwasserstoffgehalt direkt in geschlossenen Adern aufsteigen und keine Luftberührung erleiden, während die Quellen mit niederem Gehalt durch Luftberührung Schwefelwasserstoff verlieren. Der Frage der Erhaltung des Schwefelwasserstoffes wird in Zukunft grösste Beachtung geschenkt werden müssen.

Förderung von Mineralstoffen und Wärme

Die Thermen von Baden bringen bei einem mittleren Erguss von 800 ml jeden Tag 1 152 000 Liter warmes Wasser und bei einem Gehalt von 4,6 gr Salzen im Liter eine gelöste

Mineralstoffmasse von 5500 kg an die Bodenoberfläche. Es müssen durch Auslaugung im Boden täglich Hohlräume von über 2000 Litern Inhalt entstehen. Seit 2000 Jahren haben die Thermen dem Untergrund über 2 000 000 Kubikmeter Gestein entnommen und der Limmat übergeben. Es ist aber nicht zu befürchten, dass im Untergrund von Baden, besonders unter der Lägern, solche Riesenhohlräume entstanden seien, dass sie eines Tages unter Erdbeben einstürzen könnten, denn die Schwere der über der mittleren Trias liegenden Erdschichten hat ein langsames Nachsinken zur Folge gehabt, sodass keine Katastrophen zu erwarten sind.

Die Thermen von Baden fördern neben der grossen Menge von Wasser und Mineralstoffen täglich noch 46 Millionen Kilogrammkalorien Wärme an die Bodenoberfläche. Zur künstlichen Erzeugung dieser Wärme müsste man täglich 50 000 kg Holz oder 25 000 kg Kohlen verbrennen, wenn der Heizwert 3500 bezw. 7000 Kalorien und der Nutzeffekt der Feuerung 25 % betragen würde. Wollte man die durch das Thermalwasser emporgebrachte Wärme elektrisch erzeugen, müsste man täglich während einer Stunde die Energie des Kraftwerkes Laufenburg mit 53 000 Kilowatt aufwenden. Die thermische Leistung der Badener Therme ist gewaltig gross. Es ist selbstverständlich, dass in einer kommenden Zeit der Brennmaterialknappheit diese Wasserwärme nicht unbenützt bleiben darf, wie das bis jetzt der Fall war. Es wurden bisher nur die Baderäume erwärmt; es könnten aber auch die Hotels und andere benachbarte Häuser geheizt werden. Im Hotel Verenahof dient die Wasserwärme seit einem Jahr zur Heizung des Hauses.

Zur Geologie der Thermen (Abb. 4)

Die Thermen von Baden treten in 18 Einzelquellen dort aus dem Boden, wo die Limmat den Triaskern der Lägernantiklinale oder Lägernfalte anschneidet. Die Gesteine der Triasschichten sind zwar nirgends direkt an der Bodenoberfläche sichtbar; es wurden aber bei Quellfassungen Gesteine des Keupers und des Muschelkalkes angetroffen. Ueber den Bau der Muschelkalkfalte hat man keine sichern Kenntnisse. Aus Vergleichen mit den andern Muschelkalkantiklinalen des östlichen Juragebirges kann mit Wahrscheinlichkeit geschlossen werden, dass der Südschenkel des Muschelkalkes ein flaches Gewölbe bildet, das aber über den tiefer liegenden Nordschenkel überschoben ist. Es steht ausser Zweifel, dass das Thermalwasser durch den Muschelkalk aufsteigt, denn er ist

infolge von Schichtfugen und tektonischen Brüchen für Wasser am besten durchlässig. Der Muschelkalk ist überlagert vom obern oder Trigonodusdolomit, der ein teils sandiges, teils brekziöses, dolomitisches Gestein darstellt und für Wasser ebenfalls durchlässig ist. Ueber diesem Dolomit liegt ein mergelreiches Keupergestein, das kein Wasser durchsickern lässt. Dieser Keuper verhindert ein Fliessen des Thermalwassers nach oben. Wo der Keuper auf natürliche und künstliche Weise durchlöchert ist, treten die Quellen aus. Dieser Keuper bildet einen so dichten Abschluss nach oben, dass die Quellen einige Meter über den Limmatspiegel hinaus gestaut werden können. Die jetzigen Quellfassungen liegen, soweit man über ihre geologische Unterlage unterrichtet ist, im untern Keuper oder im Trigonodusdolomit. Solche Fassungen sind wegen der geringen Widerstandsfähigkeit des Gesteins stets der Auflockerung durch das Thermalwasser ausgesetzt und müssen von Zeit zu Zeit erneuert werden. Es wäre für die Entwicklung des Kurortes Baden sehr wünschenswert, wenn die zahlreichen kleinen und unsichern Fassungen durch wenige, tief in den Muschelkalk verlegte Fassungen ersetzt werden könnten. Das Wasser müsste dann mit Pumpen gehoben, in isolierten Reservoirs magaziniert und durch luftdicht geschlossene Leitungen nach den Bädern geführt werden. Eine solche Neuerung hätte den grossen Vorteil, dass mehr Thermalwasser gewonnen würde und dass dieses in seinem ursprünglichen Zustande erhalten, nicht durch Lufteinwirkung des Schwefelwasserstoffes beraubt und durch die offenen Leitungen verunreinigt werden könnte. Ein Erfassen des Wassers mit elektrisch angetriebenen Pumpen bietet ferner die Möglichkeit, das Wasser in sonnige, helle Räume in den obern Stockwerken der Badhotels zu leiten.

Theorien über die Herkunft des Wassers

Von ganz besonderem Interesse sind die Fragen nach der Herkunft des Wassers und der Entstehung der Temperatur von 47 bis 48 Grad. Mit diesen Fragen haben sich schon viele Naturforscher beschäftigt, ganz besonders die früheren Geologen Prof. *Albert Heim* in Zürich und Prof. *Friedrich Mühlberg* in Aarau.

Mühlberg hat angenommen, dass das Wasser beiderseits der Limmat entlang der aufgerissenen Lägernfalte in den Boden sickere und dann in Baden wieder aufsteige. Eine nähere Erklärung, wie er sich die Erwärmung des Wassers auf 48 Grad vorstelle, hat er nicht gegeben. *A. Heim* hat sich gegen diese Auffassung gewendet mit der Begründung, dass die hohe Temperatur durch die Annahme Mühlbergs nicht erklärt werden könne. Das Thermalwasser müsste aus einer Tiefe von ca. 1500 m aufsteigen, um 48 Grad warm auszufliessen. Wenn das Wasser in die Bruchfläche des Lägern-

gewölbes einsickere, so sei kein zwingender Grund dafür vorhanden, dass es tief in die Erde dringe und dann wieder aufsteige. Das Wasser müsste seitwärts in das Limmattal fliessen, wo der Fluss östlich und westlich von Baden die Ueberschiebungsspalte angeschnitten hat. Ausserdem wäre es ganz ausgeschlossen, dass im östlichen Juragebirge ein Oberflächenwasser in so grosse Tiefen einsickere, weil die Sedimente nicht bis in diese Tiefe hinuntergehen.

Heim hat dann die Hypothese aufgestellt, das Thermalwasser von Baden und Schinznach komme aus den Alpen. Es sickere in der Triasformation des hintern Glarnerlandes und des Maderanertales ein, fliesse in einer Tiefe von etwa 1500 m, den Triasschichten folgend, unter dem schweizerischen Mittellande hindurch, steige gegen das Juragebirge hin wieder aufwärts und fliesse dort aus, wo die Flüsse Limmat und Aare die Triasschichten angeschnitten haben. Durch diese Hypothese wäre die hohe Temperatur der Thermen erklärt. Der Verfasser dieser Arbeit hatte sich früher auch dieser Auffassung angeschlossen, muss sie aber heute nach eingehenden Studien ablehnen. Gegen diese Annahme sprechen gewichtige Gründe. In der nördlichen Alpenzone liegen gewaltige Bergmassen von aufgeschobenem Tertiär und helvetischen Decken über den tertiären Schichten, die das Mittelland mit den tertiären Schichten des Schächentales und mittleren Glarnerlandes verbinden.[1]) Die gewaltige Belastung durch die überschobenen Gebirgsmassen hätte das Entstehen von Wasserwegen in der Unterlage unmöglich gemacht und sogar schon vorhandene Wasserwege durch Gebirgsdruck wieder geschlossen. Eine alpine Herkunft des Thermalwassers scheint nach unseren heutigen Kenntnissen über den Bau der zentralschweizerischen Nordalpen ganz ausgeschlossen.

Wir müssen also nach einer neuen Erklärung für die Herkunft des Thermalwassers und die Erwärmung auf 48° suchen. Wir knüpfen wieder an bei den Ansichten *Mühlbergs*, müssen aber seine Annahme abändern, vertiefen und durch eine weitere Hypothese über die Herkunft der Thermalwasserwärme ergänzen.

Vergleiche mit andern Quellen des Juragebirges

Eine so auffallende Quellgruppe wie die Therme von Baden kann nicht die einzige derartige Naturerscheinung sein, sondern muss im Juragebirge wenigstens noch verwandte Bildungen haben. Die geologischen Verhältnisse von Baden wiederholen sich an andern Falten des östlichen Juragebirges. Es sollten deshalb dort analoge Quellen auftreten. Ist das der Fall? Die Thermen von Baden treten aus der letzten Klus der nach Osten untertauchenden Lägernfalte heraus. Wir haben im östlichen Jura noch fünf weitere ähnlich untertauchende Falten. Alle weisen Klusen auf, die bis in die Triasschichten aufgeschnitten sind. In diesen Klusen treten Muschelkalkquellen auf, die mit der Therme von Baden die folgenden Haupteigenschaften gemeinsam haben:

---

[1]) Siehe Abb. 9.

a) Grosse Quellen von einigen Hundert Minutenlitern. (Ausgenommen Lostorf).
b) Gipsführendes, event. sogar noch salzführendes Wasser.
c) Ausserordentliche Konstanz in der Wasserführung im Gegensatz zu allen andern Juraquellen.
d) Erhöhte und absolut konstante Temperatur.

Die sechs untertauchenden Jurafalten mit den Quellen in den letzten östlichen Klusen sind von Osten nach Westen:

1. Die Lägernfalte mit der Therme von Baden,
2. Die Linnberg-Habsburgfalte mit der Therme von Schinznach,
3. Die Kalmbergfalte bei Schinznach mit der Warmbachquelle (Abb. 5),
4. Die vom Densbürer Strichen absinkende Asperfalte mit der Asperquelle (Abb. 6),
5. Die vom Benkerjoch absinkende Hofrainfalte mit der Fischbachquelle (Abb. 7),
6. Die Dottenbergfalte mit der Schwefelkochsalzquelle von Lostorf.

Die Falten 1 bis 3 zeigen ein starkes Abfallen und eine Abweichung in der Streichrichtung gegen Südosten, wie aus der Zeichnung (Abb. 3) und den drei Bildern (Abb. 5—7) ersichtlich ist.

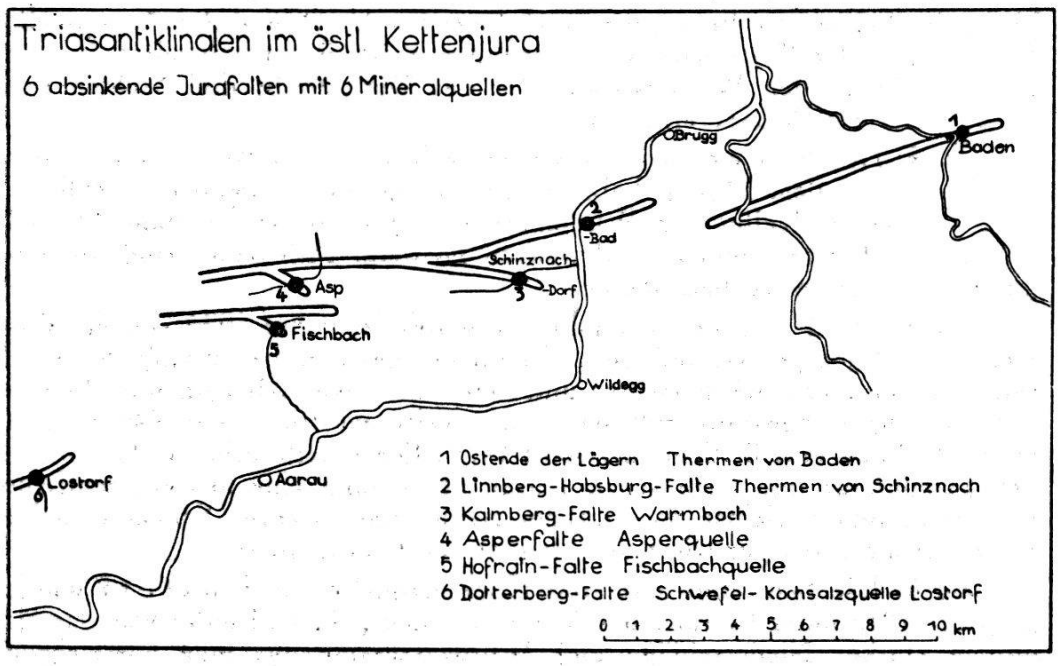

Abb. 3

Die sechs Quellen sind durch folgende Zahlen charakterisiert:

	Erguss in ml	Temperatur	Trockenrückstand
		in Cels.	gr im Lt.
1. Therme von Baden	700—950	48	4,666
2. Therme von Schinznach . . .	ca. 700	34,3	2,971
3. Warmbach Schinznach . . .	ca. 1200-1600	12,8	0,623
4. Asperquelle	ca. 400—500	11,8	0,614
5. Fischbachquelle	ca. 700—990	13/15	0,610
6. Mineralquelle von Lostorf . .	7	16,2	4,844

Zu 1: Die Therme von Baden ist oben eingehend beschrieben.

Zu 2: Die Therme von Schinznach ist in einem 8 m tiefen Schacht auf dem Muschelkalk gefasst, steht aber in Verbindung mit dem Grundwasser des Aaretales. Nach chemischen Bestimmungsmethoden und Berechnungen beträgt der Erguss ca. 700 ml. Eine direkte Messung ist nicht möglich, weil bei der Stauung bis zum Ueberlauf Thermalwasser in das Grundwasser übertritt und beim künstlichen Absenken des Wasserspiegels Grundwasser von unten in den Schacht eindringt, so dass der Erguss bis über 2000 ml ansteigt, aber unter Abnahme des Gehaltes und der Temperatur.

Zu 3: Der Warmbach-Schinznach ist die grösste Quelle des östlichen Juragebirges. Ueber seinen Erguss hat man keine sicheren Messungen, weil nicht alles Wasser geschlossen austritt und ein Teil wieder versickert und zur Speisung von Dorfbrunnen abgeleitet wird. Die Anwohner merken nichts von Ergussschwankungen. Die Temperatur ist absolut konstant; im Winter dämpft das Wasser, und in der Nähe des Quellbaches bleibt der Schnee nie liegen, was auch beim Fischbach und der Asperquelle der Fall ist. Der Warmbach wurde schon von den Römern benützt, bildete zu allen Zeiten den Wasserspender für das Dorf, treibt drei Mühlen und speist heute die Wasserversorgung.

Zu 4: Die Asperquellen fliessen in mehreren Adern von Norden und Süden aus dem Muschelkalk heraus und liefern zusammen ca. 400 ml. Eine Quelle im Keller der Wirtschaft zum Jura weist konstant 180 ml auf. Nach übereinstimmenden Aussagen mehrerer Anwohner sind nie Ergussschwankungen zu beobachten.

Zu 5: Die Fischbachquelle wurde im Jahre 1934 von der Gemeinde Küttigen gefasst und speist die Gemeindewasserversorgung. Sie wird seit 8 Jahren monatlich gemessen und liefert aus zwei nebeneinander liegenden Fassungen konstant 800 ml; eine zweite westliche mit 440 l zeigt stets 13,2° und eine östliche mit 360 l 14,8°. Die Quelle zeigt im Erguss, in der Temperatur und chemischen Zusammensetzung eine ausserordentliche Gleichmässigkeit. Selbst bei starkem Regen oder starker Schneeschmelze fliesst sie nie eine Spur trübe und steigert den Erguss nicht.

Zu 6: Die Schwefelwasserstoff-Kochsalzquelle von Lostorf wurde im Jahre 1912 unter Leitung des Verfassers neu gefasst. Leider war damals infolge starker Niederschläge und Wildwasserandrangs eine ausreichend tiefe Fassung nicht möglich. Die Quelle steigerte aber im Laufe der Jahre den Gehalt und lieferte im Jahre 1939 sehr hohe Gehaltszahlen (90 cm^3

Schwefelwasserstoff im Liter und 4,844 gr Trockensubstanz). Sie ist chemisch wie eine Kombination der Quellen von Baden und Schinznach und enthält etwa dreimal soviel Schwefelwasserstoff wie Schinznach und noch mehr Salz als Baden. Sie ist jetzt die schwefelwasserstoffreichste Quelle Europas. Die Triasformation ist in der Nähe der Quelle nicht sichtbar, weil durch einen grossen Bergrutsch des Bann-Falkensteins die erodierte Antiklinale überdeckt ist. Die Mineralquelle findet mühsam ihren Weg durch Mergel der braunen Juraformation und hat daher nur einen kleinen Erguss.

Die auffallendsten Eigenschaften dieser sechs Quellen sind die aussergewöhnlich geringen Schwankungen des Ergusses und die Konstanz der Temperaturen. Damit stehen sie im schroffsten Gegensatz zu den andern Quellen des Ketten- und Tafeljuragebirges, die besonders im Erguss ganz aussergewöhnliche Schwankungen aufweisen[2]). Einzig die sechs Muschelkalkquellen in den östlichen Klusen der untertauchenden Jurafalten zeigen allergeringste Ergußschwankungen, konstante Temperaturen und auch eine konstante chemische Zusammensetzung. Das gibt uns Fingerzeige für eine gleichartige Entstehung dieser Quellen, für die Herkunft ihres Wassers und somit auch für die Herkunft des Thermalwassers von Baden.

Von besonderem Interesse sind die Tatsachen, dass die Fischbachquelle aus zwei Aesten besteht, von denen der östliche eine um 2 Grad höhere Temperatur aufweist als der westliche, dass ferner die Therme von Schinznach nicht an der tiefsten Stelle des in der Klus von Schinznach erodierten Muschelkalkes, sondern etwa 12 m höher oben am Ostrand der Klus austritt, und dass die Therme von Baden nicht in der viel tieferen, westlichen, alten und mit Schotter gefüllten Limmatrinne auftritt, sondern höher oben am Ostrand der Klus, obwohl die Jurafalte dort noch axial nach Osten einfällt.

Die Entstehung der Muschelkalkquellen

Es ist einleuchtend, dass diese sechs Juraquellen mit ähnlichen geologischen und hydrologischen Verhältnissen auch eine ähnliche Entstehung besitzen. Ihr Wasser ist Regen- oder Schneeschmelzwasser, das westlich der Quelle in den Boden sickert, wo die nach Westen axial ansteigende Jurafalte durch Erosion bis auf den Muschelkalk entblösst ist.

Das in den Boden sickernde Wasser sinkt in den Schicht-

---

[2]) In das Reservoir der Gemeinde Küttigen fliessen noch drei weitere Quellen der Gegend, die in einem Jahre Schwankungen von 1 : 10; 1 : 20, sogar 1 : 35 aufweisen. Die Herzbergquelle südlich von Asp zeigt ein Minimum von 9, ein Maximum von ca. 4000 ml.

fugen und Klüften des Muschelkalkes in die Tiefe und füllt die tiefer liegenden Hohlräume dieser Formation aus. Es bildet sich ein grosser Wasservorrat, der sich entsprechend der nach Osten absinkenden Falte ostwärts bewegt. Seinem Lauf sind aber Grenzen gesetzt, weil der Muschelkalk und die ihn begleitenden Schichten gegen Osten unter das tertiäre Mittelland tauchen und keine Quellausflüsse mehr ermöglichen. Durch die erhöhte Gesteinstemperatur erwärmt sich das Wasser und steigt wie in einer Zentralheizung wieder aufwärts zur niedrigsten Ausflusstelle in der tiefsten, östlichsten Klus. Der Aufstieg des wegen der Erwärmung schon leichteren Wassers wird durch die reichlich in allen Quellen zu beobachtende Gasausscheidung noch ganz wesentlich erleichert. Unten in der Tiefe befinden sich alle Gase in gelöstem Zustande und scheiden sich erst dann aus, wenn Druckentlastung eintritt. Die Gasblasen werden nach oben zu immer reichlicher und grösser.

Die Muschelkalkformation, die den Wasservorrat enthält, ist oben von gipsführenden Keuperschichten und unten von gips- und steinsalzführenden Anhydrit- und Salztonschichten begrenzt. Auch in diesen Begleitschichten löst das Wasser Gips und Kalk auf. Weil im Boden immer ein grosser Wasservorrat vorhanden ist, der längere Zeit dort verweilt, hat das ausfliessende Wasser stets die gleiche Temperatur, eine gleiche chemische Zusammensetzung und sehr geringe Ergußschwankungen. Trotz grosser Schwankungen in der Niederschlagsmenge und trotz grosser Durchlässigkeit der Muschelkalkschichten ist der Erguss sehr ausgeglichen. Bei der Therme von Baden sind dazu noch die Austrittsöffnungen des Wassers beschränkt und die Austritte durch Stauungen erschwert. Durch den geologischen Bau der sechs absinkenden und untertauchenden Jurafalten sind die sechs eigenartigen konstanten Mineralquellen bedingt. Es gibt anderseits im Juragebirge keine untertauchende, durch eine Klus bis auf den Muschelkalk entblösste Jurafalte, die nicht eine konstante Mineralquelle vom Typus der oben sechs erwähnten aufweist. Diese Gesetzmässigkeit spricht mit aller Entschiedenheit für die Entstehung der sechs Mineralquellen nach dem oben erwähnten Prinzip. Alle sechs Quellen beziehen ihr Wasser aus den westlich anschliessenden Antiklinalrücken. Kein Tropfen Wasser kann von Osten, aus dem Mittelland oder dem Tafeljura kommen.

Das Einzugsgebiet der Therme von Baden ist ganz ohne Zweifel das Plateau zwischen dem Limmattal bei Baden und dem Reusstal. Es ist östlich begrenzt durch den Hang südlich

des Martinsberges und erstreckt sich über den Nordteil des Müserenplateaus und über den Schwabenberg hinaus bis in das Gebiet unmittelbar nördlich der früheren Bitterwassergruben von Birmenstorf. Im Schwabenberggebiet ist der Muschelkalk nirgends sichtbar, sondern zugedeckt von einer mächtigen Schicht von jüngerem Deckenschotter oder «löcheriger Nagelfluh». Diese Formation ist ein ausgezeichneter Quellensammler; es treten aber dennoch nirgends grössere Quellen zu Tage, weil das meiste Wasser des Streifens Oesterliwald, oberer Rauschenbach, Schwabenberg bis gegen das Höhlebächli in den unten liegenden Muschelkalk sickert und so die Therme von Baden speist. Es braucht für die 700—900 ml nur eine Versickerungsfläche von etwa 150 ha. Westlich des Schwabenberges bis gegen das Reusstal hin fehlt der Deckenschotter. Es treten in den Bergrücken die geschuppten Muschelkalkschichten direkt an die Bodenoberfläche und schlucken alles Regenwasser auf. Das Einzugsgebiet ist etwa 5 km lang und 300 bis 500 m breit, also über 200 ha gross. Die Richtigkeit dieser Annahme über die Herkunft des Wassers könnte experimentell geprüft werden durch künstliche Versickerung von Wasser auf dem Plateau westlich von Baden. Wenn man während 2—3 Wochen einige Hundert Minutenliter Wasser unter Zugabe von Kochsalz zum Versickern bringen würde, müssten der Erguss und der Chlorgehalt des Thermalwassers ansteigen. Dieser Versickerungsversuch würde nicht nur über die Frage der Herkunft des Wassers entscheiden, sondern wäre auch ein interessantes geologisch-hydrologisches Experiment und hätte grosse praktische Bedeutung. Wenn das Experiment gelingen würde, bestünde die Möglichkeit, den Thermalquellenerguss und damit den Kurbetrieb wesentlich zu steigern. Der Weg des einsickernden Wassers für die Therme von Baden wird am besten durch eine schematische Zeichnung veranschaulicht. (Abb. 8).

Erklärung der hohen Temperatur

Nachdem durch den Vergleich der Therme von Baden mit den andern Quellen der untertauchenden Jurafalten die Herkunft des Wassers erläutert ist, soll noch der Versuch gemacht werden, auch die hohe Temperatur von 48° zu erklären. Die in den Jurafalten zu sehenden ältesten Schichten der mittleren Triasformation reichen in den beiden Schenkeln etwa 500 bis 800 m in die Tiefe und gehen dort in die horizontale Lage über. (Abb. 3, 5. Profil). Das aus diesen Tiefen aufsteigende

Wasser kann also bei einer geothermischen Tiefenstufe[3]) von 30 m nur Temperaturen von 15°—20°—25° aufweisen. Der geologische Bau des Gebirges lässt nicht darauf schliessen, dass Wasser in noch grössere Tiefen absinke. Es muss daher angenommen werden, dass die geothermische Tiefenstufe im Gebiet von Baden erheblich kleiner ist und dass dort im Untergrund die Erdschichten viel wärmer sind, als es an andern Orten gewöhnlich der Fall ist. Es muss also im Untergrund von Baden ein grosser Wärmevorrat und ein Wärmeüberschuss vorhanden sein, der das einsickernde Wasser heizt.

Das gleiche scheint auch in Zurzach der Fall zu sein. Dort wurde im Jahre 1914 bei der Suche nach Salzlagern eine Therme erbohrt, die während einigen Monaten 250 bis 300 ml eines 38,2 ° warmen, in der Temperatur konstanten Mineralwassers aus einem 416 m tiefen Bohrloch zu Tage förderte. Unverständlicherweise wurde diese Therme durch Verstopfen des Bohrloches wieder zerstört. Wenn man annimmt, dass die Quelltemperatur derjenigen des Gesteines im Grunde des Bohrloches entspricht, kommt man auf eine geothermische Tiefenstufe von 13—14 m; das ist ein äusserst auffallendes Ergebnis. Es wurde ferner festgestellt, dass die Salzsolen von Zurzach aus Tiefen von 300—320 m mit Temperaturen von 21,8—22,0° herauskommen und dass die der einstigen Thermalquelle am nächsten liegenden Bohrlöcher die wärmste Sole liefern[4]). Zum Vergleiche sei erwähnt, dass die Solen der schweizerischen Rheinsalinen Schweizerhalle, Rheinfelden und Ryburg nur Temperaturen von 11—12° aufweisen, was einer dort normalen Bodentemperatur entspricht[5]). Unter Zurzach liegt also auch wie unter Baden ein Vorrat an Erdwärme, der die Solen und die Thermalquellen heizt.

Wie ist ein solcher Wärmevorrat zu erklären? Es ist ganz ausgeschlossen, dass sich im Boden chemische Reaktionen abspielen, die auf Jahrtausende hinaus eine grosse Bodenmasse erwärmen könnten. Es gibt keine andere Möglichkeit als die Annahme eines vulkanischen Stockes, eines Lakkolithen, im Untergrund des östlichen Aargaus, der die Therme von

---

[3]) Die geothermische Tiefenstufe gibt an, wie viele Meter man in die Tiefe vordringen muss, damit die Temperatur um 1° zunimmt; sie beträgt normalerweise 30 Meter.

[4]) Briefliche Mitteilung von Dr. Cramer, Direktor der Sodafabrik Zurzach.

[5]) Briefliche Mitteilung von Dr. Palzer, Direktor der Schweiz. Rheinsalinen.

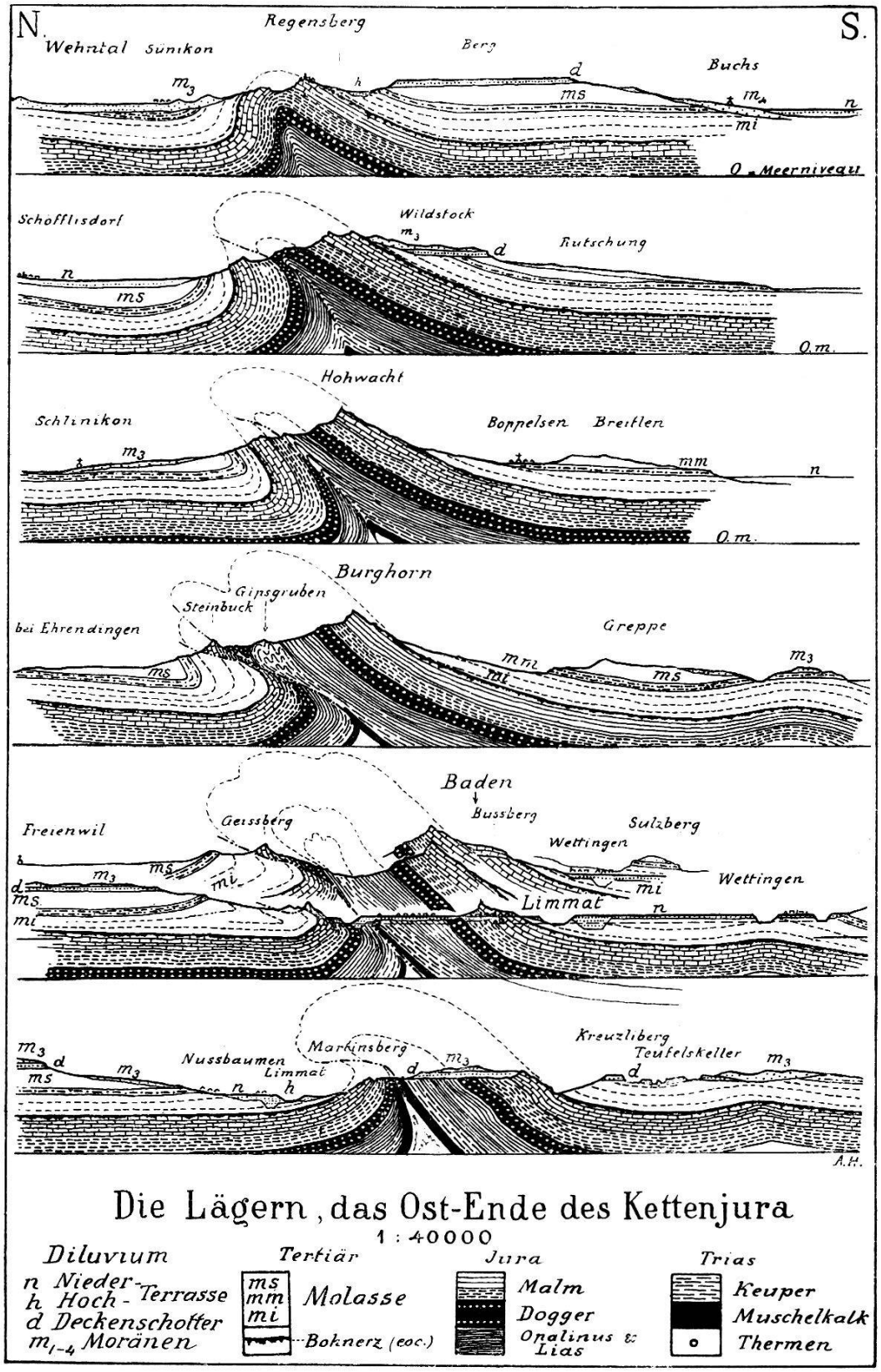

Abb. 4

Aus: Albert Heim, Geologie der Schweiz.

Drei absinkende und untertauchende Muschelkalkantiklinalen am Ostende des Kettenjuras.

Abb. 5
Kalmberg bei Schinznach, von der Gislifluh aus gesehen. Der Kalmberg ist der absinkende Muschelkalk-Rücken der Rüdlenberg-Elmhard-Kestenberg-Falte.

Abb. 6
Asperfalte, vom Strichen abzweigend, Schulhaus Asp in der Klus.

Abb. 7
Hofrainfalte, vor der Stockmatthöhe vom Benkerjoch abzweigend. Die Klus mit der Fischbachquelle befindet sich unterhalb der Gipsgrube.

Behördlich bewilligt unter Nr. 7900 BRB v. 3. 10. 39.

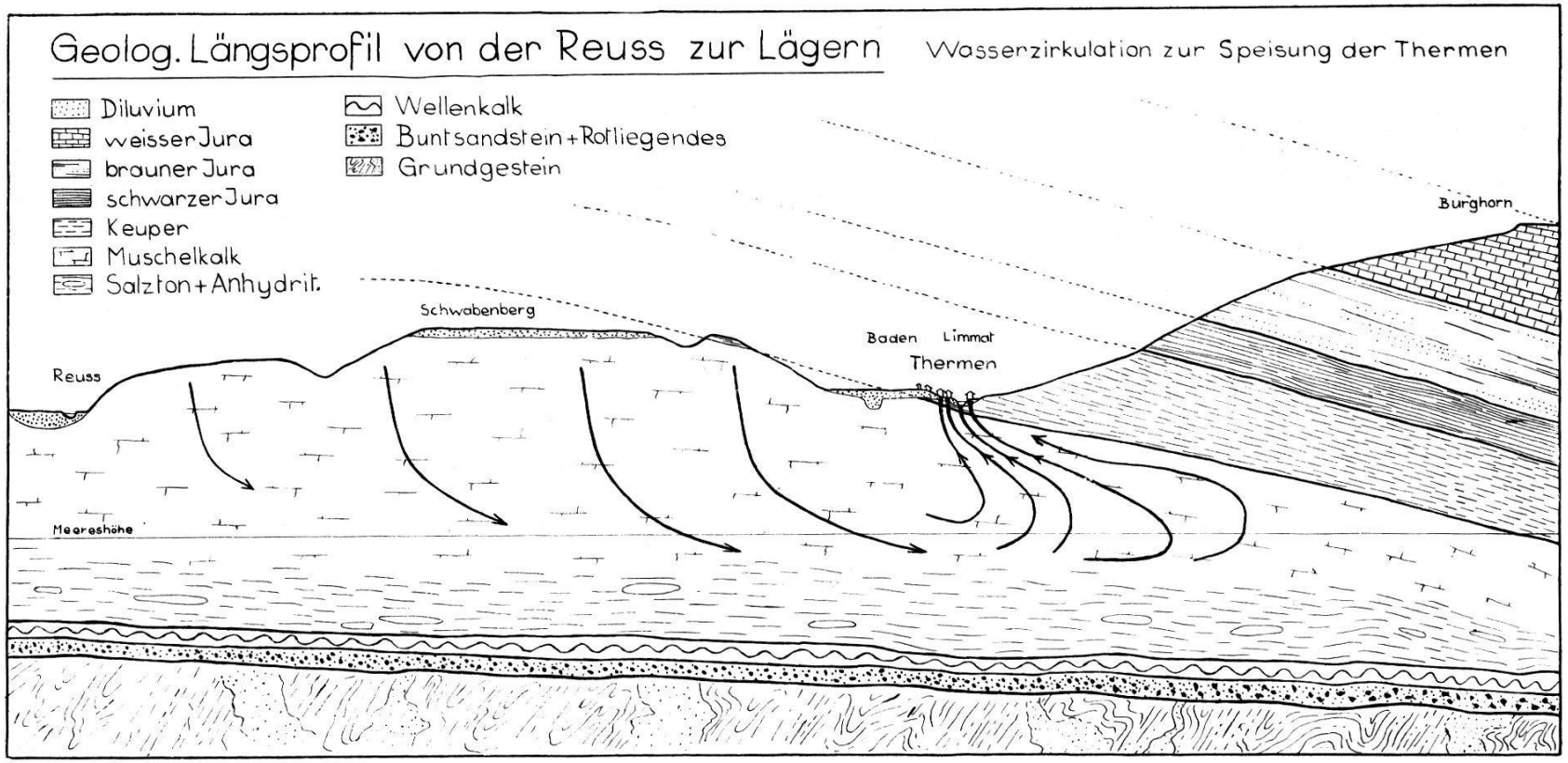

Abb. 8

Erläuterungen zur schematischen Darstellung über die Entstehung der Thermen: Das **Grundgestein** besteht aus einer viele Kilometer mächtigen, nach unten immer heisser werdenden Gesteinsmasse aus Granit und Gneis. Es geht vom Schwarzwald aus unter dem schweizerischen Mittelland hindurch und steigt in den nördlichen Zentralalpen wieder auf. In diesem Grundgestein befindet sich vermutlich eine Verschiebungsspalte und in der Tiefe ein erstarrter, aber noch heisser vulkanischer Stock (Lakkolith) von gleichem Alter wie die Hegauvulkane. Ueber dem Grundgebirge liegt das **Rotliegende,** der **Buntsandstein** und der **Wellenkalk.** Diese ältesten Sedimente der Nordschweiz sind von der Jurafaltung nicht ergriffen worden und zeigen im östlichen Jura schwaches Gefälle nach Osten.

Die Schichten der mittleren Trias, **Salzton-Anhydrit** und **Muschelkalk,** erscheinen im Längsschnitt durch die Lägernfalte in stark vergrösserter Mächtigkeit, weil der Schnitt durch den Kern der Lägernfalte geht. Der Muschelkalk ist die für Wasser am besten durchlässige Formation, weil in ihm sehr viele Schichtfugen und Klüfte vorkommen und in den vielen kleinen Hohlräumen ein sehr grosser Wasservorrat langsam zirkulieren kann. Anhydrit und Salzton geben an das Wasser die Mineralstoffe, Gips und Steinsalz, ab. Der **Keuper,** vorwiegend aus undurchlässigen Mergeln bestehend, ist im Westen vom Martinsberg bis zur Reuss durch Erosion abgetragen, sodass das Wasser leicht in den Muschelkalk eindringen kann. Im Osten bildet er das undurchdringliche Dach über dem Muschelkalk, das dann bei Baden zu beiden Seiten der Limmat durchlöchert ist. Die Schichten der **Juraformation** sind an der Thermenbildung nicht beteiligt. Die Pfeile deuten schematisch die Wasserzirkulation an. Das schwere Wasser sinkt in die Tiefe, bewegt sich nach Osten, erwärmt sich in den untern heissen Gesteinsschichten und steigt dann wieder aufwärts zu den am tiefsten liegenden Austrittsöffnungen. Die Wasserzirkulation erfolgt nur langsam; der Wasservorrat im Innern der tieferen Teile der Lägernfalte ist sehr gross; daraus ergeben sich die Konstanz der Temperatur, der chemischen Zusammensetzung und die geringen Schwankungen des Ergusses.

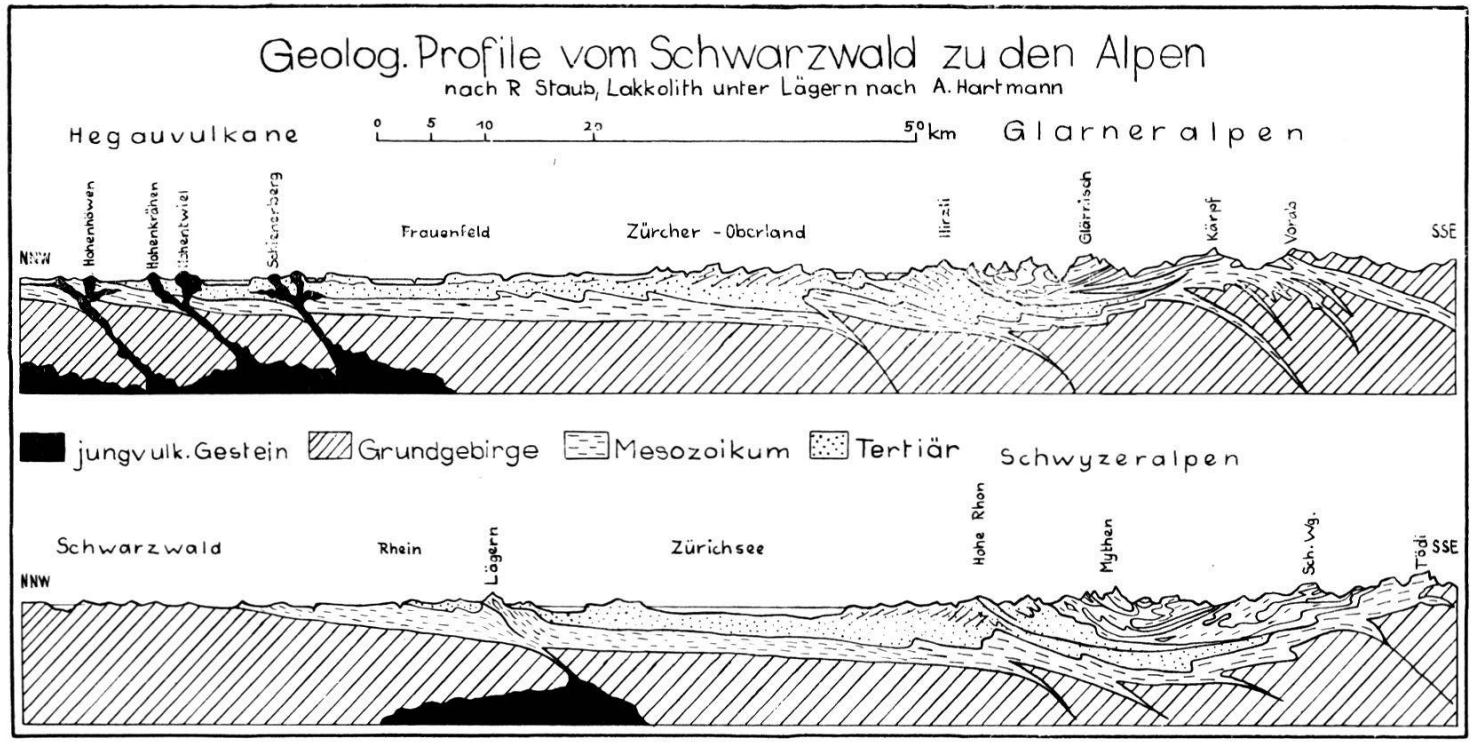
Geolog. Profile vom Schwarzwald zu den Alpen
nach R Staub, Lakkolith unter Lägern nach A. Hartmann
Hegauvulkane
0 5 10 20 50 km
Glarneralpen
NNW
Hohenhöwen
Hohenkrähen
Hohentwiel
Schienerberg
Frauenfeld
Zürcher - Oberland
Hirzli
Glärnisch
Kärpf
Vorab
SSE
jungvulk. Gestein
Grundgebirge
Mesozoikum
Tertiär
Schwyzeralpen
Schwarzwald
Rhein
Lägern
Zürichsee
Hohe Rhon
Mythen
Sch. Wg.
Tödi
NNW
SSE

Abb. 9

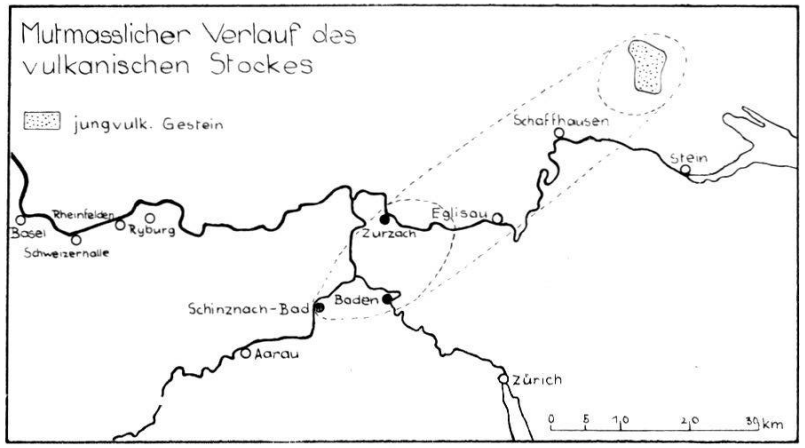
Mutmasslicher Verlauf des vulkanischen Stockes
jungvulk. Gestein
Schaffhausen
Stein
Basel
Rheinfelden
Ryburg
Schweizerhalle
Zurzach
Eglisau
Schinznach-Bad
Baden
Aarau
Zürich
0 5 10 20 30 km

Abb. 10

Baden, Zurzach und Schinznach heizt. Diese auf den ersten Blick sehr kühne Annahme kann aber weiter gestützt werden durch die Feststellung, dass in der östlichen Fortsetzung des Juragebirges im benachbarten Hegau die Ueberreste einiger Vulkane wie Hohentwiel, Hohenhöwen, Hohenkrähen usw. vorhanden sind, die gleichaltrig sind wie das Juragebirge (Abb. 9 u. 10). Damals haben vulkanische Massen östlich Schaffhausen alle Erdschichten bis zum Tertiär durchschmolzen, drangen an die Bodenoberfläche und schütteten Vulkane auf. Ueber die unterirdische Ausdehnung jener vulkanischen Gesteine wissen wir wenig; es ist aber anzunehmen, dass sie, besonders in der Westostrichtung, viele Kilometer weit reichen. Es ist sehr wohl möglich, dass auch im östlichen Juragebirge in 2000—5000 m Tiefe vulkanische Massen vorhanden sind, die seinerzeit zu wenig Stosskraft besassen, um auszubrechen, die aber heute noch die tieferen Teile dieses Erdstriches heizen. Kommt von oben her Wasser in den Bereich der geheizten Stellen, muss es zum Thermalwasser werden. Durch diese Hypothese eines vulkanischen Stockes im Untergrund des östlichen Aargaus wäre auch die hohe Temperatur der Thermen von Baden, Schinznach und Zurzach erklärt. Es sei erwähnt, dass in andern Ländern im Gebiet einstiger Vulkane noch heute zahlreiche heisse Quellen auftreten und dass sogar die meisten heissen Quellen des Flachlandes mit Vulkanismus im Zusammenhang stehen, ohne juveniles Wasser zu liefern.

Im Gebiet westlich der Therme von Schinznach macht sich eine vulkanische Erdheizung nicht mehr bemerkbar; diese Subthermen haben daher nur Temperaturen von 11—15°. Die höhere Temperatur der Thermen von Schinznach und Baden hat die Wasserzirkulation dieser beiden Klusenquellen mächtig gefördert, so wie das Wasser einer Zentralheizung auch rascher zirkuliert, wenn es heisser und wenn der Unterschied im spezifischen Gewicht zwischen kaltem und heissem Wasser grösser wird.

Unterschiede zwischen den sechs Quellen

Die sechs Mineralquellen des östlichen Juras lassen sich chemisch in drei Gruppen einteilen. Die Einteilung richtet sich nach geologischen, chemischen und Temperaturverhältnissen.

Zur ersten Gruppe gehören die Schwefelwasserstoff-, Kochsalz- und Gipsthermen von Baden und Schinznach. Sie verdanken der vulkanischen Heizung die hohe Temperatur und auch den Schwefelwasserstoffgehalt. Der Schwefelwasserstoff

entsteht durch Reduktion von Gips zu Calciumsulfid und dessen Umsetzung mit Kohlensäure.

$CaSO_4$	+ 2 C	= CaS	+ 2 CO_2
Gips	org. Substanz	Calciumsulfid	Kohlendioxyd
CaS	+ H_2CO_3	= $CaCO_3$	+ H_2S
Ca-Sulfid	Kohlensäure	Calciumkarbonat	Schwefelwasserstoff

Diese Reduktion ist ein biologischer, durch Pilze vollzogener Prozess, der bei einer Temperatur von 30—35° am besten verläuft. Die Therme von Schinznach bietet die günstigsten Bedingungen für diese Reduktion und deshalb ist sie zur früher stärksten, jetzt zweitstärksten Schwefelwasertoffquelle des Kontinentes geworden. Sie enthält im Maximum in der letzten Zeit ca. 30 cm^3 H_2S i. Lt. und etwa 30 mal mehr Schwefelwasserstoff als das Thermalwasser von Baden. Die Temperatur des Badener Wassers ist für die Pilztätigkeit zu hoch. Die Schwefelpilze können nur an der Oberfläche des Wassers leben, wo Kühlung eintritt. Aus diesem Grunde ist der Schwefelwasserstoffgehalt sehr bescheiden und beträgt nur 1,38 cm^3 H_2S-gas oder 2,1 Milligramm im Liter.

Alle Thermalquellen von Baden geben ständig Gase ab, die in kleinen und grossen Blasen aufsteigen. Die Menge des entwickelten Gases entspricht der Wassermenge. Die Gasmenge in der Stunde beträgt nach Messungen vom 21. Oktober 1942 an der Schwanenquelle 109 Liter bei 58 ml Wasser oder 188 Liter bei 100 ml Wasser. Alle Quellen entwickeln dementsprechend bei 800 ml oder 48 000 Stundenliter eine Gasmenge von 1504 Liter in der Stunde bei einer Quellentemperatur von 48°. Diese Gase setzen sich zusammen aus 69,15 % Stickstoff, 30,80 % Sauerstoff und 0,052 % Schwefelwasserstoff. Die Bildung des Schwefelwasserstoffes ist oben erläutert worden. Der reichlich vorhandene Stickstoff stammt nur zum kleinsten Teil aus dem im Versickerungswasser gelösten Luftstickstoff und zum grössten Teil aus organischen Substanzen des Bodens, die bis zur Befreiung des elementaren Stickstoffes zersetzt werden. Das Kohlendioxyd stammt zum grössten Teil aus Oxydationsprozessen im Boden und aus Zersetzung von Karbonaten.

Die zweite Gruppe mit Warmbach, Asperquelle und Fischbach enthält keinen Schwefelwasserstoff. Die Temperatur ist für die Pilztätigkeit zu niedrig; die Strömung und der Sauerstoffgehalt sind zu gross, als dass eine Reduktion eintreten würde.

Zur dritten Gruppe gehört die Quelle von Lostorf, die 90 cm^3 Schwefelwasserstoffgas im Lt. enthält und somit die stärkste Schwefelwasserstoffquelle des Kontinentes ist. Der Erguss dieser Quelle beträgt aber nur 7 Minutenliter und die Temperatur, die bloss 16,2° beträgt, ist ohne Zweifel während des Aufsteigens des Wassers sehr herabgesetzt worden. Es ist mit Sicherheit anzunehmen, dass in grösserer Tiefe die Temperatur erheblich höher sein wird und vielleicht bis gegen 20° betragen kann. Somit liegen hier sehr günstige Bedingungen für die Gipsreduktion vor, und wegen der geringen Wassermenge entsteht eine verhältnismässig hohe Konzentration an Schwefelwasserstoff und Natriumchlorid.

Praktische Schlussfolgerungen und Anregungen aus diesen neuen Erkenntnissen über die Therme von Baden

1. Es ist ganz selbstverständlich, dass die 18 teils kleinen Quellen mit veralteten Fassungen und Wasserstauungen nicht weiter bestehen dürfen. Das Thermalwasser sollte in wenigen tiefen Fassungen dem Boden entnommen und in zentrale, gegen Wärmeverlust und Lufteinwirkung geschützte Reservoirs gepumpt werden, von wo es nach Belieben den Badhotels zugeführt werden kann.
2. Falls der Schwefelwasserstoff ein für die Heilwirkung wesentlicher Bestandteil ist, dürfen die jetzt bestehenden Verhältnisse für Wasserbezug, Verteilung, Leitung in Kanälen und Röhren und Aufspeicherung in offenen Sammlern, zu denen die Luft Zugang hat, nicht mehr weiter bestehen bleiben. Durch Mischung mit Luft geht der Schwefelwasserstoff sehr rasch verloren. Es ist auch unsinnig, das Wasser durch offenes Stehenlassen zu kühlen, bis es die zum Baden erwünschte Temperatur angenommen hat. Es sollte die überschüssige Wärme zum Heizen der Häuser verwendet werden und das Wasser erst im Zeitpunkt des Badens mit der Luft in Berührung treten können.
3. Die einzelnen Quellenbesitzer sollten ihre Quellenrechte gegen Wasserbezugsrechte eintauschen und bei Mehrbedarf auch Wasser zu einer vereinbarten Taxe beziehen können. Wassergewinnung und Wasserverteilung sollten einer unter staatlicher Kontrolle stehenden Quellengenossenschaft übertragen werden.
4. Wenn auszuführende Versuche über Versickerung von Wasser westlich von Baden zu einer Vermehrung des Thermal-

wasserergusses führen, was mit sehr grosser Wahrscheinlichkeit zu erwarten ist, kann das von grosser praktischer Auswirkung für den Thermalkurort Baden werden. Es wird dann möglich, den Thermalwassererguss zu regulieren und sogar erheblich zu steigern, sodass nicht nur alle Badehotels genügend Wasser bekommen, sondern auch reichlich Thermalwasser für ein grosses Hallenschwimmbad und zur Heizung gewonnen werden kann. Baden müsste unter den europäischen Thermalkurorten einen hervorragenden Rang einnehmen. Es wäre nicht zu befürchten, dass die Temperatur oder die chemische Zusammensetzung durch Wasserversickerung beeinträchtigt würden. Das aus dem Leitungsnetz von Baden oder aus dem Grundwasser der Reuss gepumpte Wasser wäre von der gleichen Zusammensetzung, wie das Grundwasser aus dem Deckenschotter des Plateaus westlich von Baden. Es gibt Badekurorte, die in Zeiten von Wassermangel Wasser aus einem Bodenvorrat künstlich herauspumpen wie z. B. Pfäfers. Es kommt aber auf das gleiche heraus, ob man den Vorrat des fertigen Wassers abpumpt, oder aber durch künstliche Zufügung steigert, wobei das zugefügte Wasser etwa 8 Monate im Boden verweilt und dann in der chemisch-physikalischen Beschaffenheit gleich wird wie das durch natürlichen Zufluss entstandene Mineralwasser.

Die Therme von Baden bietet die natürlichen Bedingungen für eine sehr erfreuliche Entwicklung. Es müssen aber die mittelalterlichen Einrichtungen und Rechtsauffassungen verschwinden.

Auch für die Therme von Schinznach besteht durch eine Neufassung die Möglichkeit, ein noch gehaltreicheres und gegen das Grundwasser der Aare unabhängiges Thermalwasser zu gewinnen, das keine künstliche Erwärmung zum Baden mehr benötigen würde.

Es besteht weiter die Möglichkeit, dass der Quellerguss von Lostorf durch eine Bohrung erheblich gesteigert werden kann und dass diese Quelle, die chemisch eine Kombination der Quellen von Baden und Schinznach-Bad darstellt, weil sie mehr Salz als Baden und sogar mehr Schwefelwasserstoff als Schinznach enthält, eine Heilquelle mit hervorragender Leistungsfähigkeit sein könnte.

Die Mineralquellen des östlichen Juras sind hochinteressante Naturerscheinungen, deren geologische, physikalische und chemische Eigenschaften durch diese Ausführungen weitgehend geklärt sein dürften. Diese Quellen können in einer kommenden Zeit dem Menschen aussergewöhnliche Dienste leisten, wenn er sich dazu aufrafft, die nötigen Einrichtungen zu treffen, um diese grossen Naturgeschenke als Heilmittel und Wärmelieferanten richtig auszunützen.

Benützte Literatur.

Amsler Alfr., Tektonik des Staffelegg-Gebietes. Eclogae geologicae Helvetiae 1915, Vol. XIII, Heft 4.

Cadisch J., Zur Geologie der Schweiz. Mineral- und Thermalquellen. Verh. Natf. Ges. Basel 1930/31.

— — Zwei Aufsätze im Buch: Die Mineral- und Heilquellen der Schweiz.

Hartmann Ad., Chemische und geologische Verhältnisse der Mineralquellen von Lostorf. Mitteilungen der Aarg. Naturf. Ges. Heft XIV 1917.

— — Die Mineral- und Heilquellen des Aargaus. Mitteilg. d. A. N. G. Heft XVII 1925.

— — Neue Untersuchungen an der Therme von Schinznach. Mitteilg. d. A. N. G., Heft XIX 1932.

— — Zur Kenntnis der Therme von Baden. Mitteilg. d. A. N. G. Heft XX 1937.

Heim Alb., Geologie der Schweiz.

Mühlberg Fr., Geologische Karten mit Erläuterungen.

— — Die geolog. Verhältnisse der Thermen von Baden. Mitteilg. d. A. N. G. Heft X 1905.

— — Beobachtungen bei der Neufassung der Limmatquelle zu Baden und über die dortigen Thermen im Allgemeinen. Mitteilg. d. A. N. G. Heft XI 1909.

Senftleben G., Geologische Karte der Westlägern und ihrer Umgebung mit Erläuterungen. Kartogr. Anstalt J. Flach, Männedorf 1924.

Weber J., Der Kurort Baden, seine Heilquellen und seine Umgebung. Kurverwaltung Baden 1930.

Akten der Baudirektion des Kts. Aargau.

Akten der Bauverwaltung der Stadt Baden.